

ESTE LIBRO ES PROPIEDAD
DE LA PUCEA EN CASO DE
PERDIDA O MAL USO SERA
PENADO POR LA LEY



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL ECUADOR
SEDE AMBATO**
SERÉIS MIS TESTIGOS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

TEMA:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS BASADO EN EL USO DE SISTEMAS
MULTIFRECUENCIALES (DTMF) PARA LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**DISERTACION DE GRADOPREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS, TRANSMISIÓN Y ADMINISTRACIÓN
DE DATOS**

AUTOR:

JORGE LUIS CÓRDOVA REAL

DIRECTOR:

ING. DARIO JAVIER ROBAYO JÁCOME



Ambato – Ecuador

Abril 2012

Nº de ingreso: 006781
Precio: \$80,00
canje: Donación: Compra:
Fecha de factura:
Fecha de ingreso: 24042012

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

HOJA DE APROBACIÓN

Tema:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS BASADO EN EL USO DE SISTEMAS
MULTIFRECUENCIALES (DTMF) PARA LA DIRECCIÓN DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS, TRANSMISIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE
DATOS**

Autor:

JORGE LUIS CÓRDOVA REAL

Darío Javier Robayo Jácome, Ing.

DIRECTOR DE DISERTACIÓN

f.

Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo, Ing. Msc.

CALIFICADOR

f.

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Msc.

CALIFICADOR

f.

Galo Mauricio López Sevilla, Ing.

DIRECTOR INGENIERÍA EN SISTEMAS

f.

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr.

SECRETARIO GENERAL PUCESA

f.



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Jorge Luis Córdova Real portador de la cédula de ciudadanía No. 180361693-5 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.



Jorge Luis Córdova Real

C.I. 180361693-5

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios quien me dio la vida, fe, salud, fortaleza y esperanza para terminar este proyecto.

A mi madre por darme una carrera para mi futuro, por creer en mí, ya que a pesar de la distancia siempre ha estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto le agradezco de todo corazón.

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a la mujer más maravillosa del mundo, mi madre por ser el pilar fundamental en cada paso de mi vida, ya que gracias a sus consejos, apoyo, confianza, amor y palabras de aliento me ayudaron a crecer como persona e hicieron posible la culminación de mi proyecto.

RESUMEN

La investigación de las nuevas tecnologías de control de dispositivos electrónicos comunes, que pronto veremos implementadas en todos los hogares, representan un gran adelanto y desarrollo para la Escuela.

Por lo que el trabajo es implementar en la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato un circuito controlador de sistemas electrónicos basado en el uso de un decodificador de multifrecuencia de tonos.

La investigación es justificada por la tendencia a la automatización en varias funciones realizadas en el hogar y en los lugares de trabajo, que nos obliga a realizar un estudio y aplicación que nos permita entender de mejor manera esta tecnología.

El documento está compuesto por cuatro capítulos en los que se detalla: primero, las generalidades y una observación global del proyecto, lo que permitirá conocer brevemente los objetivos y delimitaciones.

Esto da paso a la segunda parte, la creación del marco teórico que detalla el proyecto y nos permite conocer más a fondo acerca del mismo.

La tercera etapa, en el cual se desarrolla el circuito y la aplicación para permitir la instalación del mismo en la Escuela. Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones del resultado de la implementación del proyecto.

Para el desarrollo e implementación del proyecto se investigaron tendencias tecnológicas en automatización, lo cual me llevó al desarrollo de un sistema poco convencional de control a larga distancia mediante una llamada telefónica y la decodificación de tonos, mediante la programación de un PIC de control.

ABSTRACT

The investigation of control technologies of new common electronic devices that we will soon see implemented in all households represents a major advance and development for the School.

Therefore, the task is to implement an electronic circuit based on the multi-tone decoder use, at the Pontificia Universidad Catolica del Ecuador Sede Ambato Systems Engineering School Direction.

The research is justified by the trend toward automation in various functions performed at home and workplace, which requires us to conduct a study and application that will allow us to better understand this technology.

This document consists of four chapters in which we detail: first, the general and global observation of the project, which will briefly show us the objectives and constraints.

This leads to the second part, the creation of the theoretical framework that details the project and allows us to know further about it.

The third stage, in which the circuit and application are developed allows to install it in the School. Finally, conclusions and recommendations, resulting from project implementation.

For the project development and implementation, automation technology trends were investigated, which led to an unconventional phone call and tones decoding long-distance control development, by programming a control PIC.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.- Tema.....	1
1.2.- Definición del Problema	1
1.2.1.- Delimitación del Problema.....	2
1.2.2.- Preguntas Básicas	2
1.3.- Marco Teórico	3
1.3.1.- Marcación por Tonos	3
1.3.2.- Codificación y Decodificación de Sistemas Multifrecuenciales	4
1.3.3.- Codificación de Sistemas Multifrecuenciales.	5
1.3.4.- Decodificación de Sistemas Multifrecuenciales.....	7
1.3.5.- Domótica	9
1.4.- Objetivos.....	11
1.4.1.- Objetivo General.....	11
1.5.- Metodología	12
1.5.1.- Fuentes de Información.....	12
1.5.2.- Instrumentos para Obtener Información	12

1.5.3.- Métodos de Investigación	13
---	-----------

1.6.- Justificación.....	14
---------------------------------	-----------

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Marcación por Tonos	15
--	-----------

2.1.1.- Tipos de Códigos	19
---------------------------------------	-----------

2.1.2.- Formas de Onda.....	20
------------------------------------	-----------

2.1.3.- Codificación y Decodificación DTMF	21
---	-----------

2.1.3.1.- Codificación DTMF	22
--	-----------

2.1.3.2.- Decodificación DTMF.....	24
---	-----------

2.2.- Sistemas Domóticos	28
---------------------------------------	-----------

2.2.1.- Origen de la Domótica	28
--	-----------

2.2.2.- Definición de Domótica	30
---	-----------

2.2.3.- Beneficios de la Domótica.....	32
---	-----------

2.2.4.- Situación de la Domótica a Nivel Mundial	35
---	-----------

2.2.5.- Descripción del Sistema Domótico	36
---	-----------

2.2.5.1.- Tipo de Arquitectura	36
---	-----------

2.2.5.2.- Medio de Transmisión	37
---	-----------

2.2.5.3.- Protocolo de Comunicaciones	41
2.2.5.4.- Preinstalación Domótica	42
2.2.5.6.- Unidad de Alimentación	43
2.2.6.- Sistemas que Integran la Domótica	43
2.2.7.- Aplicaciones de la Domótica	44
2.3.- Telefonía Móvil	46
2.3.1.- Breve Historia de la Telefonía Celular	47
2.3.2.- Las Generaciones de la Telefonía Inalámbrica	47
2.3.2.1.- Primera Generación (1G)	47
2.3.2.2.- Segunda Generación (2G)	48
2.3.2.3.- Generación 2.5 G	48
2.3.2.4.- Tercera Generación 3G	49
2.3.2.5.- La Cuarta Generación 4G	49
2.4.- Red de Celdas	51
2.5.- Telefonía Celular	53
2.6.- Teléfono Celular	54
2.7.- Tecnologías de Acceso Celular	55
2.7.1.- FDMA	56

2.2.5.3.- Protocolo de Comunicaciones	41
2.2.5.4.- Preinstalación Domótica	42
2.2.5.6.- Unidad de Alimentación	43
2.2.6.- Sistemas que Integran la Domótica	43
2.2.7.- Aplicaciones de la Domótica	44
2.3.- Telefonía Móvil	46
2.3.1.- Breve Historia de la Telefonía Celular	47
2.3.2.- Las Generaciones de la Telefonía Inalámbrica	47
2.3.2.1.- Primera Generación (1G)	47
2.3.2.2.- Segunda Generación (2G)	48
2.3.2.3.- Generación 2.5 G	48
2.3.2.4.- Tercera Generación 3G	49
2.3.2.5.- La Cuarta Generación 4G	49
2.4.- Red de Celdas	51
2.5.- Telefonía Celular	53
2.6.- Teléfono Celular	54
2.7.- Tecnologías de Acceso Celular	55
2.7.1.- FDMA	56

2.7.2.- TDMA	57
2.7.3.- CDMA	58
2.8.- Arquitectura de una Red GSM	59
2.9.- Problemas con los Teléfonos Celulares	60
2.9.1.- Pérdidas de Señal	61
2.9.2.- Zonas Muertas	61
2.9.3.- Problemas de Baterías	62
2.9.4.- Intimidad	63

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA

3.1.- Introducción	64
3.2.- Dispositivos Electrónicos Usados en la Construcción del Hardware	64
3.2.1.- Descripción de los Microcontroladores PIC 16f87x	64
3.2.1.1.- Características Principales	66
3.2.1.2.- Estructura Interna	67
3.2.1.3.- Circuitería Externa Auxiliar	67
3.2.1.4.- Memoria Interna	69

3.2.2.- Decodificador de Tonos CM8870	69
3.2.2.1.- Características	70
3.2.2.2.- Descripción Funcional	71
3.2.3.- Display de Cristal Líquido (LCD)	74
3.2.3.1.- Aspecto Físico	74
3.2.3.2.- Descripción y Función de los Pines de un LCD	77
3.2.3.3.- La Memoria del LCD	78
3.2.3.4.- El Interfaz del Display con el Mundo Exterior	79
3.2.3.5.- Comandos del LCD	80
3.3.- Descripción y Diseño del Hardware	82
3.3.1 Etapa de Regulación de Voltaje	85
3.3.2.- Etapa Detectora de Tonos DTMF	88
3.3.3.- Etapa de Control	91
3.3.4.- Etapa de Interfaz Visual	95
3.3.5.- Etapa Interfaz de Potencia	96
3.4.- Diseño de la Tarjeta Electrónica	98
3.4.1.- EAGLE 4.15D	98
3.4.2.- Diagrama y Placa de Pistas del Circuito	99

3.5.- Desarrollo del Software de Control Del Sistema	101
3.5.1.- Software Utilizado en la Edición y Ensamblaje	102
3.5.2.- MicroCode Studio	102
3.5.3.- IC-Prog 1.05D	103
3.5.4.- PicBasic Pro	105
3.5.5.- Diagrama de Flujo del Programa de Control	106
3.5.6.- Programa de Control para el PIC16F870	110
3.5.7.- Presentación del Proyecto Terminado	114

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- Conclusiones	116
4.2.- Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA	119

ANEXOS

Hojas técnicas	120
-----------------------------	------------

TABLA DE GRÁFICOS

FIGURAS

Figura 1. Espectro de los Sistemas Multifrecuenciales	7
Figura 2. Arquitectura Típica de un Receptor DTMF	8
Figura 3. Entorno de la Señalización DTMF.....	9
Figura 4. Ejemplos de Formas de Onda	20
Figura 5. Espectro de los DTMF y de la Voz Humana	21
Figura 6. Espectro de las Señales DTMF	24
Figura 7. Arquitectura Típica de un Receptor DTMF	27
Figura 8. Entorno de la Señalización DTMF	28
Figura 9. Ejemplo de una Red de Celdas	51
Figura 10. Red de Teléfonos Móviles	53
Figura 11. Teléfono Celular Abierto	54
Figura 12. Partes de un Teléfono Celular	55
Figura 13. Evolución del Estándar Inalámbrico	59
Figura 14. Estructura GSM	60
Figura 15. Diagrama Funcional de Bloques del CM8870	71
Figura 16. Configuración de Entradas	72

Figura 17. Aspecto Físico del LCD.....	75
Figura 18. Capacidad de Visualización de Caracteres del Display	75
Figura 19. Display de Cristal Líquido	76
Figura 20. Lado Posterior de un LCD	76
Figura 21. Display Virtual y Display Real	79
Figura 22. Interfaz del LCD con un Sistema de Control	80
Figura 23. Componentes del Proyecto DTMF.....	82
Figura 24. Etapas de la Tarjeta Electrónica Principal.....	83
Figura 25. Fuente de Voltaje de +12V y +5V.....	86
Figura 26. Circuito Decodificador de Tonos DTMF.....	89
Figura 27. Etapa de Control	92
Figura 28. Conexión de Pines del LCD	95
Figura 29. Circuito de Potencia	96
Figura 30. Pantallas del EAGLE 4.15D	99
Figura 31. Esquema Electrónico del Circuito.....	100
Figura 32. Ruteado del Circuito	101
Figura 33. Partes del MicroCode.....	103
Figura 34. Hardware que Permite la Grabación de Programas en el Micro	104

Figura 35. Partes del IC-Prog	105
Figura 36. Diagrama de Flujo del Programa del PIC16F870	107
Figura 37. Comando *11, Activa Salida Número 1.....	114
Figura 38. Comando *10, Activa Todas las Salidas	115
Figura 39. Tarjeta DTMF y Celular Nokia 1100	115

TABLAS

Tabla 1. Frecuencias DTMF	4
Tabla 2. Pares de Frecuencias Empleadas para la Generación DTMF	6
Tabla 3. Cuadro de Frecuencias DTMF	18
Tabla 4. Pares de Frecuencias Empleadas para la Generación DTMF	23
Tabla 5. Parámetros Principales de los DTMF	26
Tabla 6. Características de los PIC's	67
Tabla 7. Niveles Máximos Absolutos	70
Tabla 8. Descripción de la Función de Cada Pin	73
Tabla 9. Tabla Funcional de Códigos	74
Tabla 10. Descripción de Señales Empleadas por el Módulo LCD y Número de Pines a la que Corresponden	77
Tabla 11. Tabla de Comandos más Utilizados para Manejar un LCD	81

Tabla 12. Instrucciones Utilizadas en este Proyecto 106

Tabla 13. Comandos Válidos para el Sistema 109

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.- Tema

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS BASADO EN EL USO DE SISTEMAS MULTIFRECUENCIALES (DTMF) PARA LA DIRECCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

1.2.- Definición del Problema

La domótica definitivamente se confirma ya como nueva tendencia en el mundo de la tecnología de la automatización en hogares y oficinas.

El proceso que ya vivimos hace unos años con las instalaciones en los edificios u oficinas grandes, hoy en día es posible verlo en las oficinas pequeñas y viviendas. Es ahora cuando las pequeñas organizaciones con verdadera visión pueden ofrecer comodidad, organización, automatización y eficiencia de acuerdo a sus requerimientos.

Actualmente los sistemas domóticos aunque requieren un trabajo técnico de diseño, desarrollo son posibles aplicar a un relativo bajo costo y es por ello la importancia de su aplicación, más aún a nivel universitario, donde los conocimientos de los estudiantes y la capacidad investigativa permiten la posibilidad de acceder a una potente y novedosa tecnología de instalación eléctrica que suprime el tendido de conductores en la nueva construcción y evita la engorrosa y cara realización de rozas en las paredes e instalación de tubos y cableado en la renovación de oficinas o viviendas, como la mayor parte de veces se hace inevitable.

Los sistemas domóticos que no requieren cables como vehículo de transmisión, proporcionan soluciones basadas en la transmisión vía radio desde las aplicaciones más sencillas hasta las más complejas.

El sistema que se busca desarrollar tiene como base la manipulación de los actuales dispositivos electrónicos, utilizando Sistemas Multifrecuenciales con lo cual será posible crear una aplicación práctica que permita en la escuela de ingeniería en sistemas automatizar sus sistemas eléctricos y de esa manera hacer más prácticas y eficientes las funciones.

1.2.1.- Delimitación del Problema

¿Representa la domótica aplicada un sistema tecnológico que permite el mejoramiento de la comodidad y seguridad en casas y oficinas, apoyando de esta manera a una mejor calidad de vida y eficiencia?

1.2.2.- Preguntas Básicas

- ¿Qué son los sistemas domóticos?
- ¿Qué son los Sistemas Multifrecuenciales (DTMF)?
- ¿Cómo se aplica en la práctica los dispositivos manejados a través de Sistemas Multifrecuenciales, así como de los sistemas domóticos?
- ¿Qué se requiere para la realización de un sistema domótico de acuerdo a los dispositivos electrónicos actuales de la escuela de ingeniería en sistemas?
- ¿Cómo se debe desarrollar un sistema domótico que permita manipular los actuales dispositivos electrónicos de la escuela de ingeniería en sistemas y qué respaldo documental se requiere?
- ¿Qué experiencias, conclusiones y recomendaciones se obtendrán del desarrollo del sistema domótico aplicado?

1.2.3.- Delimitación del Tema

El proyecto será implementado en la Dirección de Escuela de Ingeniería en Sistemas, dentro de un tiempo aproximado de tres meses. El circuito tiene como objetivo la manipulación de los siguientes dispositivos: cerradura eléctrica, televisor, persianas eléctricas y luces a través de una llamada telefónica.

1.3.- Marco Teórico

1.3.1.- Marcación por Tonos

En telefonía, el sistema de marcación por tonos, también llamado Sistema Multifrecuencial o DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency), consiste en lo siguiente:

Cuando el usuario pulsa en el teclado de su teléfono la tecla correspondiente al dígito que quiere marcar, se envían dos tonos, de distinta frecuencia: uno por columna y otro por fila en la que esté la tecla, que la central descodifica a través de filtros especiales, detectando instantáneamente que dígito se marcó.

La Marcación por tonos fue posible gracias al desarrollo de circuitos integrados que generan estos tonos desde el equipo terminal, consumiendo poca corriente de la red y sustituyendo el sistema mecánico de interrupción-conexión (el anticuado disco de marcar).

Este sistema supera al de marcación por pulsos por cuanto disminuye la posibilidad de errores de marcación, al no depender de un dispositivo mecánico. Por otra parte es mucho más rápido ya que no hay que esperar tanto tiempo para que la central detecte las interrupciones, según el número marcado. No obstante, las modernas centrales

telefónicas de conmutación digital, controladas por ordenador, siguen admitiendo la conexión de terminales telefónicos con ambos tipos de marcación.¹

Frecuencias DTMF (con sus sonidos)

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Tabla 1. Frecuencias DTMF

1.3.2.- Codificación y Decodificación de Sistemas Multifrecuenciales

Una señal de Sistemas Multifrecuenciales válida es la suma de dos tonos, uno de un grupo bajo y el otro de un grupo alto, con cada grupo conteniendo cuatro tonos individuales. Las frecuencias de los tonos deben ser cuidadosamente seleccionadas de tal forma que sus armónicos no se encuentren relacionados y que los productos de su intermodulación produzcan un deterioro mínimo en la señalización. Este esquema permite 16 combinaciones únicas. Diez de estos códigos representan los números del cero al nueve, los seis restantes (*, #, A, B, C, D) son reservados para señalización especial. La mayoría de los teclados en los teléfonos contienen diez interruptores de presión numéricos mas el asterisco (*) y el símbolo de numeral (#). Los interruptores se encuentran organizados en una matriz, cada uno selecciona el tono del grupo bajo de su fila respectiva y el tono del grupo alto de su columna correspondiente.

¹ Información: www.wikipedia.com

El esquema de codificación de Sistemas Multifrecuenciales asegura que cada señal contienen uno y solo un componente de cada uno de los grupos de tonos alto y bajo. Esto simplifica de manera significativa la decodificación por que la señal compuesta de Sistemas Multifrecuenciales puede ser separada con filtros pasa banda en sus dos componentes de frecuencia simples cada uno de los cuales puede ser manipulado de forma individual.

Las teclas de función A, B, C y D son extensiones de las teclas (0-9, *, #) y fueron diseñadas con los teléfonos militares norteamericanos Autovon. Los nombres originales de estas teclas fueron FO (Flash Override), F (Flash), I (Inmediate) y P (Priority) los cuales representaban niveles de prioridad y que podían establecer comunicación telefónica con varios grados de prioridad, eliminando otras conversaciones en la red si era necesario, con la función FO siendo la de mayor prioridad hasta P la de menor prioridad. Estos tonos son más comúnmente referidos como A, B, C y D respectivamente, todos ellos tienen en común 1633 Hz como su tono alto. En estos días, estas teclas de función son empleados principalmente en aplicaciones especiales tales como repetidores de radioaficionados para sus protocolos de comunicación, los módem y circuitos de tonos al tacto (touch tone) también tienen tendencia a incluir los pares de tonos A, B, C, y D. Estos no han sido usados para el servicio público en general, y podría tomar años antes de que pudieran ser incluidas en aplicaciones tales como líneas de información al cliente.

1.3.3.- Codificación de Sistemas Multifrecuenciales

El esquema de marcado de Sistemas Multifrecuenciales fue diseñado por los laboratorios BELL e introducido a los Estados Unidos a mediados de los años 60 como una alternativa para a la marcación por pulsos o rotatoria. Ofreciendo incremento en la velocidad de marcado, mejorando la fiabilidad y la conveniencia de señalización de punto a punto.

Muchas aplicaciones en las telecomunicaciones requieren de transmisión de señales de Sistemas Multifrecuenciales para el envío de datos y marcado. El estándar de Sistemas

Multifrecuenciales fue diseñado originalmente por los Laboratorios Bell para su uso en los sistemas telefónicos de AT&T.

Existen varias especificaciones que han sido resultado de el estándar original las cuales parten de los estándares de AT&T, CEPT, NTT, CCITT y la ITU, etc. Las variaciones de un estándar a otro son típicamente tolerancias en las desviaciones de frecuencia, niveles de energía, diferencia de atenuación entre dos tonos e inmunidad al habla.

FRECUENCIA BAJA	FRECUENCIA ALTA	DÍGITO
697	1209	1
697	1336	2
697	1477	3
770	1209	4
770	1336	5
770	1477	6
852	1209	7
852	1336	8
852	1477	9
941	1209	*
941	1336	0
941	1477	#
697	1633	A
770	1633	B
852	1633	C
941	1633	D

Tabla 2. Pares de Frecuencias Empleadas para la Generación DTMF

Los estándares CCITT se encuentran localizados en las recomendaciones Q.23 y Q.24 en la sección 4.3 del libro rojo de la CCITT, volumen VI, fascículo VI.1.

En conclusión, Sistema Multifrecuencial es el sistema de señales usado en los teléfonos para el marcado por tonos, estos son el resultado de la suma algebraica en tiempo real de dos senoides de diferentes frecuencias, la relación de teclas con su correspondiente par de frecuencias se muestran en la tabla anterior.

Los Sistemas Multifrecuenciales son generados por un codificador, y son la suma algebraica en tiempo real de dos tonos; uno de baja frecuencia y otro de alta, el tono alto normalmente es de + 1.5 % (2db) con respecto del tono bajo (como se muestra en la figura 2.1) para compensar pérdidas de señal en las largas líneas de conexión con la central telefónica.

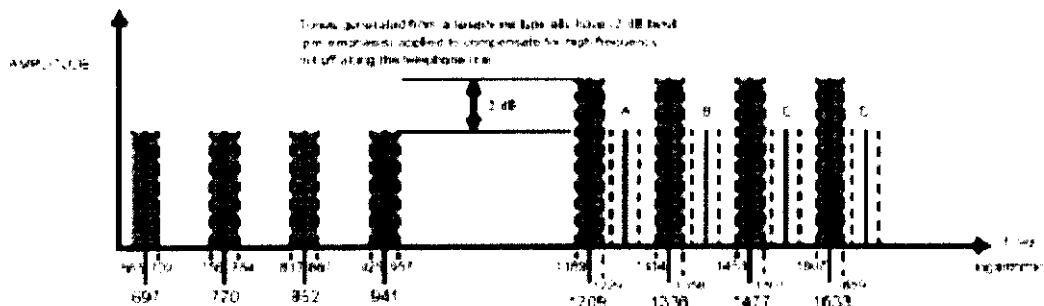


Figura 1. Espectro de los Sistemas Multifrecuenciales

1.3.4.- Decodificación de Sistemas Multifrecuenciales

Las especificaciones ITU Q.24 para la detección de Sistemas Multifrecuenciales son las siguientes:

- **Tolerancia a la frecuencia:** Un símbolo válido de Sistemas Multifrecuenciales debe tener una desviación en frecuencia dentro del 1.5% de tolerancia. Los símbolos con una desviación en frecuencia mayor al 3.5% deberán ser rechazados.

- **Duración de la señal:** Un símbolo de Sistemas Multifrecuenciales con una duración de 40ms debe ser considerado válido. La duración de la señal no debe ser menor de 23ms.
- **Atenuación de la señal:** El detector debe trabajar con una relación señal-ruido (SNR) de 15db y en el peor caso con una atenuación de 26dB.
- **Interrupción de la señal:** Una señal de Sistemas Multifrecuenciales válida interrumpida por 10ms o menos no debe ser detectada como dos símbolos distintos.
- **Pausa en la señal:** Una señal de Sistemas Multifrecuenciales válida separada por una pausa de tiempo de al menos 40ms debe ser detectada como dos símbolos distintos.
- **Fase:** El detector debe operar con un máximo de 8dB en fase normal y 4dB en fase invertida.
- **Rechazo al habla:** El detector debe operar en la presencia del habla rechazando la voz como un símbolo de Sistemas Multifrecuenciales válido.

La división de frecuencias en los grupos alto y bajo simplifica el diseño de receptores de Sistemas Multifrecuenciales como se muestra en la figura siguiente. Este diseño particular incluye una aproximación estándar. Cuando se encuentra conectado a una línea telefónica, receptor de radio o cualquier otra fuente de señal de Sistemas Multifrecuenciales, el receptor filtra el ruido del tono, separa la señal en los componentes de grupos de alta y baja frecuencia para luego medir el cruce por cero promediando los periodos para producir la decodificación de un dígito.

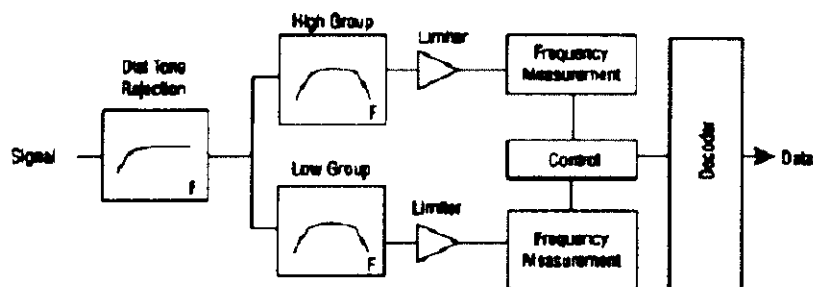


Figura 2. Arquitectura Típica de un Receptor DTMF

Como se muestra en la siguiente figura, la detección de Sistemas Multifrecuenciales se puede ver complicada por la presencia de ruido de línea de 50/60 Hz, tonos de varias frecuencias, ruido aleatorio y otras fuentes de interferencia. Tratar con estos problemas mientras permanece inmune a la simulación de tonos por voz presenta el más grande reto para los diseñadores de receptores de Sistemas Multifrecuenciales.

La interferencia de línea tolerable mostrada en la figura es la recomendada por CEPT y es considerada la meta de diseño por los fabricantes de receptores de Sistemas Multifrecuenciales de calidad.

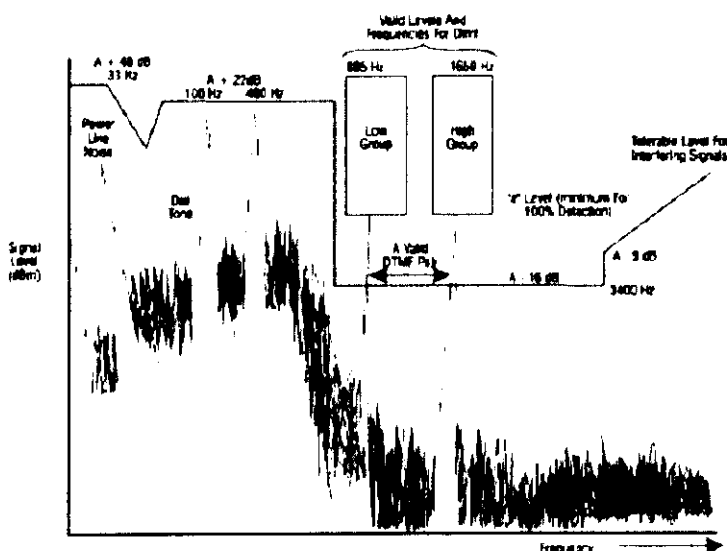


Figura 3. Entorno de la Señalización DTMF

1.3.5.- Domótica

El término **Domótica** proviene de la unión de las palabras *domus* (que significa *casa* en latín) y *tica* (de *automática*, palabra en griego, 'que funciona por sí sola'). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se

podría definir como la *integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto*.

Aplicaciones

Los servicios que ofrece la domótica se pueden agrupar según cinco aspectos o ámbitos principales:

1. **Ahorro energético:** El ahorro energético no es algo tangible, sino un concepto al que se puede llegar de muchas maneras. En muchos casos no es necesario sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos sino una gestión eficiente de los mismos.
 - Climatización: programación y zonificación.
 - Gestión eléctrica:
 - Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.
 - Gestión de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.
 - Uso de energías renovables.
2. **Confort:** Conlleva todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo que mejoren el confort en una vivienda. Dichas actuaciones pueden ser de carácter tanto pasivo, como activo o mixtas.
 - Iluminación:
 - Apagado general de todas las luces de la vivienda.
 - Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
 - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
 - Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
 - Integración del portero al teléfono, o del video portero al televisor.
 - Control vía Internet.
 - Gestión Multimedia y del ocio electrónico.

- Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario.
- 3. **Seguridad:** Consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los Bienes Patrimoniales y la seguridad personal.
 - Simulación de presencia.
 - Alarmas de Detección de incendio, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes.
 - Alerta médica. Tele asistencia.
 - Cerramiento de persianas puntual y seguro.
 - Acceso a Cámaras IP.
- 4. **Comunicaciones:** Son los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar.
 - Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos (p.ej. PDA con WiFi), aparellaje eléctrico.
 - Transmisión de alarmas.
 - Intercomunicaciones.
- 5. **Telegestión y Accesibilidad:** Diseño para todos, un diseño accesible para la diversidad humana, la inclusión social y la igualdad. Este enfoque constituye un reto Ético y creativo. Donde las personas con discapacidad reducida puedan acceder a estas tecnologías sin temor a un obstáculo del tipo de tecnología o arquitectura.

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivo General

Desarrollar un sistema de manipulación de dispositivos electrónicos basado en el uso de Sistemas Multifrecuenciales (DTMF) para la dirección de la Escuela de Ingeniería en Sistemas.

1.4.2.- Objetivos Específicos

- Realizar una investigación bibliográfica que permita estudiar la teoría e implementación práctica de los Sistemas Multifrecuenciales.

- Definir los requerimientos prácticos para el desarrollo del Sistema Multifrecuencial de acuerdo a los dispositivos electrónicos actuales de la Dirección de Escuela de Ingeniería en Sistemas.
- Desarrollar un Sistema Multifrecuencial que permita manipular los actuales dispositivos electrónicos de la Dirección de Escuela de Ingeniería en Sistemas y documentarlo.
- Establecer experiencias, conclusiones y recomendaciones de la práctica realizada.

1.5.- Metodología

1.5.1.- Fuentes de Información

Las fuentes de información que serán utilizadas para recopilar la información serán:

- Libros
- Internet
- Informes y tratados
- Proyectos técnicos desarrollados

1.5.2.- Instrumentos para Obtener Información

Las técnicas de investigación están ligadas a las actividades empíricas de la investigación científica. Permiten recopilar, procesar y analizar los datos obtenidos, las que se utilizarán para el desarrollo de este plan serán:

Las fichas bibliográficas y las entrevistas a expertos.

A través de las fichas bibliográficas será posible recopilar el material bibliográfico necesario para entender el proceso técnico por desarrollarse y la información especializada requerida para el trabajo.

Las entrevistas a expertos servirán para poder desarrollar la aplicación final con sus requerimientos específicos entendiendo los detalles técnicos especializados o que requieren de la experiencia de profesionales para su aplicación.

1.5.3.- Métodos de Investigación

Existen varios métodos de investigación que se utilizarán para el desarrollo del presente trabajo, entre ellos está el método de análisis, el inductivo, el deductivo, el de observación científica, pero principalmente para la aplicación práctica se utilizará el método experimental, mismos que a continuación se describen:

Método de Análisis:

Para la investigación se realizará en la Revisión de bibliografía, misma que requerirá del análisis e interpretación para la aplicación práctica.

Método Inductivo:

Estudia los fenómenos o problemas desde las partes hacia el todo, es decir analiza los elementos del todo para llegar a un concepto o ley.

Método Deductivo:

Estudia un fenómeno o problema desde el todo hacia las partes, es decir analiza el concepto para llegar a los elementos de las partes del todo.

Método Experimental:

La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver.

Su diferencia con los otros tipos de investigación es que el objetivo de estudio y su tratamiento dependen completamente del investigador, de las decisiones que tome para manejar su experimento.

El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas. La experimentación es la repetición voluntaria de los fenómenos para verificar su hipótesis.

1.6.- Justificación

Apoyar al control ya establecido por el sistema domótico, permitiendo que el Director de Escuela pueda manipular los dispositivos anteriormente mencionados mediante una llamada telefónica realizada de cualquier parte del mundo, proporcionando de esta manera una opción adicional para administrar la domótica implementada.

Como se ha analizado previamente los sistemas domóticos y la manipulación de dispositivos electrónicos son tecnologías aplicadas que permiten un ahorro energético, confort, seguridad en casas y oficinas, apoyando de esta manera a una mejor calidad de vida y eficiencia en los requerimientos diarios.

Al ser implementado en la Dirección de Escuela de Ingeniería en Sistemas, se convierte en un ejemplo de práctica de automatización generando imagen y confianza a los mismos estudiantes que podrán ver los conocimientos y la tecnología aplicados y de esa manera motivarse por el aprendizaje y la práctica de nuevas tecnologías de automatización.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Marcación por Tonos

El teléfono es un dispositivo de telecomunicación diseñado para transmitir señales acústicas por medio de señales eléctricas.

Durante mucho tiempo Alexander Graham Bell fue considerado el inventor del teléfono. Sin embargo Bell no fue el inventor de este aparato, sino solamente el primero en patentarlo. Esto ocurrió en 1876. El 11 de junio de 2002 el Congreso de Estados Unidos aprobó la resolución 269, por la que se reconocía que el inventor del teléfono había sido Antonio Meucci, que lo llamó teletrófono, y no Alexander Graham Bell.

En 1871 Meucci sólo pudo, por dificultades económicas, presentar una breve descripción de su invento, pero no formalizar la patente ante la Oficina de Patentes de EE.UU.

Desde su concepción original se han ido introduciendo mejoras sucesivas, tanto en el propio aparato telefónico, como en los métodos y sistemas de explotación de la red.

En lo que se refiere al propio aparato telefónico, se pueden señalar varias cosas:

La introducción del micrófono de carbón, que aumentaba de forma considerable la potencia emitida, y por tanto el alcance máximo de la comunicación.

El dispositivo anti local, para evitar la perturbación en la audición causada por el ruido ambiente del local donde está instalado el teléfono.

La marcación por pulsos mediante el denominado disco de marcar.

La marcación por tonos de multifrecuencia.

La introducción del micrófono de electret o micrófono de condensador, prácticamente usado en todos los aparatos modernos, que mejora de forma considerable la calidad del sonido.

En cuanto a los métodos y sistemas de explotación de la red telefónica, se puede señalar:

La telefonía fija o convencional, que es aquella que hace referencia a las líneas y equipos que se encargan de la comunicación entre terminales telefónicos no portables, y generalmente enlazados entre ellos o con la central por medio de conductores metálicos.

La central telefónica de conmutación manual para la interconexión mediante la intervención de un operador/a de distintos teléfonos, creando de esta forma un primer modelo de red.

La introducción de las centrales telefónicas de conmutación automática, constituidas mediante dispositivos electromecánicos, de las que han existido, y en algunos casos aún existen, diversos sistemas (rotatorios, barras cruzadas y otros más complejos).

Las centrales de conmutación automática electromecánicas, pero controladas por computadora.

Las centrales digitales de conmutación automática totalmente electrónica y controlada por ordenador, que permiten multitud de servicios complementarios al propio establecimiento de la comunicación (los denominados *servicios de valor añadido*).

La introducción de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y las técnicas DSL o de banda ancha (ADSL, HDSL, etc.), que permiten la transmisión de datos a más alta velocidad.

La telefonía móvil o celular, que posibilita la transmisión inalámbrica de voz y datos, pudiendo ser estos a alta velocidad en los nuevos equipos de tercera generación.

Existen casos particulares, en telefonía fija, en los que la conexión con la central se hace por medios radioeléctricos, como es el caso de la telefonía rural mediante acceso celular, en la que se utiliza parte de la infraestructura de telefonía móvil para facilitar servicio telefónico a zonas de difícil acceso para las líneas convencionales de hilo de cobre. No obstante, estas líneas a todos los efectos se consideran como de telefonía fija.

Un teléfono está formado por dos circuitos que funcionan juntos: el circuito de conversación, que es la parte analógica, y el circuito de marcación, que se encarga de la marcación y llamada. Tanto las señales de voz como las de marcación y llamada (señalización), así como la alimentación, comparten el mismo par de hilos, a esto a veces se le llama "señalización dentro de la banda (de voz)".

Como la línea alimenta el micrófono a 48 V, esta tensión se puede utilizar para alimentar, también, circuitos electrónicos. Uno de ellos es el marcador por tonos. Tiene lugar mediante un teclado que contiene los dígitos y alguna tecla más (* y #), cuya pulsación produce el envío de dos tonos simultáneos para cada pulsación. La frecuencia de estos tonos varía entre Europa (CCITT - UIT-T) y EEUU. Estos circuitos podían ser tanto bipolares (I²L, normalmente) como CMOS, y añaden nuevas prestaciones, como repetición del último número (*redial*) o memorias para marcación rápida, pulsando una sola tecla.

En telefonía, el sistema de marcación por tonos es también llamado sistema multifrecuencial o DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency). DTMF significa: Tonos Duales de multifrecuencia. Una señal DTMF generada por cualquier dispositivo, es en sí la suma de dos ondas sinusoidales con diferentes frecuencias.

La Marcación por tonos fue posible gracias al desarrollo de circuitos integrados que generan estos tonos desde el equipo terminal, consumiendo poca corriente de la red y sustituyendo el sistema mecánico de interrupción-conexión (el anticuado disco de marcar).

Este sistema supera al de marcación por pulsos por cuanto disminuye la posibilidad de errores de marcación, al no depender de un dispositivo mecánico. Por otra parte es mucho más rápido ya que no hay que esperar tanto tiempo para que la central detecte las interrupciones, según el número marcado.

Un sistema DTMF usa pares de tonos para representar los diferentes números del teclado, es decir, existe un par de tonos asociado a cada botón, un tono bajo y un tono alto.

A demás utiliza 16 combinaciones distintas de frecuencias de audio, todas comprendidas dentro de la llamada banda de voz (300 Hz a 3 kHz).

Cada combinación consta de dos señales senoidales: una de un grupo bajo de frecuencias (697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz) y otra de un grupo alto (1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz).

Frecuencias DTMF

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Tabla 3. Cuadro de Frecuencias DTMF

Al pulsar la tecla <<5>> por ejemplo, se envían simultáneamente a través de la línea telefónica un tono bajo de 770 Hz y un tono alto de 1336Hz. Estos tonos son decodificados en la central telefónica para identificar el dígito marcado.

Al pulsar dos o más teclas de una misma fila o columna, se genera un solo tono (el correspondiente a esa fila o columna). La pulsación de teclas diagonales no genera tonos.

2.1.1.- Tipos de Códigos

Los tonos DTMF se dividen en dos tipos de códigos; el código estándar y el extendido. El código estándar de DTMF comprende los números (0-9) y los símbolos * y #; mientras que el código extendido agrega al código estándar las letras (A-D). Sin duda el código estándar es el más usado en la industria, principalmente por su aplicación en los teléfonos; en nuestro país, se ha incrementado el uso de los tonos gracias a la conversión de líneas analógicas por digitales, permitiendo aplicaciones de selección automática de opciones en empresas bancarias, así como en el servicio información a clientes y/o usuarios de empresas principalmente.

El código extendido fue creado en la red telefónica Autovon del ejército de los Estados Unidos. El uso que se le daba a este código era para establecer un nivel de prioridad en la llamada (siendo "A" el más alto nivel de prioridad), permitiendo así cortar una llamada, de cierta línea telefónica, con un cierto nivel de prioridad menor al de la llamada entrante. Actualmente estos botones se usan principalmente en aplicaciones especiales como repetidores de radio amateur para su control de señalización.

Los MODEMs y los circuitos de DTMF están tendiendo a incluir estos tonos, aunque todavía no están siendo usados en servicios públicos generales, por lo que pasarán años antes de que estos tonos se puedan usar en líneas de servicios de información a clientes (entre otros), debido a que dichos sistemas deben ser compatibles con el código de 12 dígitos.

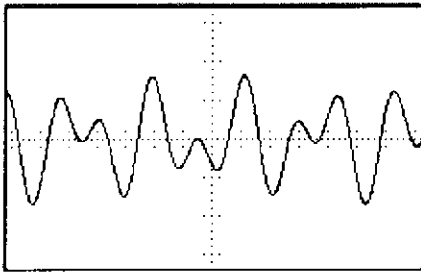
Las frecuencias de los tonos fueron diseñadas para evitar armónicos y otros problemas que pueden surgir cuando dos tonos son enviados y recibidos. Es muy importante asegurar una transmisión y recepción precisa, libres de errores en el proceso de

comunicación de transmisor-receptor para que un sistema funcione adecuadamente, por lo que los tonos deben estar en un rango de $\pm 1.5\%$ de su valor nominal, la frecuencia alta debe estar, por lo menos, al mismo nivel de potencia que la frecuencia baja; aunque es recomendable que la frecuencia alta esté 3 dB por arriba de la frecuencia baja, con un máximo de 4 dB.

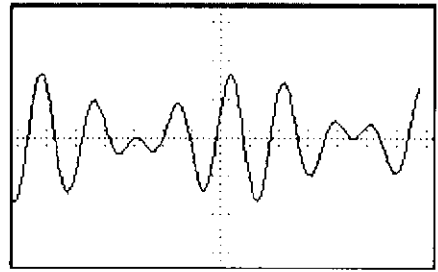
2.1.2.- Formas de Onda

Con el fin de enfatizar la diferencia entre las diferentes señales DTMF, a continuación se muestra la forma de onda para la suma de cada par de tonos del código estándar:

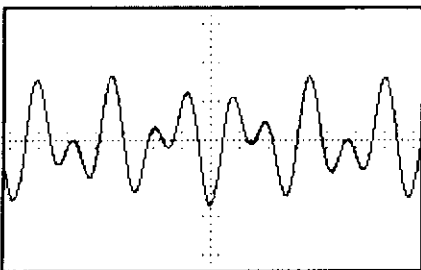
Forma de onda correspondiente a la tecla 1 (frecuencia 1209Hz y 607 Hz)



Forma de onda correspondiente a la tecla * (frecuencia 1209 Hz y 941 Hz)



Forma de onda correspondiente a la tecla 9 (frecuencia 1477 Hz y 852 Hz)



Forma de onda correspondiente a la tecla # (frecuencia 1477 Hz y 941 Hz)

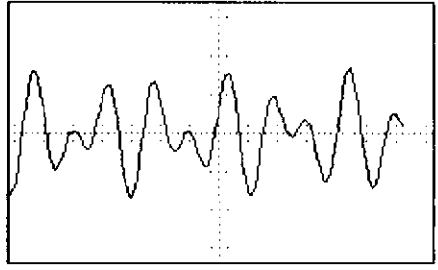


Figura 4. Ejemplos de Formas de Onda

Al ser utilizados los DTMF en sistemas telefónicos, es muy importante que se eviten los errores por simulación de voz, ya que como vemos en la siguiente figura, algunas frecuencias utilizadas por el sistema corresponden al rango de frecuencias cubiertas por la voz. Se conoce que las frecuencias más bajas alcanzadas por la voz humana son del orden de 80 Hz, mientras que un soprano puede alcanzar frecuencias de hasta 1200Hz.

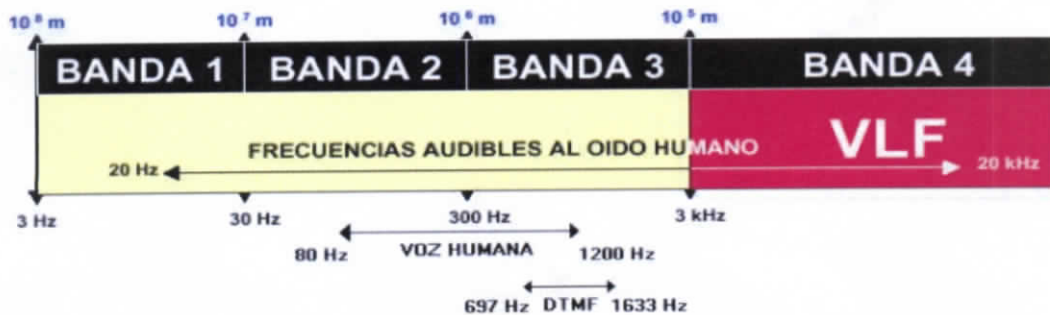


Figura 5. Espectro de los DTMF y de la Voz Humana

2.1.3.- Codificación y Decodificación DTMF

Una señal DTMF válida es la suma de dos tonos, uno de un grupo bajo y el otro de un grupo alto, con cada grupo conteniendo cuatro tonos individuales. Las frecuencias de los tonos fueron cuidadosamente seleccionadas de tal forma que sus armónicos no se encuentran relacionados y que los productos de su intermodulación produzcan un deterioro mínimo en la señalización. Este esquema permite 16 combinaciones únicas.

Diez de estos códigos representan los números del cero al nueve, los seis restantes (*, #, A, B, C, D) son reservados para señalización especial. La mayoría de los teclados en los teléfonos contienen diez interruptores de presión numéricos mas el asterisco (*) y el símbolo de numeral (#).

Los interruptores se encuentran organizados en una matriz, cada uno selecciona el tono del grupo bajo de su fila respectiva y el tono del grupo alto de su columna correspondiente.

El esquema de codificación DTMF asegura que cada señal contienen uno y solo un componente de cada uno de los grupos de tonos alto y bajo. Esto simplifica de manera significativa la decodificación por que la señal compuesta DTMF puede ser separada con filtros pasa banda en sus dos componentes de frecuencia simples cada uno de los cuales puede ser manipulado de forma individual.

Las teclas de función A, B, C y D son extensiones de las teclas (0-9, *, #) y fueron diseñadas con los teléfonos militares norteamericanos Autovon. Los nombres originales de estas teclas fueron FO (Flash Override), F (Flash), I (Immediate) y P (Priority) los cuales representaban niveles de prioridad y que podían establecer comunicación telefónica con varios grados de prioridad, eliminando otras conversaciones en la red si era necesario, con la función FO siendo la de mayor prioridad hasta P la de menor prioridad.

Estos tonos son más comúnmente referidos como A, B, C y D respectivamente, todos ellos tienen en común 1633 Hz como su tono alto. En estos días, estas teclas de función son empleados principalmente en aplicaciones especiales tales como repetidores de radioaficionados para sus protocolos de comunicación, los módem y circuitos de tonos al tacto (touch tone) también tienen tendencia a incluir los pares de tonos A, B, C, y D. Estos no han sido usados para el servicio público en general, y podría tomar años antes de que pudieran ser incluidas en aplicaciones tales como líneas de información al cliente.

2.1.3.1.- Codificación DTMF.

El esquema de marcado DTMF fue diseñado por los laboratorios BELL e introducido a los Estados Unidos a mediados de los años 60 como una alternativa para a la marcación por pulsos o rotatoria. Ofreciendo incremento en la velocidad de marcado, mejorando la fiabilidad y la conveniencia de señalización de punto a punto. Muchas aplicaciones en las telecomunicaciones requieren de transmisión de señales DTMF para el envío de datos y marcado. El estándar DTMF fue diseñado originalmente por los Laboratorios

Bell para su uso en los sistemas telefónicos de AT&T. Existen varias especificaciones que han sido resultado de el estándar original las cuales parten de los estándares de AT&T, CEPT, NTT, CCITT y la ITU, etc. Las variaciones de un estándar a otro son típicamente tolerancias en las desviaciones de frecuencia, niveles de energía, diferencia de atenuación entre dos tonos e inmunidad al habla.

FRECUENCIA BAJA	FRECUENCIA ALTA	DÍGITO
697	1209	1
697	1336	2
697	1477	3
770	1209	4
770	1336	5
770	1477	6
852	1209	7
852	1336	8
852	1477	9
941	1209	*
941	1336	0
941	1477	#
697	1633	A
770	1633	B
852	1633	C
941	1633	D

Tabla 4. Pares de Frecuencias Empleadas para la Generación DTMF

En conclusión, DTMF es el sistema de señales usado en los teléfonos para el marcado por tonos, estos son el resultado de la suma algebraica en tiempo real de dos senoides de diferentes frecuencias, la relación de teclas con su correspondiente par de frecuencias se muestran en la tabla.

El sistema de señales DTMF son generadas por un codificador, y son la suma algebraica en tiempo real de dos tonos; uno de baja frecuencia y otro de alta, el tono alto normalmente es de + 1.5 % (2dB) con respecto del tono bajo (como se muestra en la figura) para compensar pérdidas de señal en las largas líneas de conexión con la central telefónica.

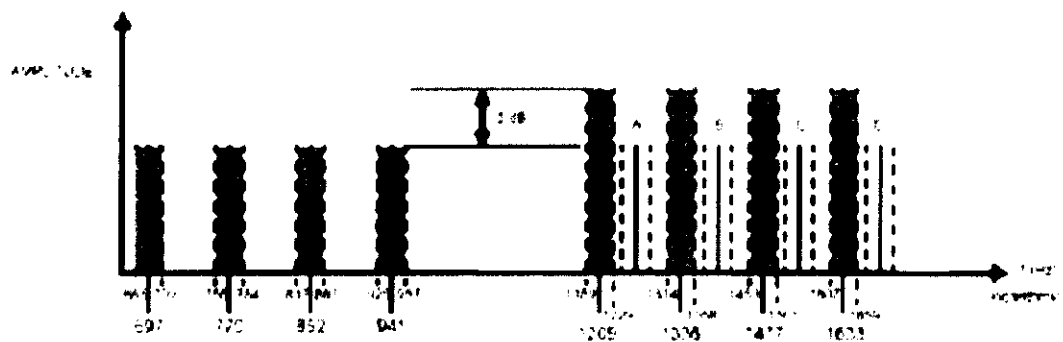


Figura 6. Espectro de las Señales DTMF

2.1.3.2.- Decodificación DTMF

Los ingenieros de Laboratorios Bell eligieron pares de frecuencias específicas para evitar armónicos y otros problemas que pudieran presentarse cuando estos tonos son enviados o recibidos, además de la dificultad que presentan para ser imitados por la voz humana y puedan accidentalmente activar el decodificador del otro lado de la línea.

Existen varias formas de detectar y decodificar estos tonos, una forma podría ser; con ocho filtros sintonizados en combinación con circuitos de detección.

Resulta innecesario decir que esto no es práctico considerando la cantidad de circuitos integrados de diferentes fabricantes que hay que conseguir y el complejo ajuste que hay que realizar para sintonizarlos.

Cabe mencionar que debido a las características de los tonos DTMF, se pueden utilizar en sistemas de transmisión cuyos requerimientos nos conduzcan a la necesidad de dispositivos confiables (alámbricos e inalámbricos).

Además se observa la versatilidad que tienen intrínsecos los tonos DTMF, por lo que pueden ayudar para que un sistema adopte esas mismas características multitareas.

Las especificaciones ITU Q.24 para la detección DTMF son las siguientes:

Tolerancia a la frecuencia: Un símbolo válido DTMF debe tener una desviación en frecuencia dentro del 1.5% de tolerancia. Los símbolos con una desviación en frecuencia mayor al 3.5% deberán ser rechazados.

Duración de la señal: Un símbolo DTMF con una duración de 40ms debe ser considerado válido. La duración de la señal no debe ser menor de 23ms.

Atenuación de la señal: El detector debe trabajar con una relación señal-ruido (SNR) de 15db y en el peor caso con una atenuación de 26dB.

Interrupción de la señal: Una señal DTMF válida interrumpida por 10ms o menos no debe ser detectada como dos símbolos distintos.

Pausa en la señal: Una señal DTMF válida separada por una pausa de tiempo de al menos 40ms debe ser detectada como dos símbolos distintos.

Fase: El detector debe operar con un máximo de 8dB en fase normal y 4dB en fase invertida.

Rechazo al habla: El detector debe operar en la presencia del habla rechazando la voz como un símbolo DTMF válido.

La división de frecuencias en los grupos alto y bajo simplifica el diseño de receptores DTMF como se muestra en la figura.

Parámetros	Valores
Frecuencia de señales.	Grupo bajo: 697, 770, 852, 941 Hz.
	Grupo alto: 1209, 1336, 1477, 1633 Hz.
Tolerancia de frecuencia.	< 1.8%
Niveles de potencia por frecuencia.	0 a -25dBm.
Diferencia de potencia entre señales.	+4dB a -8dB.
Duración mínima de la señal.	40 ms (para ser aceptada).
Pausa mínima entre dígitos.	40ms.
Tolerancia al ruido.	-12dB.
Nivel alto de voltaje de entrada mínimo.	3.5 Volts.
Nivel bajo de voltaje de entrada máximo.	1.5 Volts.
Señal simulada por voz en el sistema.	Para los códigos 0-9, 1 falsa por cada 3000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, 1 falsa por cada 2000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, A-D, 1 falsa por cada 1500 llamadas.
Interferencia por ecos.	Debe tolerar ecos retrasados más de 20ms. Y con al menos 10 dB de atenuación.

Tabla 5. Parámetros Principales de los DTMF

Este diseño particular incluye una aproximación estándar. Cuando se encuentra conectado a una línea telefónica, receptor de radio o cualquier otra fuente de señal DTMF, el receptor filtra el ruido del tono, separa la señal en los componentes de grupos de alta y baja frecuencia para luego medir el cruce por cero promediando los periodos para producir la decodificación de un dígito.

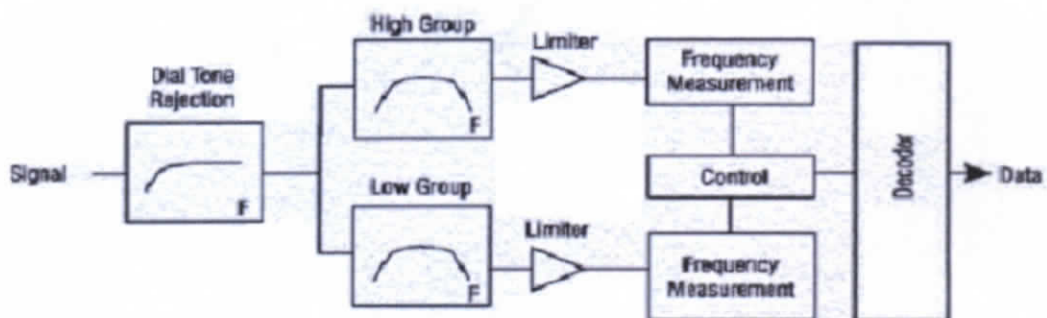


Figura 7. Arquitectura Típica de un Receptor DTMF

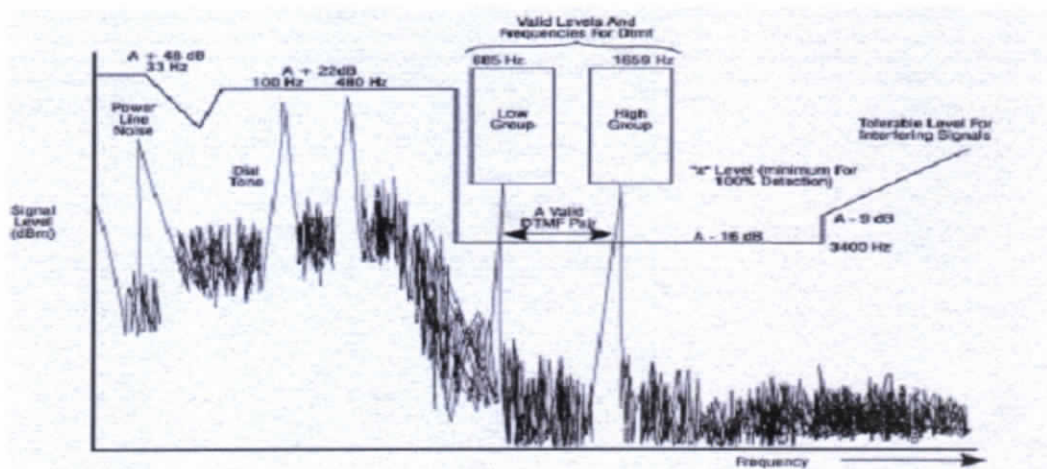


Figura 8. Entorno de la Señalización DTMF

Como se muestra en la figura, la detección DTMF se puede ver complicada por la presencia de ruido de línea de 50/60 Hz, tonos de varias frecuencias, ruido aleatorio y otras fuentes de interferencia. Tratar con estos problemas mientras permanece inmune a

la simulación de tonos por voz presenta el más grande reto para los diseñadores de receptores DTMF.

La interferencia de línea tolerable mostrada en la figura es la recomendada por CEPT y es considerada la meta de diseño por los fabricantes de receptores DTMF de calidad.

2.2.- Sistemas Domóticos

2.2.1.- Origen de la Domótica

El término de domótica se aplica a la ciencia y a los elementos desarrollados por ella que proporcionan algún nivel de automatización o automatismo dentro de las casas.

Un concepto tan amplio y ambiguo puede incluir desde simples temporizadores para apagar o encender una luz, hasta sistemas mucho más complejos que permiten supervisar y controlar ciertas funcionalidades de la vivienda de forma remota, mediante el uso de Internet o telefonía móvil, visualizar a distancia lo que ocurre en su interior o dotar incluso a la vivienda de la capacidad de tomar decisiones cuando no están sus ocupantes.

El origen de la domótica como tal, se remonta en Europa a los años sesenta, cuando aparecen los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la tecnología X-10 (todavía existente debido a su eficacia, facilidad de implementación y bajo precio). A partir de ahí, comenzó su evolución y comenzaron a surgir los distintos estándares e infraestructuras que, suficientemente evolucionados y con costes cada vez más competitivos, persisten en nuestros días.

Posteriormente, el 6 de noviembre de 1985, y como consecuencia de una proposición francesa se lleva a cabo en Hannover una iniciativa innovadora denominada Eureka.

El proyecto Eureka consistía en una estrategia europea adoptada para reforzar su capacidad industrial frente a las otras grandes potencias. Dentro del programa Eureka,

nace el proyecto IHS (Integrated Home System) que fue desarrollado, con intensidad en los años 87-88 y que dio lugar al programa actual ESPRIT (European Scientific Programme for Research & Development in Information Technology), con el objetivo de continuar los trabajos iniciados bajo el Eureka.

El objetivo final consistía en la definición de una norma de integración de los sistemas electrónicos domésticos y analizar cuáles son los campos de aplicación de un sistema de éstas características. De este modo se pretendía obtener un estándar que permitiera una evolución hacia las aplicaciones integradas en el hogar.

Posteriormente, en Francia, se acuñó la palabra “Domotique” como el concepto de vivienda, que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.

La rápida evolución tecnológica de las telecomunicaciones, la electrónica e informática, ha inundado nuestro entorno con televisores, teléfonos, equipos de fax y módem, redes y sistemas informáticos tanto en las oficinas como en las viviendas particulares.

Hasta los electrodomésticos están experimentando una rápida y competitiva evolución. Los sistemas actuales integran automatización, informática y Nuevas Tecnologías de la información.

Para sintetizar esta nueva filosofía aplicada al sector doméstico, se ha creado un nuevo neologismo, domótica: "tecnología aplicada al hogar", formado por la raíz latina domus (casa) y tica (que funciona por sí sola) que define todas las funciones y servicios que ofrece una vivienda inteligente.

2.2.2.- Definición de Domótica

Domo viene del latín domus, que quiere decir casa y Tica: de la palabra en griego automática): que funciona por sí sola. En si la domótica es un sistema integrado de

aplicaciones electromecánicas de control y gestión, con el objetivo de generar un ahorro energético, una mejora de la seguridad y mayor confort para usuario.

La continua investigación en el campo tecnológico derivó en la ampliación de la oferta tecnológica, y por consiguiente un incremento en el alcance de las soluciones.

Gracias a esto comienzan a aparecer los primeros edificios inteligentes. A esta altura la tecnología todavía tenía costos altos y por debido a esto era utilizada principalmente en edificios con gran consumos tales como, hospitales, hoteles, y sedes de grandes corporaciones.

En los últimos años, la importante baja en los costos de fabricación de productos tecnológicos, ha incrementado aún más las opciones disponibles, surgiendo nuevos proveedores en Europa y Asia. Este último impulso una apertura hacia mercado hogareño, con opciones hechas a medida, lo que permite su implementación en casas y edificios, no solo de lujo sino ya de un segmento medio, con la idea de mejorar en el ahorro del consumo de los recursos.

Domótica es el término "científico" que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas o en uno de viviendas o simplemente en cualquier hogar.

Es decir la domótica es la ciencia que estudia la aplicación de la informática y las comunicaciones en una vivienda o edificio, con el fin de conseguir una casa o edificio inteligente. La domótica pretende automatizar ciertos sistemas, por ejemplo, que las luces, calefacción, etc., se regulen automáticamente en función de las condiciones exteriores, consiguiendo de paso un considerable ahorro energético.

La domótica se puede denominar también, como el conjunto de soluciones que, mediante el uso de las técnicas y tecnologías disponibles (electricidad, electrónica,

robótica..) logra una mejor utilización, gestión y control de todos los aspectos relacionados con la vivencia (seguridad, multimedia, encendido/apagado, comunicación, electrodomésticos, etc.), contribuyendo al ahorro energético (eficiencia energética).

Un sistema domótico o inteligente incluirá una red de comunicación que permita la interconexión de una serie de equipos con el fin de obtener información del entorno y poder realizar acciones sobre dicho entorno.

Por tanto, un sistema domótico interconecta algunos de los sistemas automáticos y toma decisiones. El sistema domótico integra todos los servicios del hogar en un solo sistema, permitiendo el acceso desde:

- Un PC
- Un teclado alfanumérico (con display de cristal de cuarzo líquido)
- Un teléfono móvil
- Internet
- Touch-screen

Con esto se pretende mejorar la calidad de vida aumentando la comodidad, la seguridad y el confort, al mismo tiempo que se obtiene un considerable ahorro energético.

Que las luces se activen al paso de los usuarios, encender la calefacción mediante una simple conexión a Internet, generar alarmas y enviar un mensaje SMS de aviso por la entrada de intrusos cuando no se esté en casa, que la cocina eléctrica se desconecte automáticamente, programar el sistema de riego, controlar el estado de luces, persianas y toldos a través de un control a distancia, desde un teléfono móvil o desde el PC, etc. todo esto es ya una realidad.

Hasta el momento, en una vivienda o edificio, todos los sistemas eran independientes, hoy la domótica ofrece soluciones que integran y relacionan entre sí dichos elementos suponiendo una clara ventaja para el usuario.

Para transferir datos de control de todos los componentes de gestión de edificios se requiere un sistema que elimine los problemas que presentan los dispositivos aislados, asegurando que todos los componentes se comuniquen a través de un lenguaje común.

Este sistema será independiente del fabricante y de los dominios de aplicación. Aunque cada fabricante utiliza su propio sistema hay dos sistemas generales llamados KNX y Lon Mark, estos son utilizados para el control de todos los equipos de gestión de los edificios en todas las aplicaciones posibles.

Así se asegura que funcionarán y se comunicarán diferentes productos de distintos fabricantes usados en otras aplicaciones. Esto asegura un alto grado de flexibilidad en la extensión y modificación de las instalaciones.

2.2.3.- Beneficios de la Domótica

Anteriormente se pretendía que la utilización de un sistema domótico no era necesario y que los únicos que lo implantaban eran las personas que lo querían hacer por lujo ya que esto sugería un alto costo, hoy en día los sistemas de este tipo tiene un costo medio, pero brindan innumerables beneficios directos a muchísimas personas, hace ya más de dos décadas, no han cesado de introducir novedades y de potenciar las posibilidades del control e integración de todas y cada una de las necesidades de los inmuebles, tales como la seguridad, el confort, el ahorro energético y las comunicaciones.

Los beneficios radican en el aumento de la calidad de vida mediante la independencia habitacional, mejor protección y salud, reduce la fatiga a cuidadores, los costos institucionales, los ingresos/productividad permitiendo tanto al individuo como a los familiares trabajar. Los ahorros son incuantificables, ya que es un ahorro/beneficio a largo plazo.

Seguridad:

Intrusión: sistema de seguridad con puntos de detección, sirena y conexión a central de alarmas.

Seguridad técnica: fuga y actuación en gas y agua. Detección de humos y CO2.

Ahorro:

Programación de climatización. Regulación de toda la iluminación por ambientes.

Desconexión automática de cargas selectivas en ausencia de los usuarios.

Confort:

Control del inmueble en puntos de iluminación, persianas, electrodomésticos y climatización. Mando a distancia RF/IR para control de TV, video, satélite.

Programación de temporizadores y escenarios desde un PC, en entorno gráfico Windows, en castellano y fácil de manejar por los usuarios.

Comunicaciones:

El usuario puede llamar a su vivienda y activar o desactivar la alarma, climatizador, iluminación (incluyendo regulación) persianas.

El sistema llama a una receptora de alarmas en caso de cualquier percance ocurrido en el apartado de seguridad.

Otros beneficios:

Reducción general de costos mediante la automatización de tareas tercerizadas.

Obtención de información crítica para la toma de decisiones.

Mejora en la calidad de vida mediante el control de climatización e iluminación ajustadas en tiempo real de acuerdo a los parámetros censados.

Posibilidad de integración con nuevas tecnologías.

Control y verificación en tiempo real y por múltiples medios de los eventos que sucedan dentro del contexto.

También es sabido que la estandarización de esta tecnología ha permitido que más de 180 empresas en todo el mundo desarrollen productos compatibles denominados X-10 para la automatización de espacios, y así potenciar su línea de productos.

Principales sistemas incorporados al control automatizado:

- Sistemas de climatización.
- Iluminación.
- Sistema de suministro de energía.
- Ascensores y montacargas.
- Control de accesos locales y remotos.
- Circuitos cerrados de TV.
- Sistemas antirrobo, seguridad perimetral.
- Rutinas de detección de incendio.
- Activación de sistemas de extinción de incendios.
- Administración de instalaciones sanitarias.
- Administración de instalaciones hidráulicas.
- Administración de instalaciones eléctricas.
- Seguridad informática.

2.2.4.- Situación de la Domótica a Nivel Mundial

Es importante el hacer balance de la situación de esta innovación a nivel mundial, así:

- Estados Unidos

El uso que tiene la domótica es principalmente aplicado al hogar interactivo y, como no podía ser de otra forma, ha sido el primer país en promover y realizar un estándar para el hogar domótico: el CEBus (Consumer Electronic Bus), al que se han adherido más de 17 fabricantes americanos (AT & T, Johnson, Tandy, Panasonic y otros).

- Japón

A diferencia de los americanos su tendencia va más hacia el hogar automatizado que hacia el interactivo.

Los estudios oficiales hablan de un mercado domótico de 140 mil millones de pesetas en la actualidad, cifra que se prevé elevará hasta los 540 mil millones.

- Europa

La primera iniciativa empezó en 1984 con el programa Eureka, en él seis empresas europeas iniciaron el primer proyecto IHS (Integrated Home System) que fue desarrollado intensamente entre los años 87 y 88, dando lugar finalmente al actual programa ESPRIT (European Scientific Programme for Research & Development in Information Technology).

El objetivo principal de este programa consiste en definir una norma de integración de los sistemas electrónicos domésticos y analizar cuáles son los campos de aplicación de un sistema de estas características. De este modo se pretende obtener un estándar que permita una evolución hacia las aplicaciones integradas de la vivienda. Actualmente se encuentran representados en el ESPRIT la totalidad de los países de la Unión Europea.

La situación en España deja bastante que desear, siendo la labor más importante la que están realizando las empresas eléctricas, no será porque les interesa quizás?, no dejando de participar en acciones de investigación, promoción y desarrollo de la vivienda domótica.

2.2.5.- Descripción del Sistema Domótico

Para poder clasificar técnicamente un sistema de automatización de viviendas, es necesario tener claros una serie de conceptos técnicos, como son: tipo de arquitectura, medio de transmisión, velocidad de transmisión y protocolo de comunicaciones.

2.2.5.1.- Tipo de Arquitectura

La arquitectura de un sistema domótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Existen dos arquitecturas básicas: la arquitectura centralizada y la distribuida.

Arquitectura centralizada: Es aquella en la que los elementos a controlar y supervisar (sensores, luces, válvulas, etc.) han de cablearse hasta el sistema de control de la vivienda (PC o similar).

El sistema de control es el corazón de la vivienda, en cuya falta todo deja de funcionar, y su instalación no es compatible con la instalación eléctrica convencional en cuanto que en la fase de construcción hay que elegir esta topología de cableado.

Arquitectura distribuida: Es aquella en la que el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar.

Hay sistemas que son de arquitectura distribuida en cuanto a la capacidad de proceso, pero no lo son en cuanto a la ubicación física de los diferentes elementos de control y viceversa, sistemas que son de arquitectura distribuida en cuanto a su capacidad para

ubicar elementos de control físicamente distribuidos, pero no en cuanto a los procesos de control, que son ejecutados en uno o varios procesadores físicamente centralizados.

En los sistemas de arquitectura distribuida que utilizan como medio de transmisión el cable, existe un concepto a tener en cuenta que es la topología de la red de comunicaciones. La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable).

Cada elemento del sistema tiene su propia capacidad de proceso y puede ser ubicado en cualquier parte de la vivienda. Esta característica proporciona al instalador domótico una libertad de diseño que le posibilita adaptarse a las características físicas de cada vivienda en particular.

2.2.5.2.- Medio de Transmisión

En todo sistema domótico con arquitectura distribuida, los diferentes elementos de control deben intercambiar información unos con otros a través de un soporte físico (par trenzado, línea de potencia o red eléctrica, radio, infrarrojos, etc.).

Tipos de medios:

1) Líneas de distribución de energía eléctrica (Corrientes portadoras)

Si bien no es el medio más adecuado para la transmisión de datos, si es una alternativa a tener en cuenta para las comunicaciones domésticas dado el bajo coste que implica su uso, dado que se trata de una instalación existente por lo que es nulo el coste de la instalación, y además muy fácil el conexionado.

Para aquellos casos en los que las necesidades del sistema no impongan requerimientos muy exigentes en cuanto a la velocidad de transmisión, la línea de distribución de energía eléctrica puede ser suficiente como soporte de dicha transmisión.

2) Soportes Metálicos

La infraestructura de las redes de comunicación actuales, tanto públicas como privadas, tiene en un porcentaje muy elevado, cables metálicos de cobre como soporte de transmisión de las señales eléctricas que procesa.

En general se pueden distinguir dos tipos de cables metálicos:

a) Par Metálico

Los cables formados por varios conductores de cobre pueden dar soporte a un amplio rango de aplicaciones en el entorno domestico.

Este tipo de cables pueden transportar voz, datos y alimentación de corriente continua.

Los denominados cables de pares están formados por cualquier combinación de los tipos de conductores que a continuación se detallan:

1.- Cables formados por un solo conductor con un aislamiento exterior plástico, como los utilizados para la transmisión de las señales telefónicas.

2.- Par de cables, cada uno de los cables está formado por un arrollamiento helicoidal de varios hilos de cobre. (Por ejemplo, los utilizados para la distribución de señales de audio).

3.- Par apantallado, formado por dos hilos recubiertos por un trenzado conductor en forma de malla cuya misión consiste en aislar las señales que circulan por los cables de las interferencias electromagnéticas exteriores. (Por ejemplo, los utilizados para la distribución de sonido alta fidelidad o datos).

4.- Par trenzado, está formado por dos hilos de cobre recubiertos cada uno por un trenzado en forma de malla. El trenzado es un medio para hacer frente a las

interferencias electromagnéticas. (Por ejemplo, los utilizados para interconexión de ordenadores).

b) Coaxial

Un par coaxial es un circuito físico asimétrico, constituido por un conductor filiforme que ocupa el eje longitudinal del otro conductor en forma de tubo, manteniéndose la separación entre ambos mediante un dieléctrico apropiado. Este tipo de cables permite el transporte de las señales de video y señales de datos a alta velocidad. Dentro del ámbito de la vivienda, el cable coaxial puede ser utilizado como soporte de transmisión para:

Señales de teledifusión que provienen de las antenas (red de distribución de las señales de TV y FM).

Señales procedentes de las redes de TV por cable. - Señales de control y datos a media y baja velocidad.

3) Fibra óptica

La fibra óptica es el resultado de combinar dos disciplinas no relacionadas, como son la tecnología de semiconductores (que proporciona los materiales necesarios para las fuentes y los detectores de luz), y la tecnología de guiado de ondas ópticas (que proporciona el medio de transmisión, el cable de fibra óptica).

La fibra óptica está constituida por un material dieléctrico transparente, conductor de luz, compuesto por un núcleo con un índice de refracción menor que el del revestimiento, que envuelve a dicho núcleo.

Estos dos elementos forman una guía para que la luz se desplace por la fibra. La luz transportada es generalmente infrarroja, y por lo tanto no es visible por el ojo humano.

A continuación se detallan sus ventajas e inconvenientes:

- Fiabilidad en la transferencia de datos.
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencias.
- Alta seguridad en la transmisión de datos.
- Distancia entre los puntos de la instalación limitada, en el entorno doméstico estos problemas no existen.
- Elevado coste de los cables y las conexiones.
- Transferencia de gran cantidad de datos.

4) Conexión sin Hilos.

a) Infrarrojos

El uso de mandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos está ampliamente extendido en el mercado residencial para telecomandar equipos de Audio y Vídeo.

La comunicación se realiza entre un diodo emisor que emite una luz en la banda de IR, sobre la que se superpone una señal, convenientemente modulada con la información de control, y un fotodiodo receptor cuya misión consiste en extraer de la señal recibida la información de control.

Los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de los infrarrojos presentan gran comodidad y flexibilidad y admiten un gran número de aplicaciones.

Al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos domésticos o por los demás medios de transmisión (coaxial, cables pares, red de distribución de energía eléctrica, etc.). Sin embargo, habrá que tomar precauciones en el caso de las interferencias electromagnéticas que pueden afectar a los extremos del medio.

b) Radiofrecuencias

La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en la vivienda ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos y sencillos telemandos.

Este medio de transmisión puede parecer, en principio, idóneo para el control a distancia de los sistemas domóticos, dada la gran flexibilidad que supone su uso. Sin embargo, resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por los equipos domésticos.

Las ventajas e inconvenientes de los sistemas basados en transmisión por radiofrecuencias.

- Alta sensibilidad a las interferencias.
- Fácil interceptación de las comunicaciones.

2.2.5.3.- Protocolo de Comunicaciones

Una vez establecido el soporte físico y la velocidad de comunicaciones, un sistema domótico se caracteriza por el protocolo de comunicaciones que utiliza, que no es otra cosa que el idioma o formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para entenderse unos con otros y que puedan intercambiar su información de una manera coherente.

Dentro de los protocolos existentes, se puede realizar una primera clasificación atendiendo a su estandarización:

Protocolos estándar. Los protocolos estándar son los que de alguna manera son utilizados ampliamente por diferentes empresas y estas fabrican productos que son compatibles entre sí, como son el X-10, el EHS, el EIB y el BatiBus.

Protocolos propietarios. Son aquellos que, desarrollados por una empresa, solo son capaces de comunicarse entre sí.

2.2.5.4.- Preinstalación Domótica

La preinstalación domótica es la posibilidad de dejar preparada una vivienda para que, con el menor número de actuaciones, se le pueda instalar el sistema domótico en el momento en que el usuario lo demande. Para que un sistema pueda ofrecer una verdadera preinstalación domótica en una vivienda, ha de ser compatible con la instalación eléctrica actual, de tal manera que el usuario pueda, en la fase de construcción, elegir la preinstalación domótica y la instalación eléctrica convencional y con posterioridad, realizar cualquier tipo de automatización de su vivienda.

2.2.5.5.- Descripción del Tipo de Nodos

Una red domótica de arquitectura distribuida está compuesta por una serie de nodos que se conectan unos con otro a través del bus de comunicaciones, el cual lleva dos hilos para datos y dos para la alimentación. Así tenemos;

Nodos de Control Estándar: son los encargados de controlar los parámetros de cada estancia. Cada uno soporta dos circuitos independientes de conmutación y dos entradas extra para sensores. La funcionalidad del nodo depende del programa que se cargue en el nodo.

Nodos de Supervisión: son nodos dedicados a realizar la interfaz con el usuario. Cada función que el usuario necesita para supervisar y controlar el sistema está implementada en el correspondiente nodo. De esta manera, el usuario puede elegir para su vivienda las funciones que considere necesarias.

Nodos Exteriores: se agrupan aquellos que siendo de uso dedicado se instalan en el exterior de la vivienda. Dentro de ellos podemos destacar el nodo de sirena exterior y el nodo medidor de luz exterior.

Nodos de Comunicaciones: estos son nodos dedicados específicamente a soportar la red de comunicaciones de la vivienda. Routers o pasarelas.

2.2.5.6.- Unidad de Alimentación

La unidad de alimentación es la encargada de suministrar energía (110V/60 Hz) a los diferentes elementos activos de la red domótica (sensores, nodos, electroválvulas, etc.). La unidad de alimentación incorpora una batería (para vigilancia de intrusión) con autonomía suficiente para varias horas de ausencia de suministro eléctrico. Opcionalmente se puede suministrar la unidad de alimentación redundante para casos en los que se requiere una alta fiabilidad.

2.2.6.- Sistemas que Integran la Domótica

1. Sistema Domótico

El sistema domótico se liga a los aspectos “electrotécnicos”, a sus normas, reglamentos y usos:

- Encender / apagar, abrir / cerrar, regular, detectar, posicionar persianas, toldos, puertas, ventanas, iluminación, climatización, riego, electrodomésticos (línea blanca).
- Simulación de presencia, creación de escenas de iluminación.
- Gestión remota, Programación horaria, Gestión de la energía. Sistemas de seguridad técnica (humo, agua, gas, fallo suministro eléctrico, fallo línea telefónica, detección de presencia).
- Sistema de seguridad no conectados a una central receptora de alarmas (intrusión, detección de presencia, aperturas de puertas y ventanas, etc.).
- Seguridad personal (servicios SOS, tercera edad, conexión con hospital).

2. Sistema de Seguridad

Los sistemas de seguridad están reglamentados y sus aplicaciones y servicios:

Seguridad conectados a una central receptora de alarmas (intrusión, detección presencia, aperturas de puertas y ventana).

3. Sistema Multimedia

Los sistemas multimedia corresponden a los aspectos del ocio y entretenimiento:

- Audio/Vídeo.
- El cine en casa.
- Juego en red.
- Televisión interactiva y videos bajo demanda.

4. Sistemas de Comunicación

Los sistemas de comunicación corresponden a los aspectos de acceso a redes de comunicaciones, tales como la red telefónica, la red de la televisión o las redes de tecnologías de la información.

2.2.7.- Aplicaciones de la Domótica

La domótica aporta a la vivienda tradicional la posibilidad de controlar y gestionar de forma eficiente los sistemas existentes y equipos ya instalados (Sistemas de alarma, TV, teléfono, agua, cocina, refrigerador, eléctrico,...), mediante un sistema de gestión técnica inteligente, con el objetivo de permitir una mejor calidad de vida al usuario de dicha vivienda.

Las áreas típicas del hogar a las que más directamente afecta son:

Ahorro Energético: El ahorro energético no es algo tangible, sino un concepto al que se puede llegar de muchas maneras. En muchos casos no es necesario sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos sino una gestión eficiente de los mismos.

- Climatización: programación y zonificación.
- Gestión eléctrica.
- Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.
- Gestión de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.
- Uso de energías renovables.

Confort: Conlleva todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo que mejoren el confort en una vivienda. Dichas actuaciones pueden ser de carácter tanto pasivo, como activo o mixtas.

Iluminación:

- Apagado general de todas las luces de la vivienda.
- Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
- Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
- Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
- Integración del portero al teléfono, o del videoportero al televisor.
- Control vía Internet.
- Gestión Multimedia y del ocio electrónico.
- Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario.

Seguridad: Consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los bienes patrimoniales y la seguridad personal.

- Simulación de presencia.
- Alarmas de Detección de incendio, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes.

- Alerta médica. Teleasistencia.
- Cerramiento de persianas puntual y seguro.
- Acceso a Cámaras IP.

Comunicaciones: Son los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar.

Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos (p.ej. PDA con WiFi), aparellaje eléctrico.

- Transmisión de alarmas.
- Intercomunicaciones.

Telegestión y Accesibilidad: Diseño para todos, un diseño accesible para la diversidad humana, la inclusión social y la igualdad. Este enfoque constituye un reto Ético y creativo. Donde las personas con discapacidad reducida puedan acceder a estas tecnologías sin temor a un obstáculo del tipo de tecnología o arquitectura.

2.3.- Telefonía Móvil

Una de las tecnologías inalámbricas que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular. Desde sus inicios a finales de los 70 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 seguras y las hace más productivas.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para la voz, la tecnología celular de hoy es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video con algunas limitaciones. Sin embargo, la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho de banda.

2.3.1.- 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 Estados Unidos, mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1979 cuando aparecieron los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón por la compañía NTT.

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

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 dar cabida a más usuarios.

Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones. A continuación, se describe cada una de ellas.

2.3.2.- Las Generaciones de la Telefonía Inalámbrica

2.3.2.1.- Primera Generación (1G)

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2400 bauds). En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA, Frequency Division Multiple

Access) y, además, la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

2.3.2.2.- 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 se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 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 por voz, pero limitados en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service).

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

2.3.2.3.- Generación 2.5 G

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

La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como: GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B e IS-95Bm entre otros.

2.3.2.4.- Tercera Generación 3G

La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Asimismo, en un futuro próximo los sistemas 3G alcanzarán velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También 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*).

2.3.2.5.- La Cuarta Generación 4G

La 4G estará basada totalmente en IP siendo un sistema de sistemas y una red de redes, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en ordenadores, dispositivos eléctricos y en tecnologías de la información así como con otras convergencias para proveer velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a

punta (end-to-end) de alta seguridad para permitir ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo costo posible.

El WWRF (Wireless World Research Forum) define 4G como una red que funcione en la tecnología de Internet, combinándola con otros usos y tecnologías tales como Wi-Fi y WiMAX. La 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata.

El concepto de 4G englobado dentro de 'Beyond 3-G' incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como MIMO y OFDM. Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP, serán LTE ('Long Term Evolution') para el acceso radio, y SAE ('Service Architecture Evolution') para la parte núcleo de la red.

Como características principales tenemos:

- Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio.
- La red completa prevista es todo IP.
- Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente (con un ancho de banda en ambos sentidos de 20Mhz).
- Los nodos principales dentro de esta implementación son el 'Evolved Node B' (BTS evolucionada), y el 'System Access Gateway', que actuará también como interfaz a internet, conectado directamente al Evolved Node B. El servidor RRM será otro componente, utilizado para facilitar la inter-operabilidad con otras tecnologías.
- Tanto WiMax como LTE son tecnologías rivales en el mercado de cuarta generación de redes móviles, o 4G.

2.4.- Red de Celdas

La gran idea del sistema celular es la división de la ciudad en pequeñas células o celdas. Esta idea permite la re-utilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo.

En un sistema típico de telefonía análoga de los Estados Unidos, la compañía recibe alrededor de 800 frecuencias para usar en cada ciudad. La compañía divide la ciudad en celdas. Cada celda generalmente tiene un tamaño de 26 kilómetros cuadrados.

Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos (figuras de seis lados), en una gran rejilla de hexágonos.

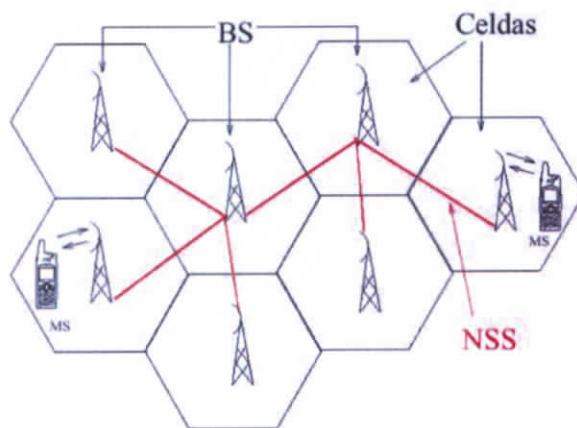


Figura 9. Ejemplo de una Red de Celdas

Cada celda tiene una estación base que consiste de una torre y un pequeño edificio que contiene el equipo de radio.

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.

Un proveedor de servicio celular típicamente recibe 832 radio frecuencias para utilizar en una ciudad. Cada teléfono celular utiliza dos frecuencias por llamada, por lo que típicamente hay 395 canales de voz por portador de señal. (Las 42 frecuencias restantes son utilizadas como canales de control). Por lo tanto, cada celda tiene alrededor de 56 canales de voz disponibles.

En otras palabras, en cualquier celda, pueden hablar 56 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.

Los teléfonos celulares tienen adentro transmisores de bajo poder. Muchos teléfonos celulares tienen dos intensidades de señal: 0.6 watts y 3.0 watts (en comparación, la mayoría de los radios de banda civil transmiten a 4 watts).

La estación central también transmite a bajo poder. Los transmisores de bajo poder tienen dos ventajas:

- Las transmisiones de la base central y de los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo tanto, cada celda puede re-utilizar las mismas 56 frecuencias a través de la ciudad.
- El consumo de energía del teléfono celular, que generalmente funciona con baterías, es relativamente bajo. Una baja energía significa baterías más pequeñas, lo cual hace posibles los teléfonos celulares.

La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño. Una ciudad grande puede llegar a tener cientos de torres. Cada ciudad necesita tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región.

2.5.- Telefonía Celular

El ejemplo más común de una red celular es la red de teléfonos móviles (o telefonía celular). Un teléfono móvil es un dispositivo portátil que recibe o realiza llamadas a través de una celda (estación base), o torre de transmisión. Se utilizan ondas de radio para transferir señales hacia y desde el teléfono celular.

Grandes áreas geográficas (que representa la cobertura de un proveedor de servicio) son divididas en celdas pequeñas para lidiar con las pérdidas de las señales de *línea de visión* y el gran número de teléfonos activos en un área.

Cada celda tiene un rango de .25 a 20 o más millas, típicos son los valores entre .5 y 5 millas, solapándose unas con otras. Todas las celdas están conectadas a conmutadores para comunicarse con líneas de la red de telefonía pública u otros conmutadores de otras compañías de telefonía móvil.

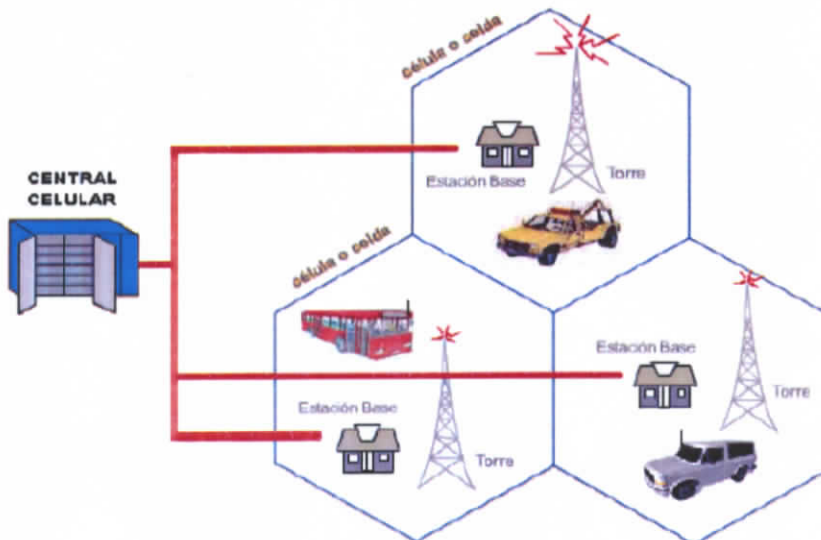


Figura 10. Red de Teléfonos Móviles

Cuando un usuario de telefonía móvil se mueve de una celda a otra, el conmutador automáticamente indica al dispositivo y a la celda con la señal más fuerte (indicada por el dispositivo) a trasladarse a un nuevo canal de radio (frecuencia).

Cuando el dispositivo responde a través de la nueva celda, el conmutador de intercambio lo conecta a ésta.

2.6.- Teléfono Celular

Los celulares son dispositivos electrónicos con diseños intrincados, con partes encargadas de procesar millones de cálculos por segundo para comprimir y descomprimir el flujo de voz.



Figura 11. Teléfono Celular Abierto

Si usted desarma un teléfono celular, podrá encontrar que contiene las siguientes partes:

- Un circuito integrado que contiene el cerebro del teléfono.
- Una antena.
- Una pantalla de cristal líquido (LCD).
- Un teclado pequeño.
- Un micrófono.

- Una bocina.
- Una batería.



Figura 12. Partes de un Teléfono Celular

2.7.- Tecnologías de Acceso Celular

El requerimiento principal de una red en el concepto celular es encontrar una manera de que cada estación distribuida distinga la señal de su propio transmisor de la señal de otros transmisores.

Hay dos soluciones a esto, acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA del inglés *Frequency Division Multiple Access*) y multiplexación por división de código (CDMA del inglés *Code Division Multiple Access*).

Otros métodos disponibles de multiplexación como la de acceso múltiple por división de polarización (PDMA del inglés *Polarisation Division Multiple Access*) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA del inglés *Time Division Multiple Access*) no pueden ser usados para separar las señales de una celda con la de su vecina ya que los efectos varían con la posición y esto hace que la separación de la señal sea prácticamente imposible.

En la actualidad existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

- Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés).

- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés).
- Acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés).

Aunque estas tecnologías suenan complicadas, usted puede tener una idea de cómo funcionan examinando cada palabra de los nombres.

La diferencia primordial yace en el método de acceso, el cual varía entre:

- Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA.
- Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA.
- Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en la tecnología CDMA.

La primera parte de los nombres de las tres tecnologías (Acceso múltiple), significa que más de un usuario (múltiple) puede usar (accesar) cada celda.

2.7.1.- FDMA

El Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access o FDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicas, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM.

En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar, sin interferirse entre sí.

Los usuarios pueden compartir el acceso a estos distintos canales por diferentes métodos como TDMA, CDMA o SDMA, siendo estos protocolos usados indistintamente en los diferentes niveles del modelo OSI.

En algunos sistemas, como GSM, el FDMA se complementa con un mecanismo de cambio de canal según las necesidades de la red lo precisen, conocido en inglés como *frequency hopping* o "saltos en frecuencia".

Su primera aparición en la telefonía móvil fue en los equipos de telecomunicación de Primera Generación (años 1980), siendo de baja calidad de transmisión y una pésima seguridad. La velocidad máxima de transferencia de datos fue 240 baudios.

Características:

- Tecnología muy experimentada y fácil de implementar.
- Gestión de recursos rígida y poco apta para flujos de tránsito variable.
- Requiere duplexor de antena para transmisión duplex.
- Se asignan canales individuales a cada usuario.
- Los canales son asignados de acuerdo a la demanda.
- Normalmente FDMA se combina con multiplexing FDD.

2.7.2.- TDMA

La multiplexación por división de tiempo (TDM) es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión.

El Acceso múltiple por división de tiempo (*Time Division Multiple Access* o *TDMA*, del inglés) es una técnica de multiplexación que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias.

Mediante el uso de TDMA se divide un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo (seis en D-AMPS y PCS, ocho en GSM).

A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

Características:

- Se utiliza con modulaciones digitales.
- Tecnología simple y muy probada e implementada.
- Adecuada para la conmutación de paquetes.
- Requiere una sincronización estricta entre emisor y receptor.
- Requiere el Time advance.

2.7.3.- CDMA

La multiplexación por división de código, acceso múltiple por división de código o CDMA (del inglés *Code Division Multiple Access*) es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basados en la tecnología de espectro expandido.

La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible.

Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no deben interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volumen y calidad, entre ambas tecnologías.

Características:

- La capacidad aumenta de 8 a 10 veces respecto al sistema AMPS y de 4 a 5 veces respecto de GSM.
- Mejor calidad de llamada con sonido más claro.
- Sistema simplificado que usa la misma frecuencia en cada sector de cada célula.

- Mejora las características de cobertura.
- Las transmisiones no pueden ser fácilmente interceptadas y descifradas por usuarios no autorizados, que no posean el código.

Una diferencia entre CDMA y TDMA es que en la primera, no es necesario un sincronismo entre grupos de usuarios (sólo es necesario entre el transmisor y el receptor en un grupo). Es decir, una vez que se logró la sincronización entre el transmisor y el receptor del PN, se puede realizar la comunicación.

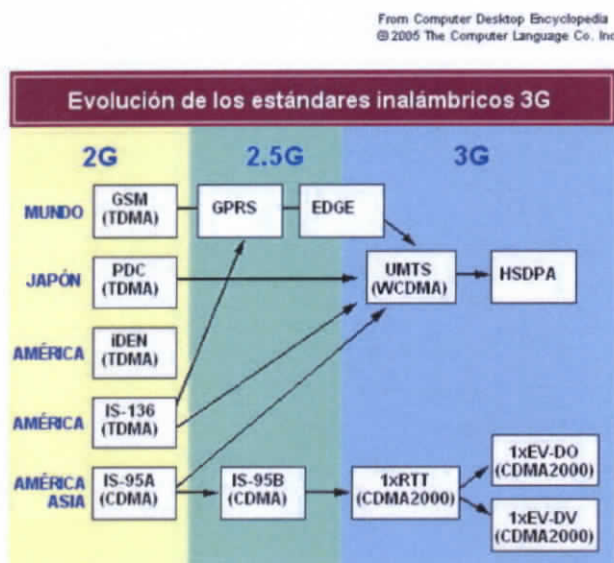


Figura 13. Evolución del Estándar Inalámbrico

2.8.- Arquitectura de una Red GSM

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM, proviene de "Groupe Special Mobile") es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.

Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y puede hacer, enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por

Internet, acceso seguro a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de Mensajes Cortos (SMS) o mensajes de texto.

GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA).

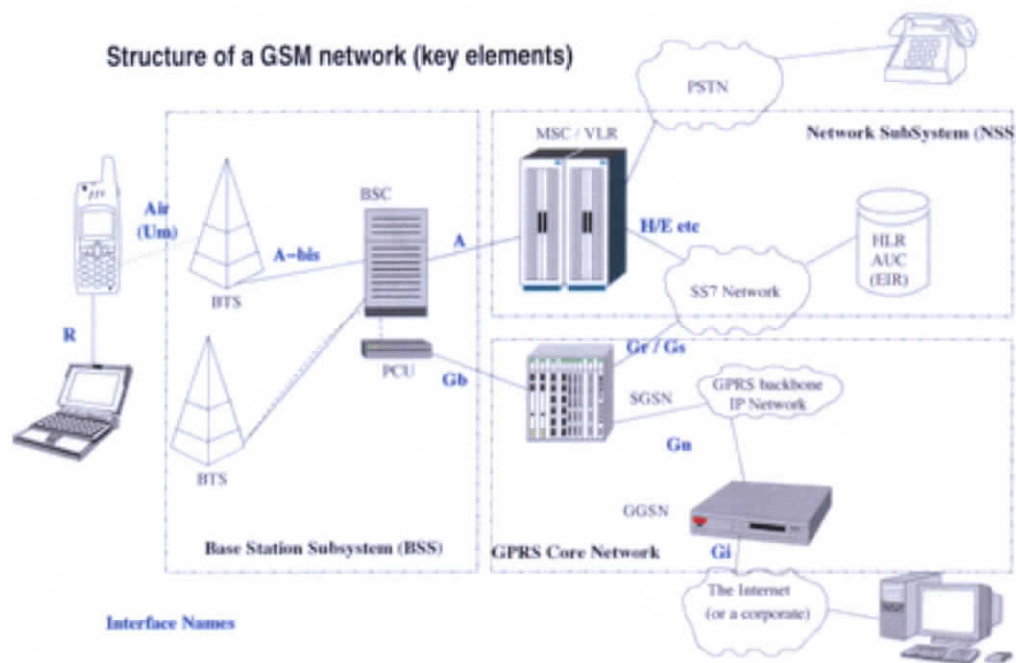


Figura 14. Estructura GSM

2.9.- Problemas con los Teléfonos Celulares

Los teléfonos celulares tienen varias desventajas que debe conocer. Vale aclarar que las desventajas no son necesariamente defectos o fallas en el diseño de un teléfono celular, sino sólo son parte de la naturaleza del producto. En la mayoría de los casos, estas desventajas tienen que ver con el enlace de radio entre el teléfono celular y una estación

de celda. Los problemas de los teléfonos celulares pueden agruparse en cuatro categorías fundamentales:

- Pérdidas de señal.
- Zonas Muertas.
- Problemas de baterías.
- Intimididad.

2.9.1.- Pérdidas de Señal

Un problema inherente a las señales de radio en la gama de 800 a 900 MHz (banda de comunicaciones celulares) es que las señales tienden a moverse sólo en líneas rectas a partir de su antena. Dichas ondas de radio de alta frecuencia son debilitadas o atenuadas por la humedad de la atmósfera, reflejada por edificios y superficies lisas tales como agua y pueden ser bloqueadas completamente por obstáculos geográficos grandes como montañas y colinas.

Cuando su teléfono celular está en movimiento, la intensidad de la señal recibida puede disminuir lo suficiente en algunos casos como para causar interrupciones breves de la señal recibida.

Otra causa común de la pérdida de la señal ocurre cuando uno se aproxima a la región fronteriza de un área de servicio en la que no existen otras estaciones que acepten la transferencia de su conversación.

2.9.2.- Zonas Muertas

En principio, las zonas muertas ocurren por las mismas razones generales que las pérdidas de señal, aunque el área de cobertura débil se presenta a escala mucho mayor. La pérdida de las señales recibidas puede ser tanto tiempo que la estación de celdas

interpreta la pérdida de señal como haber colgado. La estación de celda responde dejando libre el canal perdido, resignando los canales según lo necesiten otras llamadas.

Áreas con colinas, montañosas o urbes densas, a menudo experimentan zonas muertas. Las señales son absorbidas o reflejadas; evitando que las ondas de radio se propaguen hasta el área deseada. Algunas veces una zona muerta puede eliminarse cambiando la localización de la estación de celda dividiendo la celda para añadir estaciones adicionales que cubran adecuadamente el área afectada.

2.9.3.- Problemas de Baterías

Los teléfonos celulares son alimentados por paquetes de baterías recargables de NiCad (Níquel/Cadmio). Aunque las baterías de NiCad son un método conveniente y efectivo para alimentar el teléfono, tienen varias desventajas a saber.

Las baterías de NiCad tienen una densidad de energía algo menor a las baterías no recargables. Terminan descargándose por completo por el sólo hecho de dejarlas guardadas a menos que reciban una carga lenta o reserva constante, las celdas de NiCad pueden dejar de funcionar simplemente por desgaste normal.

La carga y descarga constante pueden originar tensiones físicas en la batería que con el tiempo pueden hacer que deje de servir y sea incapaz de mentaren una carga apreciable. Cuando ocurre esto, el paquete de baterías debe reemplazarse.

Actualmente se han desarrollado nuevas batería como las de níquel/metal que poseen muchas mejoras con respecto a las anteriormente mencionadas; mayor capacidad y ausencia de "memoria" son algunas de ellas.

El desarrollo de baterías para el uso de celulares sigue en marcha y la comercialización de las nuevas: litio/ion es una muestra de ello.

2.9.4.- Intimidad

Es importante tener en cuenta que el teléfono celular, es en gran medida, un radiotransceptor. El enlace entre su teléfono celular y la estación de celda más cercana está compuesto por ondas electromagnéticas públicas.

Cualquier persona con un receptor sintonizado ya sea a su canal de frecuencia de transmisión o recepción podrá oír por lo menos la mitad de la conversación que ocupa ese canal.

La transmisión y recepción se realizan a dos frecuencias diferentes y, por consiguiente, un oyente secreto no puede escuchar ambas partes de una conversación simultáneamente.

Los teléfonos celulares típicamente tienen un alcance de varios kilómetros, por lo que un oyente secreto tendría que estar cerca para poder oírlo con claridad.

Además, cuando un teléfono celular está en movimiento, hay un cambio de canales de conversación cuando se realiza la transferencia entre celdas. Un oyente secreto tendría que seguirlo y poder buscar entre los 666 canales el correspondiente a la conversación.

Para evitar la remota posibilidad de ser escuchados secretamente por medios electrónicos, una nueva generación de accesorios de teléfonos celulares emplea procesamiento digital de señales y técnicas de compresión para codificar la voz transmitida y decodificar la voz recibida en el teléfono destino.

La persona que llama del otro extremo de la conversación, también debe tener un acceso similar con el mismo patrón de seguridad.

Cualquier señal de voz transmitida por ondas electromagnéticas públicas estaría codificada y sería ininteligible para cualquier persona que pudiera estar escuchando sin un decodificador codificado correctamente.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA

3.1.- Introducción

En este capítulo se describe los parámetros utilizados en el diseño del hardware, así como los elementos, dispositivos electrónicos utilizados en su construcción.

En el presente proyecto se desarrolla un circuito electrónico que permite decodificar una cadena de tonos DTMF proveniente de un teléfono celular conectado directamente al circuito para evitar interferencia. El circuito utiliza un integrado decodificador de tonos que se encarga de escuchar permanentemente a la espera de un tono y cuando lo recibe, lo decodifica y lo coloca en binario en sus salidas, las cuales están conectadas a un microprocesador el cual recibe estos datos y los interpreta de acuerdo al programa desarrollado e implementado en su memoria interna.

Luego de ser interpretada los datos por parte del microprocesador, este a través de varios circuitos electrónicos podrá realizara el control de cargas de hasta 220 VAC.

3.2.- Dispositivos Electrónicos Usados en la Construcción del Hardware

3.2.1.- Descripción de los Microcontroladores PIC 16f87x

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene la arquitectura, similar a la de un computador (CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida).

Los microcontroladores PIC (Peripheral Interfase Controler), en cambio son una familia de microcontroladores CMOS de 8 bits, alta velocidad, de bajo costo y excelente rendimiento, utilizados para la interacción con dispositivos periféricos.

Los microcontroladores PIC de Microchip se programan en lenguaje Assembler y cada microcontrolador PIC varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante.

Estos poseen una memoria interna, que almacena dos tipos de datos: las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

Los PIC16F87X forman una subfamilia de microcontroladores PIC (*Peripheral Interface Controller*) de gama media de 8 bits, fabricados por Microchip Technology Inc.

Cuentan con memoria de programa de tipo EEPROM Flash mejorada, lo que permite programarlos fácilmente usando un dispositivo programador de PIC.

Esta característica facilita sustancialmente el diseño de proyectos, minimizando el tiempo empleado en programar los microcontroladores (μC).

Esta subfamilia consta de los siguientes modelos que varían de acuerdo a prestaciones, cantidad de terminales y encapsulados:

- PIC16F870
- PIC16F871
- PIC16F872
- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

La "A" final de los modelos PIC16F873A, PIC16F874A, PIC16F876A y PIC16F877A indica que estos modelos cuentan con módulos de comparación analógicos.

El hecho de que se clasifiquen como microcontroladores (MCU) de 8 bits hace referencia a la longitud de los datos que manejan las instrucciones, y que se corresponde con el tamaño del bus de datos y el de los registros de la CPU.

Se trata de versiones mejoradas del caballo de batalla PIC16F84, muy empleado en proyectos sencillos, de educación y de entrenamiento.

3.2.1.1.- Características Principales

Las características principales de estos dispositivos son:

- CPU de arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- Set de 35 instrucciones.
- Frecuencia de reloj de hasta 20MHz (ciclos de instrucción de 200ns).
- Todas las instrucciones se ejecutan en un único ciclo de instrucción, excepto las de salto.
- Hasta 8K x 14 palabras de Memoria de Programa FLASH (ver tabla a continuación).
- Hasta 368 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo RAM (ver tabla a continuación).
- Hasta 256 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo EEPROM (ver tabla a continuación).
- Hasta 15 fuentes de Interrupción posibles.
- 8 niveles de profundidad en la Pila hardware.
- Modo de bajo consumo (Sleep).
- Tipo de oscilador seleccionable (RC, HS, XT, LP y externo).
- Rango de voltaje de operación desde 2,0V a 5,5V.
- Conversión analógico/digital de 10 bits multicanal.
- 3 Temporizadores.
- Watchdog Timer o Perro Guardián.
- 2 módulos de captura/comparación/PWM.
- Comunicaciones por interfaz USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter).

- Puerto Paralelo Esclavo de 8 bits (PSP).
- Puerto Serie Síncrono (SSP) con SPI e I²C.

Detalles según modelo:

Modelo	Memoria de programa Flash (palabras de 14 bits)	Memoria de datos SRAM (bytes)	Memoria de datos EEPROM (bytes)	Líneas de E/S	Canales A/D	PWM	MSSP		USART	Comparadores
							SPI	PC Maestro		
PIC16F870	2048	128	64	22	5	1	No	No	Sí	No
PIC16F871	2048	128	64	33	8	1	No	No	Sí	No
PIC16F872	2048	128	64	22	5	1	Sí	Sí	No	No
PIC16F873A	4096	192	128	22	5	2	Sí	Sí	Sí	Sí (2)
PIC16F874A	4096	192	128	33	8	2	Sí	Sí	Sí	Sí (2)
PIC16F876A	8192	368	256	22	5	2	Sí	Sí	Sí	Sí (2)
PIC16F877A	8192	368	256	33	8	2	Sí	Sí	Sí	Sí (2)

Tabla 6. Características de los PIC's

3.2.1.2.- Estructura Interna

Estos microcontroladores tienen la memoria de programa y la memoria de datos separadas, lo que se conoce como arquitectura Harvard.

Esta configuración interna permite entre otras cosas acceder a las instrucciones de programa y a los datos simultáneamente a través de buses diferentes, lo que mejora notablemente la velocidad de proceso de estos dispositivos.

3.2.1.3.- Circuitería Externa Auxiliar

Para que el microcontrolador sea capaz de funcionar en cualquier proyecto, se necesita al menos la siguiente circuitería externa:

Alimentación. Los dispositivos de la familia PIC16F87X admiten un amplio rango de tensiones de alimentación, que va de 2,0 V a 5,5 V. La tensión a la cual se alimenten determinará la frecuencia máxima de trabajo. La potencia máxima disipada es de 1 W.

El Reloj u Oscilador. Se utiliza para generar la base de tiempo del microcontrolador. Para la conexión del oscilador se emplean los terminales OSC1 y OSC2 del dispositivo. Los microcontroladores PIC16F87X emplean por cada ciclo de instrucción cuatro ciclos de reloj. Puede trabajar a una frecuencia de reloj máxima de 20 MHz.

La señal de reloj puede generarse mediante una red resistencia-condensador, un cristal de cuarzo piezoeléctrico o un resonador cerámico, aunque empleando cristales de cuarzo se consiguen frecuencias de oscilación muy exactas, lo cual es útil para calcular tiempos de ejecución, temporizaciones precisas, etc.

Estos microprocesadores permiten escoger entre cinco tipos distintos de osciladores:

- LP (Low Power): reloj de bajo consumo, estable, con frecuencia de oscilación de hasta 200 kHz.
- XT (Xtal, Crystal): estable, frecuencia de oscilación de hasta 4 MHz.
- HS (High Speed): estable, frecuencia de oscilación de hasta 20 MHz.
- RC (Resistor/Capacitor): frecuencia de oscilación dependiente de resistencia, condensador, voltaje de alimentación y temperatura de trabajo. Es el tipo más económico, pero también el más inestable.
- Externo: cuando la señal de reloj es externa, generada por otro circuito.

Los modos LP, XT y HS suponen la conexión de un cristal de cuarzo o resonador cerámico entre las patitas OSC1/CLKIN y OSC2/CLKOUT del dispositivo, mientras que el modo RC y Externo solo ocupan la patita OSC1/CLKIN.

El Circuito de Reinicio. El terminal MCLR (Master Clear) debe estar a valor lógico alto para que el dispositivo funcione normalmente, esto es, sin irse a reinicio. Con un

valor lógico bajo el dispositivo se reinicia, comenzando la ejecución desde el principio del programa que tenga cargado en memoria.

Lo más práctico, para facilitar el hecho de poder realizar un reinicio manual, es utilizar un pulsador (pulsador de reinicio), similar al que se puede encontrar en la mayoría de ordenadores. El fabricante recomienda que se intercale una resistencia de 50 a 100 ohmios entre el pulsador y la patita MCLR, para evitar posibles corrientes inducidas de más de 80 mA que podrían bloquear el dispositivo cuando este se lleva a masa (reinicio).

3.2.1.4.- Memoria Interna

Existen tres bloques bien diferenciados de memoria. Estos son:

Memoria de programa **EEPROM Flash**: es el lugar físico donde se guarda el programa de usuario. Es de tipo no volátil.

Memoria de datos **EEPROM**: es el lugar físico donde se guardan datos. Es de tipo no volátil.

Memoria de datos **SRAM**: esta memoria es de tipo volátil, lo que significa que no conserva su contenido después de un apagado de alimentación. En esta memoria se encuentran los registros de funciones especiales (SFR) y los registros de propósito general (GPR), y está particionada en cuatro bancos (0, 1, 2 y 3), seleccionables independientemente. El banco 0 es el banco seleccionado por defecto cuando se alimenta al microcontrolador.

3.2.2.- Decodificador de Tonos CM8870

El integrado CM8870 proporciona una completa capacidad de recepción de tonos DTMF, integrando un filtro band-split y las funciones de un decodificador digital encapsulado en un solo integrado de 18 pines.

El CM8870 es fabricado usando un innovador proceso de tecnología CMOS, el cual permite obtener un bajo consumo de potencia (35mW, máximo) y precisión en el manejo de los datos. El decodificador CM8870 usa la técnica de conteo digital para la detección y decodificación de todos los 16 pares de tonos DTMF transformándolos en un código de 4 bits. En la recepción DTMF minimiza el conteo de componentes externas.

Para generar el conteo del reloj requiere sólo de un cristal de televisión de bajo costo o un resonador cerámico como un componente externo.

3.2.2.1.- Características

- Opera con fuente de alimentación de 5 voltios.
- Recepción de todos los tonos DTMF.
- Bajo consumo de potencia (35 mW máximo).
- Rango de temperatura industrial.
- Requiere muy pocos elementos externos.
- Tiempos ajustables de adquisición y liberación.
- Control de ganancia interna del amplificador.
- Posee latch en las líneas de salida.

Absolute Maximum Ratings		
Symbol	Parameter	Value
V_{DD}	Power Supply Voltage (V_{DD}, V_{SS})	6V MAX
Vdc	Voltage on any Pin	$V_{SS} - 0.3V$ to $V_{DD} + 0.3V$
I_{DD}	Current on any Pin	10mA MAX
T_A	Operating Temperature	-40 C to 85 C
T_S	Storage Temperature	-65 C to 150 C

Tabla 7. Niveles Máximos Absolutos

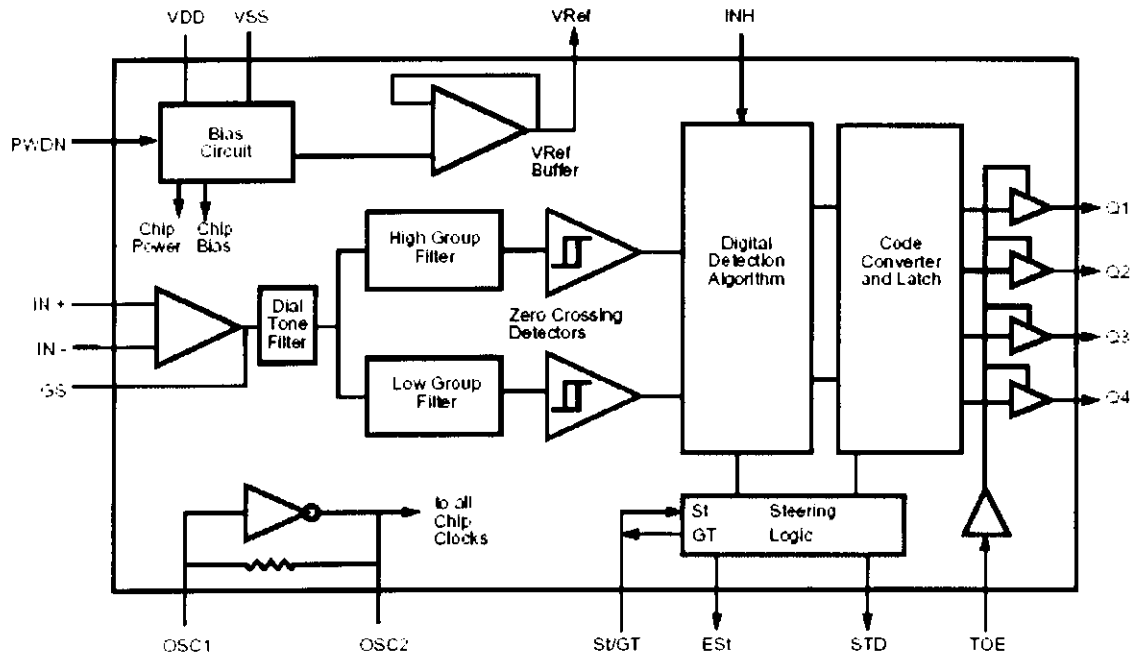


Figura 15. Diagrama Funcional de Bloques del CM8870

3.2.2.2.- Descripción Funcional

La arquitectura interna del CM8870 se compone de una sección de filtro band-split, la cual separa los tonos altos y los tonos bajos seguido por un decodificador digital el cual verifica la frecuencia y duración de los tonos recibidos antes de pasar el resultado a código de 4 bits en el bus de salida.

Los grupos de tonos altos y bajos son separados y almacenados para luego aplicar esta señal de tono dual a la entrada de dos filtros pasa banda de 9th orden.

El ancho de banda de estos filtros corresponde a las bandas que encierran los grupos de tonos bajos y altos. Esta sección de filtro además incorpora una ventana en las frecuencias de 350 Hz y 440 Hz lo cual provee un excelente rechazo de tonos duales.

La sección de decodificación del CM8870 usa una técnica de conteo digital para determinar las frecuencias límites de los tonos y para verificar que estos tonos correspondan al estándar de frecuencias DTMF.

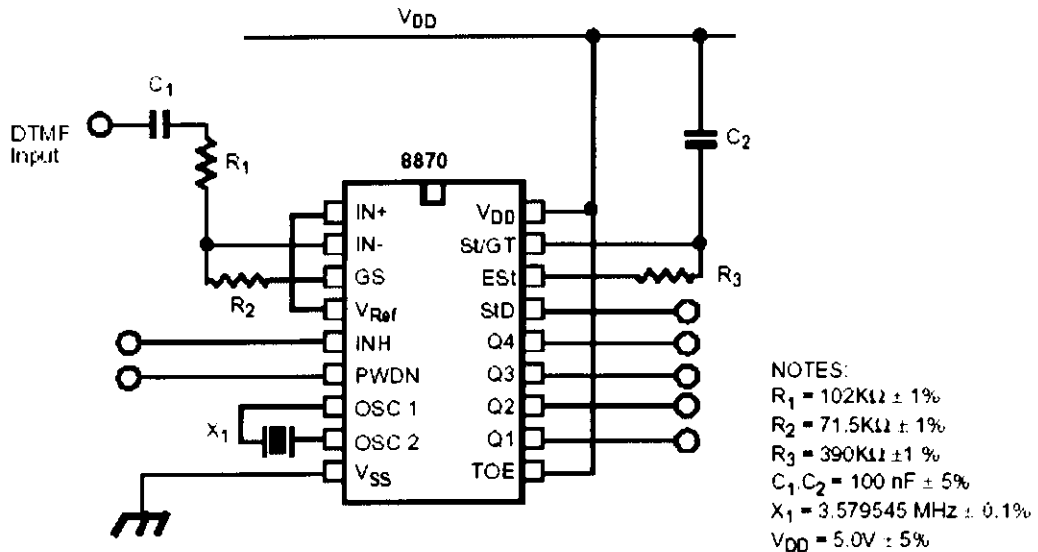


Figura 16. Configuración de Entradas

Un complejo algoritmo de promediación es usado para proteger contra la simulación de tonos por señales externas (como la voz) aun cuando las tolerancias provengan de variaciones de frecuencia pequeñas.

El circuito de reloj interno es completado con la adición de un cristal estándar cuya frecuencia es de 3.579545MHz.

Pin Function		
Name	Function	Description
IN+	Non-inverting input	Connection to the front-end differential amplifier
IN-	Inverting input	Connection to the front-end differential amplifier
GS	Gain select	Gives access to output of front-end differential amplifier for connection of feedback resistor.
V _{REF}	Reference output Voltage (nominally V _{DD} /2)	May be used to bias the inputs at mid-rail.
INH	Inhibits detection of tones	Represents keys A, B, C, and D
OSC3	Digital buffered oscillator output	
PD	Power down	Logic high powers down the device and inhibits the oscillator.
OSC1	Clock input	3.579545MHz crystal connected between these pins completes internal oscillator
OSC2	Clock output	3.579545MHz crystal connected between these pins completes internal oscillator
V _{SS}	Negative power supply	Normally connected to GND
TOE	Three-state output enable (Input)	Logic high enables the outputs Q1-Q4. Internal pull-up.
Q1 Q2 Q3 Q4	Three-state outputs	When enabled by TOE, provides the code corresponding to the last valid tone pair received. (See Figure 2).
STD	Delayed Steering output	Presents a logic high when a received tone pair has been registered and the output latch is updated. Returns to logic low when the voltage on ST/GT falls below V _{TSI} .
EST	Early steering output	Presents logic high immediately when the digital algorithm detects a recognizable tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause EST to return to a logic low.
ST/GT	Steering input (guard time output (bidirectional))	A voltage greater than V _{TSI} detected at St causes the device to register the detected tone pair. The GT output acts to reset the external steering time constant, and its state is a function of EST and the voltage on St. (See Figure 2).
V _{DD}	Positive power supply	
IC	Internal connection	Must be tied to V _{SS} (for 8870 configuration).

Tabla 8. Descripción de la Función de Cada Pin

Digit	TOE	INH	ESt	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
.	H	X	H	1	0	1	1
≠	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected. the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Tabla 9. Tabla Funcional de Códigos

3.2.3.- Display de Cristal Líquido (LCD)

3.2.3.1.- Aspecto Físico

El LCD tiene un aspecto físico como el mostrado en la figura 1. Está constituido por un circuito impreso en el que están integrados los controladores del display así como los pines para la conexión del display.

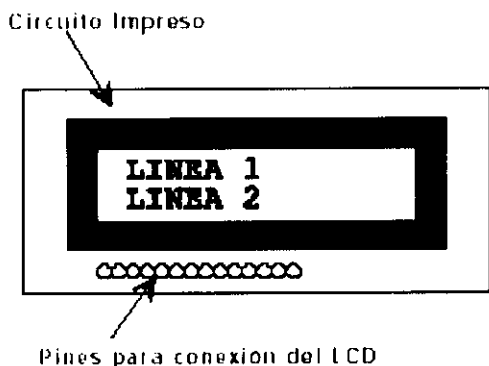


Figura 17. Aspecto Físico del LCD

Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege. En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $2 \times 16 = 32$ caracteres, como se muestra en la figura 2. A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. Es el usuario el que especifica los 16 caracteres que se van a visualizar.

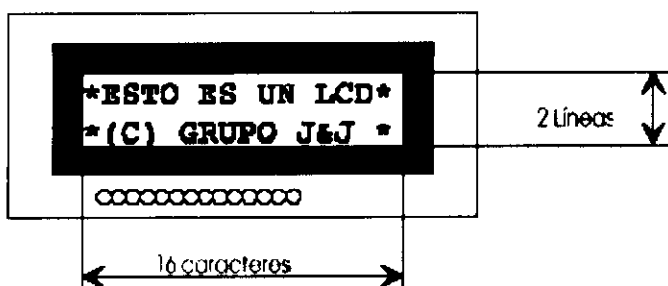


Figura 18. Capacidad de Visualización de Caracteres del Display

El módulo LCD o pantalla de cristal líquido, tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos vienen ya con toda la lógica de control pre-programada y con un consumo de corriente mínimo.



Figura 19. Display de Cristal Líquido

Un LCD está formado por varios componentes ubicados en una pequeña placa PCB, y son los siguientes:

- Un controlador.
- Un driver de expansión.
- Una pantalla LCD.
- Un conector para realizar la conexión con el circuito de control.

La mayoría de los LCD se basan en el controlador Hitachi HD44780 que se ha convertido en un estándar, su función es procesar los comandos y datos que recibe por el conector y controlar la pantalla LCD.



Figura 20. Lado Posterior de un LCD

3.2.3.2.- Descripción y Función de los Pines de un LCD

El conector tiene 14 pines en línea, si el LCD dispone de retroiluminación existirán dos pines adicionales.

# pin	Simbolo	Descripción
1	Vss	Patilla de tierra de alimentación
2	Vdd	Patilla de alimentación de +5V
3	Vo	Patilla de contraste. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	Rs	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	Rw	Señal de lectura/escritura R/W=0 El Módulo LCD es escrito R/W=1 El Módulo LCD es leído
6	E	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado. no funcionan el resto de señales E=1 Modulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informatico que lo gestiona
15	A	Alimentación del backlight +3,5 V o +5 V CC
16	K	Tierra GND del backlight

Tabla 10. Descripción de Señales Empleadas por el Módulo LCD y Número de Pines a la que Corresponden.

La tensión nominal de alimentación es de 5 V DC con un consumo inferior a 5 mA. Todas las señales son TTL, es decir 0 = 0 V y 1 = 5V. El funcionamiento de un LCD es mayoritariamente estándar, se controlan de formas muy parecidas, incluso cuando no coinciden el número de caracteres.

3.2.3.3.- La Memoria del LCD

El LCD dispone de de tres tipos de memorias independientes:

1. **CG ROM:** en ella está la tabla de caracteres que se pueden representar. Tiene dos plantillas, una de 204 caracteres de 5x8 puntos y otra de 32 caracteres de 5x10 puntos.
2. **CG RAM:** es la memoria que contiene los caracteres definibles por el usuario. Está formada por 64 posiciones, con direcciones \$00-\$3F. Cada posición es de 5 bits. La memoria está dividida en 8 bloques, correspondiendo cada bloque a un carácter definible por el usuario. Por ello el usuario puede definir como máximo 8 caracteres, cuyos códigos van del 0 al 7.
3. **DD RAM:** en esta memoria se almacenan los caracteres que están siendo visualizados o que se encuentran en posiciones no visibles. El display almacena en esta memoria dos líneas de 40 caracteres pero sólo se visualizan 2 líneas de 16 caracteres. Por ello la DD RAM tiene un tamaño de $2 \times 40 = 80$ bytes.

Debido a esta peculiar disposición de la DD RAM se puede pensar en el display como un display virtual constituido por dos líneas de 40 caracteres cada una (Fig. 6). La posición situada más a la izquierda de cada línea es la posición 1 y la situada más a la derecha es la posición 40.

Para localizar los elementos dentro del display virtual se va a utilizar un par de coordenadas (x, y) donde x representa la posición horizontal (comprendida entre 1-40) e y representa la línea (1-2).

El display real es una ventana en la que se visualizan dos líneas de 16 caracteres. Es lo que el usuario está viendo. En el ejemplo de la figura 6 se encuentra almacenado en la línea 1 del display virtual el mensaje: “ESTO ES UNA PRUEBA DE UN MENSAJE”.

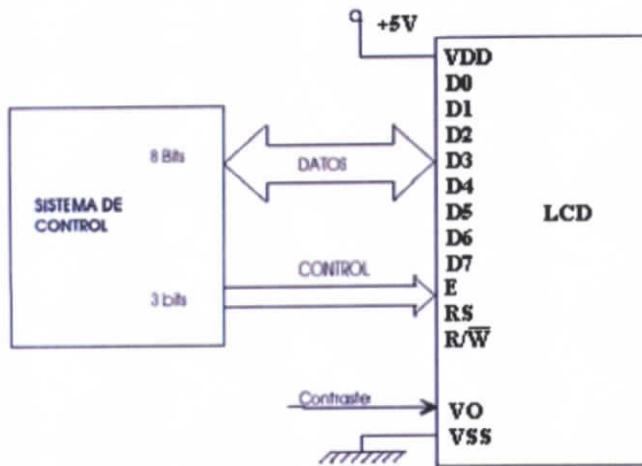


Figura 22. Interfaz del LCD con un Sistema de Control

3.2.3.5.- Comandos del LCD

El LCD se controla mediante comandos que se envían al registro de control del LCD, seleccionado al poner la señal RS a nivel bajo (0). Cuando lo que se quiere es imprimir caracteres en el display o enviar información a la CG RAM para definir caracteres se selecciona el registro de datos poniendo RS a nivel alto (1).

Existe un contador de direcciones para la DD RAM y otro para la CG RAM, el cual contiene la dirección a la que se va a acceder. Modificando el contador de direcciones es posible acceder a cualquier posición tanto de la CG RAM como de la DD RAM. Con ello se consigue por ejemplo imprimir caracteres en cualquier posición del LCD.

Cada vez que se realiza un acceso a memoria, el contador de direcciones se incrementa o decrementa automáticamente, según cómo se haya configurado el LCD.

COMANDO	OPERACIÓN
\$FE,1	Limpiar el visor LCD
\$FE,2	Volver al inicio
\$FE,\$0C	Apagar el cursor
\$FE,\$0E	Subrayar el cursor activo
\$FE,\$0F	Parpadear el cursor activo
\$FE,\$10	Mover el cursor una posición a la izquierda
\$FE,\$14	Mover el cursor una posición a la derecha
\$FE,\$80	Mover el cursor al comienzo de la primera línea
\$FE,\$C0	Mover el cursor al comienzo de la segunda línea
\$FE,\$94	Mover el cursor al comienzo de la tercera línea
\$FE,\$D4	Mover el cursor al comienzo de la cuarta línea

Tabla 11. Tabla de Comandos más Utilizados para Manejar un LCD

Al LCD le lleva un cierto tiempo procesar cada comando enviado. Por ello, para que se ejecute el comando especificado es necesario asegurarse de que el comando anterior ha finalizado. Existen dos estrategias para realizar esto.

La primera se basa en leer del display el bit de ocupado. Si este bit se encuentra a 1 quiere decir que el LCD está ocupado procesando el comando anterior y por tanto no puede procesar nuevos comandos.

La segunda estrategia, menos elegante pero más cómoda de implementar, consiste en realizar una pausa antes de volver a enviar el siguiente comando.

Los tiempos máximos que tarda el display en procesar los comandos están especificados por el fabricante y tienen un valor típico de 40 s. Si se realiza una pausa mayor o igual a esta se tiene garantía de que el display ha terminado de ejecutar el comando.

3.3.- Descripción y Diseño del Hardware

A continuación se describe en forma detallada cómo funciona el proyecto, su estructura circuital, así como se analiza las etapas que conforman el circuito electrónico, y los criterios de diseño empleados en su construcción.

Todos los dispositivos y elementos utilizados en la construcción del presente proyecto se los encuentra fácilmente en el mercado nacional.

El objetivo principal de este proyecto es realizar el control de dispositivos electrónicos a través de un celular receptor conectado a una interfaz electrónica (tarjeta electrónica), la cual responde a comandos enviados por un celular remoto utilizando tonos DTMF.

El proyecto está formado por los siguientes componentes:

- Una tarjeta electrónica principal.
- Un celular receptor.
- Un celular transmisor-receptor remoto.

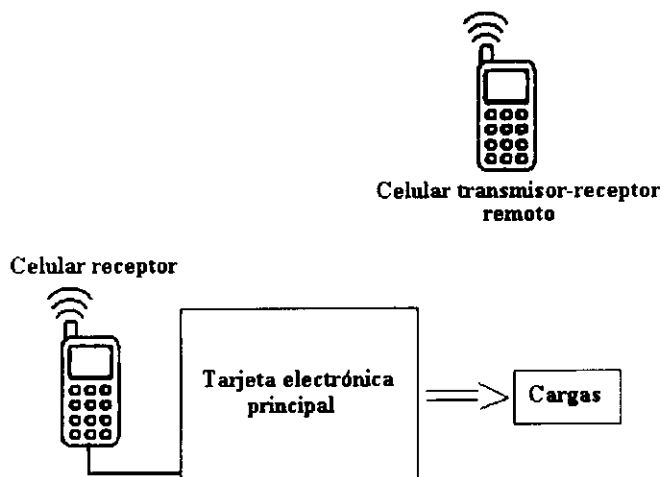


Figura 23. Componentes del Proyecto DTMF

La tarjeta electrónica principal está conformada por las siguientes etapas:

- Etapa de regulación de voltaje.
- Etapa detectora de tonos DTMF.
- Etapa de control.
- Etapa interfaz de potencia.
- Etapa de interfaz visual.

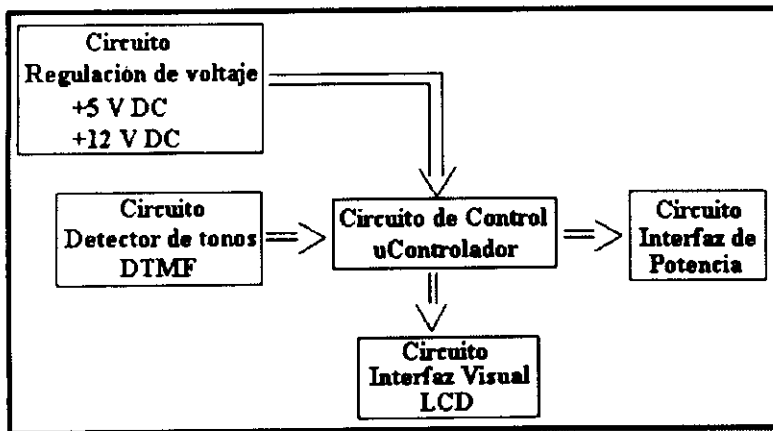


Figura 24. Etapas de la Tarjeta Electrónica Principal

La tarjeta se energiza con un voltaje que va desde +14 V dc hasta +16V dc. La etapa de regulación toma este voltaje y lo regula a +12 voltios dc y +5 voltios dc. El voltaje de +5 voltios es utilizado para alimentar la etapa detectora de tonos, la etapa de control y la etapa de interfaz visual. El voltaje +12 voltios alimenta la etapa de interfaz de potencia.

La etapa detectora de tonos DTMF, se encarga de recibir y decodificar los tonos DTMF a través de un celular receptor que se encuentra conectado a la tarjeta por medio del cable auricular manos libres.

El celular receptor debe tener activada la opción de auto contestación, ya que en el momento que reciba una llamada, este debe contestar la llamada de forma automática, de

esta forma se establece el contacto a distancia entre la tarjeta electrónica y la persona que llama desde su celular.

Luego que se ha establecido el contacto se procede a enviar comandos hacia la tarjeta a través del teclado del celular remoto. Se ha establecido un grupo de comandos específicos para este proyecto, estos comandos serán posteriormente interpretados por la etapa de control (microprocesador).

Los tonos DTMF ingresan hacia un circuito receptor de tonos, el cual verifica la autenticidad de los mismos y los decodifica en un código de 4 bits.

La etapa de control a través de un puerto del microcontrolador se encarga de leer el código de 4 bits el cual es procesado internamente asignándole un significado. Si el significado corresponde a uno de los comandos establecidos en el programa del microprocesador, este procederá a realizar la acción correspondiente al código a través de la etapa interfaz de potencia.

Además se ha establecido una etapa interfaz de visualización del estado de las salidas, considerando que este proyecto tendrá una aplicación didáctica. La visualización se lo hace a través de un Display de Cristal Líquido 2x16 (LCD). En la pantalla del Display se observara cierta información referente al proyecto y sobre todo el estado de las salidas.

El microcontrolador además de procesar la información recibida y efectivizar las órdenes, también genera tres señales auditivas de contestación. Estas señales corresponden a tonos de frecuencias que están entre 78 Hz a 10000 Hz. generadas a través de un buzzer pasivo (piezoeléctrico).

Estas señales auditivas se generan luego de que el microprocesador ha realizado una determinada acción sobre una salida. La persona que a través de su celular envió un código específico hacia la tarjeta electrónica recibirá en respuesta a su petición una

determinada señal auditiva. Esta será la respuesta a su petición y la confirmación de que la acción requerida ha sido efectuada correctamente.

La señal auditiva es enviada desde la tarjeta electrónica hacia el celular remoto a través del micrófono integrado en el dispositivo manos libres del teléfono receptor, por lo cual el teléfono receptor debe tener ciertas características para que sea compatible con la tarjeta electrónica diseñada.

3.3.1 Etapa de Regulación de Voltaje

Para el funcionamiento óptimo del circuito electrónico es necesario de dos fuentes de voltaje continuo. Una fuente de +12 voltios y una fuente de +5 voltios, para obtener estos voltajes es necesario alimentar la tarjeta con un voltaje de +14 a +16 voltios continuos y una corriente suficiente para la alimentación de todo el circuito.

De acuerdo a las características de consumo de corriente de todos los elementos y dispositivos utilizados, se tiene que:

- El Display de cristal líquido LCD consume una corriente máxima de 150 mA.
- El integrado CM8870 consume una corriente máxima de 10 mA.
- El PIC16F870 consume una corriente máxima de 25 mA.
- El Relé de un polo 12 voltios consume una corriente máxima de 30 mA, en este proyecto se utilizan 6 relés por lo tanto el consumo total de corriente sería de 180 mA.

Sumando el consumo de corriente de los dispositivos electrónicos enumerados anteriormente se tiene un consumo en condiciones máximas de 365 mA, a esto se le debe sumar el consumo de corriente de los demás elementos como son resistencias, transistores, diodos, diodos LED y demás cuyo valor de consumo de corriente no es muy crítico. Por lo tanto el valor de corriente requerida será de 500 mA, con lo cual aseguramos el correcto funcionamiento de la tarjeta.

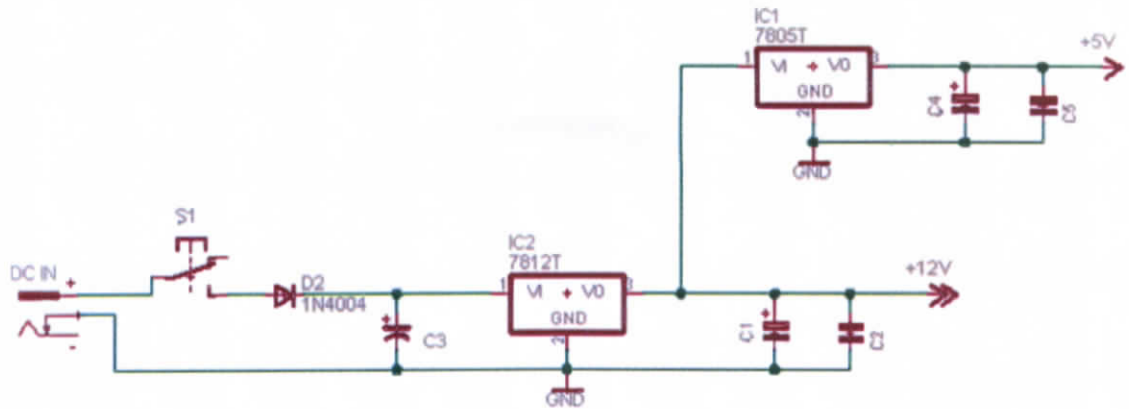


Figura 25. Fuente de Voltaje de +12V y +5V

Esta etapa cumple con la función de polarizar el circuito con 5V y energizar a los relés con 12V ya que en estos elementos es muy importante que esté bien identificada la tierra y Vcc.

El circuito está formado por un conector DC IN a través del cual se introduce el voltaje de 14 a 16 V dc. Un switch S1 para energizar o desenergizar el sistema.

Un diodo 1N4004 el cual entra en conducción siempre y cuando la polaridad del voltaje en la entrada sea la correcta.

El condensador C3 se encarga de disminuir el factor de rizado a niveles relativamente bajos. Para obtener el valor del condensador se tiene la siguiente fórmula:

$$C_3 = \frac{I}{4\sqrt{3} \cdot f \cdot V \cdot \gamma}$$

Donde:

I = corriente asumida

f = frecuencia de la red

V = voltaje de entrada

γ = factor de rizado

C_3 = condensador para corregir el factor de rizado

Datos:

$I = 500 \text{ mA}$

$f = 60 \text{ Hz}$

$V = 14 \text{ a } 16 \text{ voltios}$

$\gamma \leq 10 \%$ es decir vamos a trabajar con 0.08

Calculo:

$$C_3 = \frac{0.5}{4\sqrt{3.60.14.0,08}}$$

$C_3 \approx 1000 \mu\text{F}$

Los condensadores C_1 y C_4 se encargan de eliminar radio frecuencias (RF) y su valor se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$C_1 = C_4 = \frac{C_3}{100}$$

$$C_1 = C_4 = \frac{1000\mu\text{F}}{100} \approx 10\mu\text{F}$$

El rectificador de voltaje LM7812 regula el voltaje a +12 voltios, este voltaje lo toma el LM7805 para regular el voltaje a +5 voltios.

Finalmente el voltaje regulado pasa por los capacitores $C_1 - C_2$ para la fuente de 12V y $C_4 - C_5$ para la fuente de 5V. Los condensadores C_1 y C_4 son electrolíticos y los condensadores C_2 y C_5 son de tipo cerámicos, estos condensadores mantienen constante el voltaje filtrando los picos altos de corriente.

3.3.2.- Etapa Detectora de Tonos DTMF

Para esta etapa se utiliza el circuito integrado CM8870, el cual reconoce los tonos dobles generados por el teclado del teléfono receptor en modalidad digital, estos tonos son decodificados y después convertidos a cantidades binarias de 4 bits que corresponden a un valor numérico determinado.

Estos valores binarios funcionan como comandos o datos de acuerdo al orden con que son ingresados a la etapa de control.

El CM8870 fue seleccionado debido principalmente a sus características eléctricas, disponibilidad e interfaz de comunicación paralela con salida de tercer estado que lo hacen óptimo para este proyecto ya que, debido a que los recursos del controlador principal son compartidos por todas las etapas que componen el sistema, en donde la implementación de un canal de comunicación de datos virtual es clave en la manipulación de la información.

Las especificaciones del fabricante definen las señales de entrada menores de -34 dBm como niveles no operativos. Esta condición se la evitada seleccionando valores adecuados de R2 y R3 para proporcionar una atenuación de 3 dB, de tal forma que la señal de entrada de -34 dBm corresponda a -37 dBm en la terminal de programación de ganancia (GS).

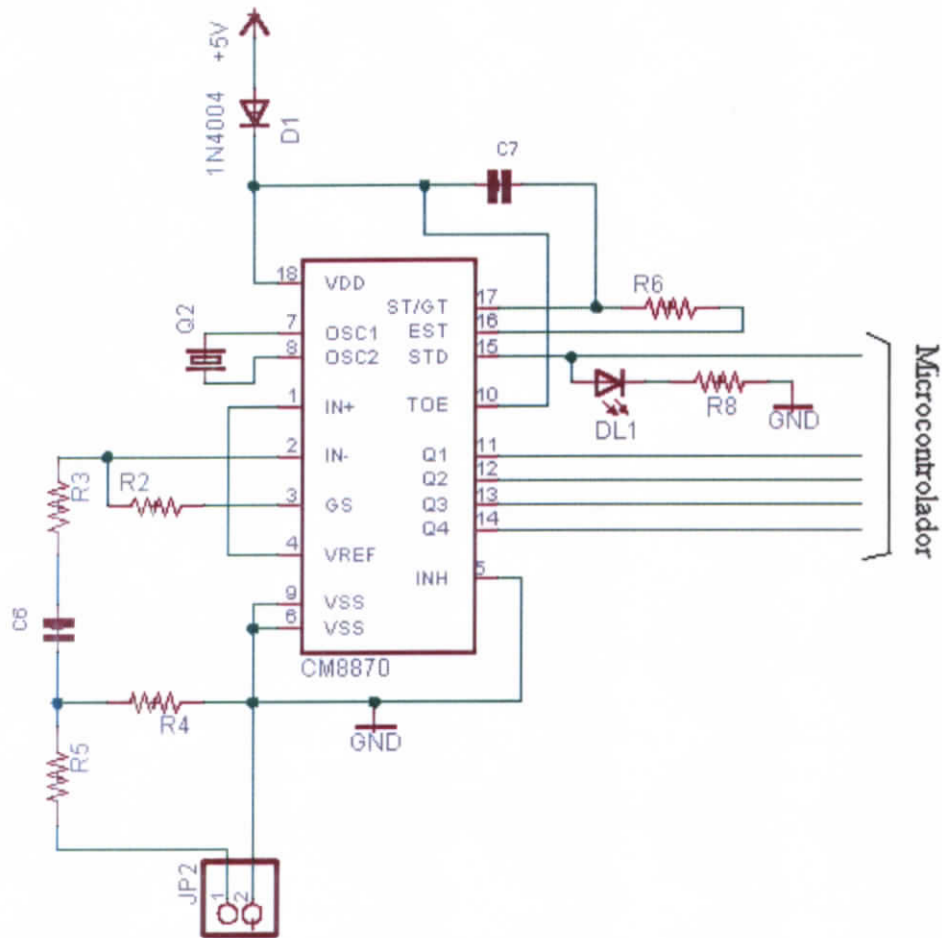


Figura 26. Circuito Decodificador de Tonos DTMF

Los componentes R6 y C7 fijan el tiempo de guarda cuando la tolerancia total de los componentes es del 6%.

Los valores de los elementos que componen el circuito y que recomienda el fabricante en la hoja de especificaciones del mismo son:

$$R3 \text{ y } R2 = 100 \text{ K}\Omega \pm 1\%$$

$$R6 = 300 \text{ K}\Omega \pm 1\%$$

$$C6 \text{ y } C7 = 100 \text{ nF} \pm 5\%$$

$$X\text{-tal} = 3.579545 \text{ MHz} \pm 0.1\%$$

Pero en base a las pruebas hechas con diferentes valores para las resistencias R2 y R3 hasta llegar a obtener un funcionamiento óptimo del circuito, esos valores cambiaron y son los siguientes:

$$R2 = 1\text{M}\Omega \pm 10\%$$

$$R3 = 10\text{K}\Omega \pm 10\%$$

La entrada de tonos DTMF se lo hace utilizando las dos terminales que están conectadas al audífono del dispositivo manos libres del celular receptor, para esto se las ha desoldado y estas terminales van conectadas al jumper JP2 de la tarjeta electrónica, esta señal no tiene polaridad.

En la entrada de audio (tonos DTMF) se tiene dos resistencias R4 y R5 cuya función es provocar una caída de tensión, permitiendo de esta forma ser decodificada por el CM8870. Los valores de estas resistencias se han elegido de acuerdo a pruebas realizadas en el circuito y estas son:

$$R4 = R5 = 22\text{K}\Omega \pm 10\%$$

Este decodificador de tonos DTMF se encuentra provisto de una terminal que indica si una señal DTMF válida ha sido recibida, decodificada y su correspondiente código binario capturado en el registro de salida, esta terminal es llamada STD.

Tanto las señales Q1-Q2-Q3-Q4 y la señal STD son enviadas a un puerto del microcontrolador para ser leídas.

La señal STD provoca una interrupción de manera tal que el microcontrolador atiende esta acción prioritaria ejecutando la rutina de atención a interrupción, misma que se limita a leer el código binario presente en el registro de salida del decodificador DTMF,

para que posteriormente el programa principal le dé el tratamiento de comando o dato según sea el caso y efectuar la acción correspondiente dentro del sistema de control.

R8 trabaja como un limitador de corriente para proteger el diodo led LD1. Considerando que la salida de voltaje en el pin STD es del orden de 2.2 a 3.5 voltios, y teniendo en cuenta que el diodo LD1 consume 20 mA, se procede a calcular el valor de la resistencia R8 con el valor mínimo de voltaje de 2.2 V.

$$R_8 = \frac{V}{I}$$

$$R_8 = \frac{2.2}{20\text{mA}}$$

$$R_8 \approx 100 \Omega \pm 10\%$$

DL1 funciona como indicador de que una señal DTMF válida ha sido recibida por el circuito detector de Tonos.

3.3.3.- Etapa de Control

Está construido alrededor de un microcontrolador PIC16F870. Su principal función es recibir el código binario que entrega el decodificador de tonos y de acuerdo a los dígitos recibidos, decidir si activa las salidas de potencia para manejar las cargas.

También, es el encargado de manejar el Display de cristal líquido de acuerdo a la información recibida.

El hecho de tener un microcontrolador en el circuito hace que las posibilidades de control sean muy grandes. El PIC16F870 controla los códigos de acceso para que sea admitida una orden de activar o desactivar una salida, o simplemente verificar su estado, así como de la información que será enviada hacia el LCD. Esta etapa es el cerebro del proyecto.

El microcontrolador también genera tonos de frecuencia a través del pin RC0, los cuales a través de un buzzer piezoeléctrico emitirán ciertos sonidos.

Utilizamos el microcontrolador PIC16F870 por que consta de 28 pines de los cuales utilizamos 24 pines para realizar este proyecto, además cumple con las características necesarias como son la capacidad de memoria, el número de pines, interrupciones, etc.

A continuación se describe toda la etapa de control basándonos en el diagrama circuital de la figura.

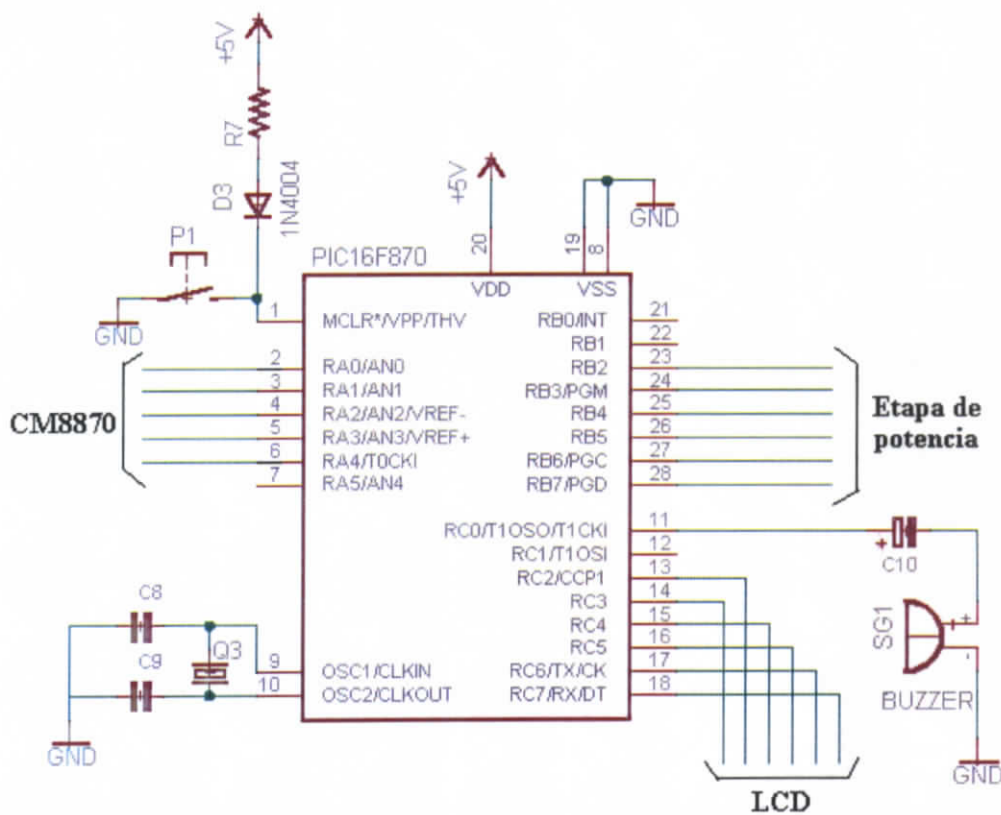


Figura 27. Etapa de Control

Este PIC tiene una memoria Flash de programa de 2 Kbytes de 14 bits por palabra, memoria de datos de 128 bytes, memoria de datos EEPROM de 64 bytes, para entrada y salida de datos tiene puertos A, B y C, 3 timers, frecuencia de operación de 20MHz, consta de 28 pines y tiene una arquitectura RISC de 35 instrucciones.

A continuación haremos la descripción de cada pin especificando su funcionamiento en el circuito.

Pin 1: Circuito de reset, la entrada MCLR permite reiniciar el estado del micro, como se puede apreciar en la figura este circuito está formado por un pulsador normalmente abierto P1, además se tiene un diodo D3 para evitar polarización inversa y una resistencia de protección que va conectada a Vcc de +5V.

Pines 2, 3, 4, 5 y 6: corresponden a los terminales desde RA0 hasta RA4 y cumplen diferentes funciones:

- RA0 está conectada al pin STD del MC8870 y su función es detectar la interrupción generada al recibir un tono DTMF por parte de la etapa detectora. Esta señal indica al microprocesador leer el estado de los pines asignados para la recepción de códigos.
- RA1, RA2, RA3 y RA4 son utilizadas como entradas y están asignadas para el código binario de 4 bits Q1, Q2, Q3 y Q4 respectivamente, decodificado por el MC8870. Este código es leído por el micro luego de haber detectado una interrupción. El PIC procesa la información y efectuara la acción correspondiente a dicho comando.

Pin 8: pin de polarización Vss por lo tanto va conectado a tierra es decir 0V.

Pin 9 y 10: el pin 9 es un OSC1/CLKI que quiere decir entrada de reloj, el pin 10 es OSC2/CLKO es decir salida de reloj. La frecuencia del reloj viene dado por el oscilador externo. Para este proyecto se utiliza el oscilador HS basado en un cristal de cuarzo de 12 MHz debido a que se necesita mayor estabilidad, este va conectado a dos condensadores de 15 pF.

Para calcular el tiempo que tarda una instrucción en ejecutarse se tiene:

$$1 \text{ instrucción} = 1\text{CM} = 4T = 4/f$$

Donde:

1CM = es un ciclo de maquina

T = es el periodo

f = es la frecuencia

$$1 \text{ instrucción} = 1\text{CM} = 4/12 \text{ MHz}$$

$$1 \text{ instrucción} = 1\text{CM} = 0.33 \mu\text{s}$$

Pin 11: el pin RC0 es configurado como salida y es utilizado por el microcontrolador para sacar tonos de frecuencia audible. Para esto se utiliza un buzzer pasivo SGI (piezoeléctrico) y un capacitor C10 de 10 μ F/25V para poder mejorar la señal del PIC.

Pin 13 y 14: RC2 y RC3 son utilizados como salidas, están designados para el control del LCD en la etapa de inicialización.

Pin 15, 16, 17 y 18: RC4, RC5, RC6 y RC7 son determinadas como salidas y están conectados al LCD en la etapa de visualización.

Pin 19 y 20: son utilizados para polarización, el pin 19 va conectado a V_{SS} es decir 0V y el pin 20 a V_{DD} es decir 5V.

Pin 23, 24, 25, 26, 27 y 28: RB2, RB3, RB4, RB5, RB6 y RB7 determinamos estos pines como salidas y su función es enviar un 1L o 0L hacia el circuito de potencia para activar o desactivar las salidas respectivamente.

3.3.4.- Etapa de Interfaz Visual

Para la visualización de los estados de las salidas se utiliza un LCD de 2x16 con backlight. El LCD es un dispositivo que necesita ser alimentado con 5V y el cual es conectado al circuito de control mediante un bus de datos de 10 canales.

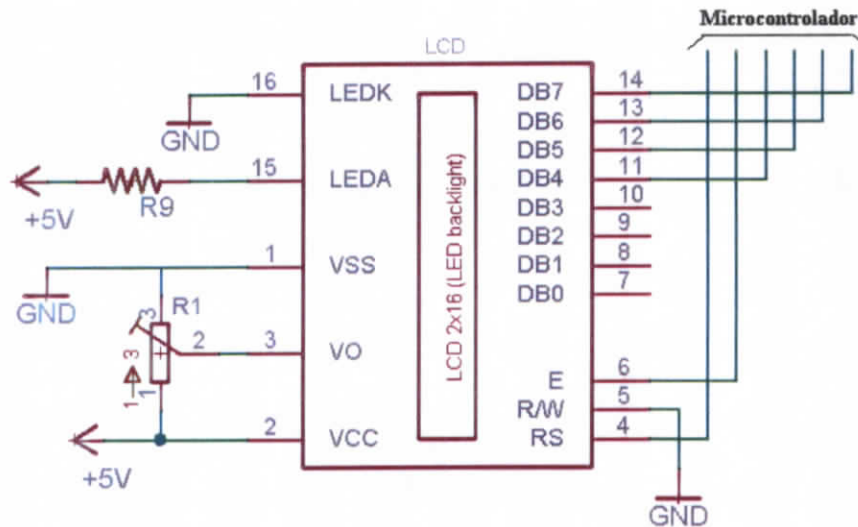


Figura 28. Conexión de Pines del LCD

El circuito de visualización de datos o información está comprendido por:

Display de cristal liquido LCD: consta de 16 pines, desde el pin 7 al pin 14 son de datos. Para este proyecto solo utilizamos 4 de los nibles mas altos que van conectados a los pines del microcontrolador (RC4, RC5, RC6 y RC7), esto fue realizado para utilizar con mayor eficiencia los pines del micro.

Pin 1 del LCD va conectado a GND, el Pin 2 va conectado a Vcc (5V).

Pin 3 del LCD va conectado a un potenciómetro de 10 K Ω utilizada para el control del contraste, con lo cual se asegura una corriente mínima de 0.5 mA que ingresa al LCD.

Pin 4, 5 y 6 son utilizados para control del LCD.

Pin 15 va conectado a una resistencia de $10\ \Omega$ y esta a su vez está conectada a Vcc.

Los pines 15 y 16 sirven para iluminación posteriores.

3.3.5.- Etapa Interfaz de Potencia

Esta etapa se encarga de activar o desactivar un número de 6 salidas de potencia disponibles a través de los contactos de 6 relés, cada salida es independiente y su estado es controlado por los pines 23, 24, 25, 26, 27 y 28 del microcontrolador.

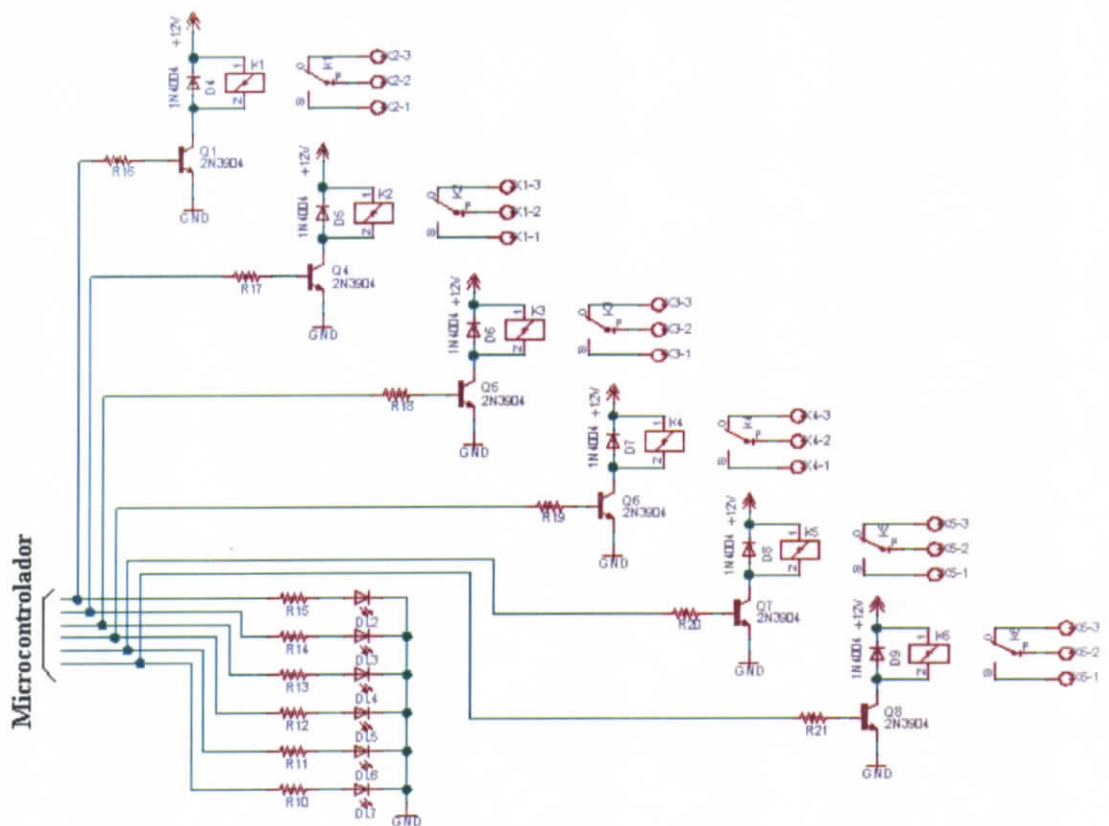


Figura 29. Circuito de Potencia

Cuando el circuito de control recibe una orden válida para activar o desactivar una de las salidas de potencia, activa o desactiva el relé correspondiente a la salida, que es la encargada de manejar la carga conectada a esta.

La utilización de este tipo de relé permite que el circuito maneje las siguientes cargas:

- Para un voltaje de 120 Vac/28 Vdc los contactos soportan cargas de hasta 10 A.
- Para un voltaje de 220 Vac los contactos soportan cargas de hasta 5 A.

Para confirmar el estado del relé, se ha conectado un led DL en el mismo pin que controla el estado de la salida y una resistencia para limitar la corriente que entra al led.

El disparo del transistor para activar el relé se lo realiza de la siguiente manera:

El transistor 2N3904 necesita una corriente de base mínima para entrar en saturación, la cual se calcula a continuación:

$$I_{C_{SAT}} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{5V}{43\Omega}$$

$$I_{C_{SAT}} = 116.28mA$$

$$I_B \approx \frac{I_{C_{SAT}}}{\beta_{DC}}$$

$$I_B \approx \frac{116.28mA}{250}$$

$$I_B \approx 465.1\mu A$$

El PIC puede entregar una corriente máxima de 25mA por lo cual la mínima resistencia que se necesita para una salida es de 200 Ω , pero como no es deseable exigir corriente al PIC, se colocó una resistencia de 4.7 K Ω para tener una corriente de un poco más de 1mA.

Con la corriente de 1mA entregada por el PIC, se garantiza el trabajo del transistor en la región de corte y saturación. Los relés utilizados trabajan a 12V. Además se colocó un diodo 1N4007 en paralelo con el relé para asegurar la disipación de energía de este cuando pase de estado encendido – apagado.

3.4.- Diseño de la Tarjeta Electrónica

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del proyecto sobre un protoboard se procede a diseñar y fabricar la placa impresa del circuito. Lo primero que se necesita para hacer la placa es un impreso de las pistas del circuito, para ello haremos uso de uno de los programas destinados a generar estos archivos gráficos.

3.4.1.- EAGLE 4.15D

EAGLE es un potente editor de gráficos y esquemas para el diseño de placas por PC.

Es una herramienta completa para el desarrollo de circuitos impresos, empezando por el axioma de los circuitos eléctricos y por último, una placa de circuitos impresos y su placa de pistas. Este programa implementa tres módulos: módulo esquemática, editor de diseño, autorouter.

Asimismo, el programa tiene una gran biblioteca que contiene una diversidad de componentes electrónicos bastante colectivo y estándar, tales como microcontroladores, por lo tanto, no es necesario dibujar.

Proporciona un óptimo autorouter, una vez que los componentes han sido colocados busca hallar automáticamente un trazado óptimo para realizar las conexiones eléctricas y generar la placa de pistas.

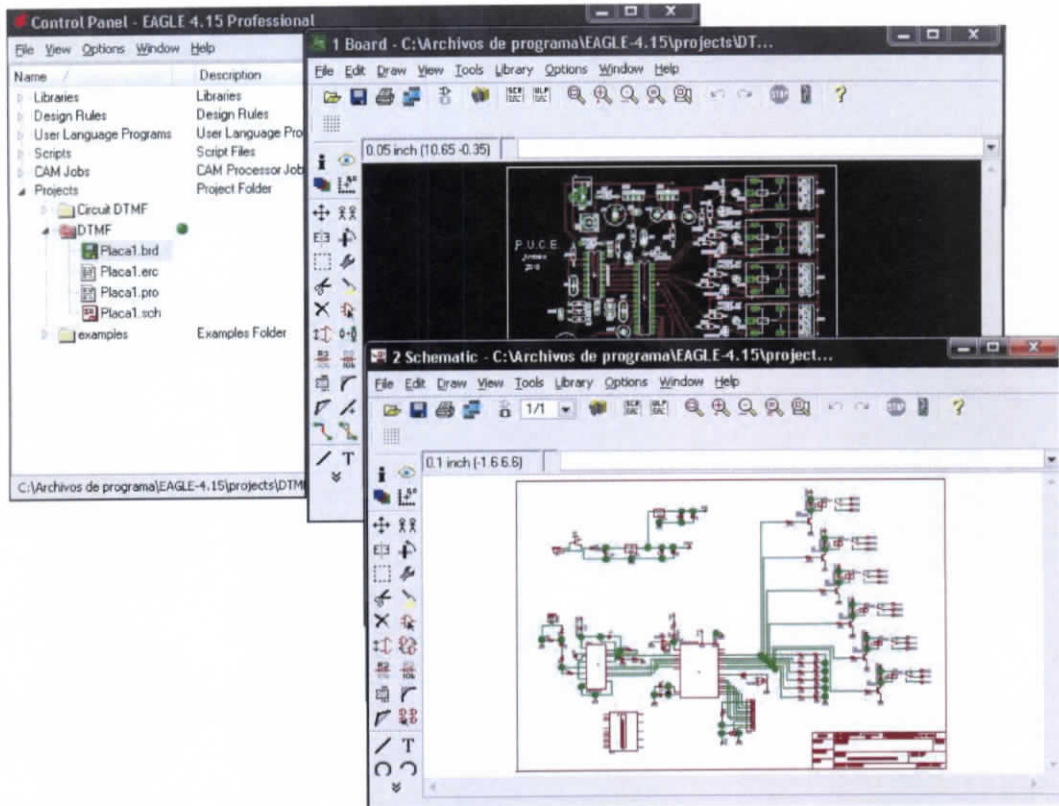


Figura 30. Pantallas del EAGLE 4.15D

3.4.2.- Diagrama y Placa de Pistas del Circuito

A continuación se presenta el diagrama circuital completo de todo el proyecto.

A continuación tenemos el diagrama de pistas y el diagrama posicional de los elementos del circuito.

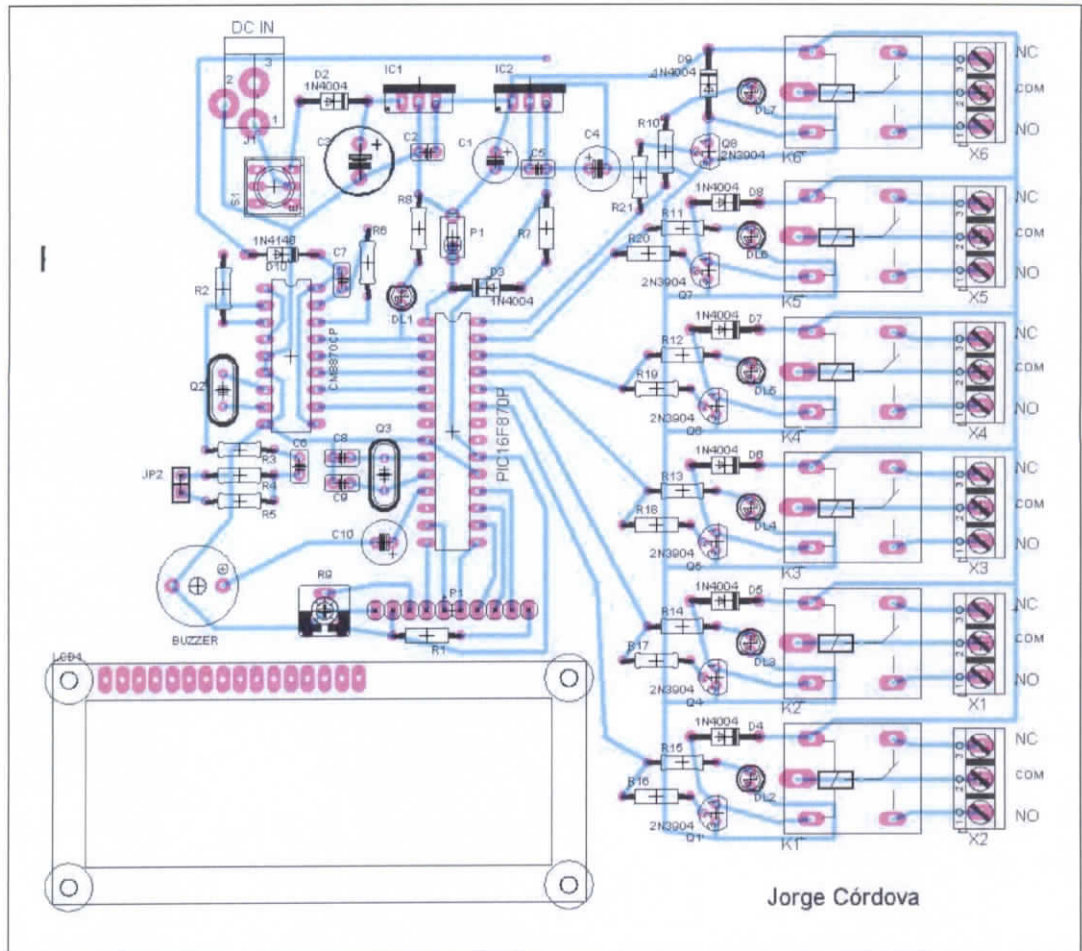


Figura 32. Ruteado del Circuito

3.5.- Desarrollo del Software de Control del Sistema

En este capítulo se hará una descripción del software desarrollado para dar soporte lógico al hardware analizado en el capítulo anterior. También se presenta las herramientas tecnológicas utilizadas en su edición, ensamblaje y grabación.

3.5.1.- Software Utilizado en la Edición y Ensamblaje

En la actualidad existen un sin número de herramientas electrónicas para la edición, programación y proceso de grabación de microcontroladores, en este caso particular se utiliza los siguientes programas:

- MicroCode Studio
- IC-Prog 1.05D
- PicBasic Pro

3.5.2.- MicroCode Studio

MicroCode Studio es un programa editor de texto como el Bloc de notas de Windows, pero con la diferencia que este está hecho para facilitar la programación de los microcontroladores PIC, los procedimientos para programar son muy sencillos, primero seleccionamos el modelo del PIC, escribimos el programa y lo guardamos bajo un nombre.

El siguiente paso es compilar el programa, si el programa está bien escrito, este se compilara y se mostrara en la parte inferior izquierda el espacio que requiere en el PIC.

Al compilar el programa se crea automáticamente 3 archivos cuyas extensiones son: *.mac, *.asm y *.hex, este último es el más importante para el PIC y es el que grabaremos dentro del microcontrolador.

A continuación se muestra las partes más importantes de la pantalla de MicroCode Studio:

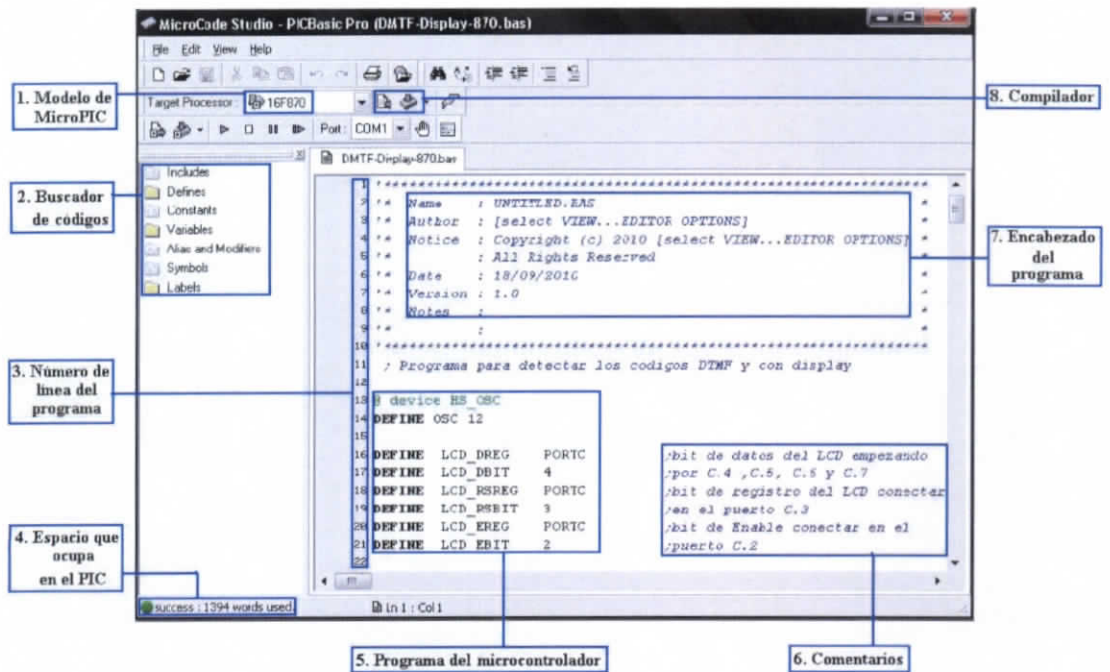


Figura 33. Partes del MicroCode

3.5.3.- IC-Prog 1.05D

El IC-Prog es un programa que funciona bajo Windows para controlar un programador de microcontroladores PIC. Para operar este programa se necesitan conocimientos básicos de Windows y electrónica.

Para que el programa funcione se deberá conectar a la computadora un programador, y configurar correctamente tanto a éste como al programa.

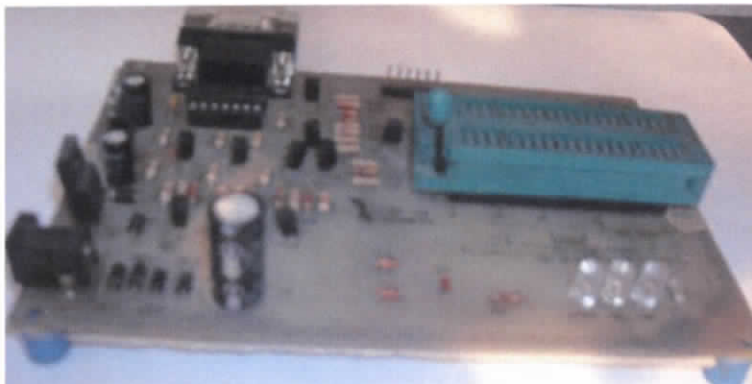


Figura 34. Hardware que Permite la Grabación de Programas en el Micro

El área principal del IC-Prog muestra la información necesaria para programar el dispositivo seleccionado. Todos los dispositivos poseen al menos un área de memoria de código donde puede almacenarse la información. Los dispositivos como son las memorias eeprom poseen solo el área de código.

Otros dispositivos, como son la mayoría de los microcontroladores, poseen áreas adicionales de almacenamiento como el área de Datos.

Normalmente el área de Código contiene el código a ser ejecutado por el microcontrolador mientras que el área de Datos contiene algunos datos fijos como son tablas de cálculo, etc.

La mayoría de los microcontroladores (como son los PIC) poseen también un área de Configuración. La información de configuración precisamente servirá para configurar el microcontrolador con ciertos parámetros iniciales de arranque. Esta información de configuración es diferente y única para cada tipo de microcontrolador, pudiendo encontrar en las hojas de datos del microcontrolador la información específica correspondiente.

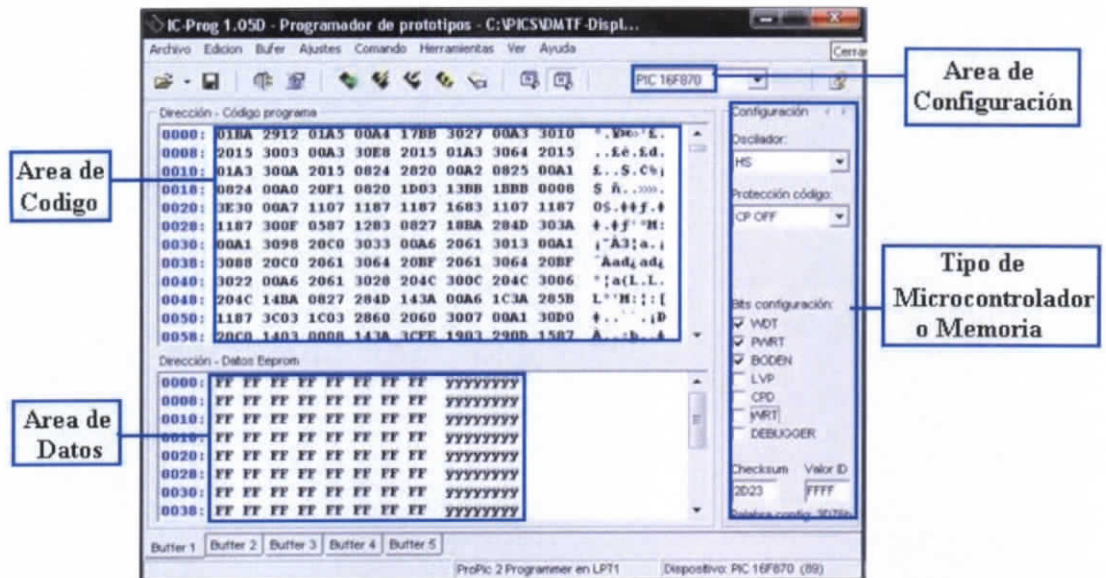


Figura 35. Partes del IC-Prog

3.5.4.- PicBasic Pro

El compilador PicBasic Pro (PBP) es un lenguaje de programación de nueva generación que hace más fácil y rápido programar microcontroladores. El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip.

El PBP produce código que puede ser programado para una variedad de micro controladores PIC que tengan de 8 a 68 pins y varias opciones en el chip incluyendo convertidores A/D, temporizadores y puertos seriales.

Hay algunos micros PIC que no trabajaran con el PBP, por ejemplo las series PIC 16C5X incluyendo el PIC 16C54 Y PIC 15C58.

Hay muchos micros PIC, algunos compatibles pin a pin con la serie 5 X, que pueden ser usados con el PBP. La lista incluye PIC16C554, 556, 558, 61, 62(A), 620, 621, 622, 63, 64(A), 65(A), 71, 710, 711, 715, 72, 73(A), 74(A), 84, 923, 924, el PIC16F83 y 84, el PIC12C671 y 672 y el PIC14C000, y Microchip sigue agregando otros.

Declaración	Aplicación
DEFINE	Usado para cambiar el valor predefinido de ciertos pines
VAR	Usado para crear un alias a una variable
BIT	Tamaño de un bit es decir 0 o 1
BYTE	Tamaño de 8 bits es decir de 0 a 255
PAUSE	Demora con resolución de 1 milisegundo
LCDIN	Lee caracteres desde una RAM de un LCD
LCDOUT	Muestra caracteres en un LCD
FOR...NEXT	Ejecuta declaraciones en forma repetitiva
GOTO	Continúa la ejecución en la línea específica
IF..THEN..ELSE..ENDIF	Ejecuta declaraciones en forma condicional
HIGH	Saca un 1 lógico (5V) por un pin
LOW	Hace 0 lógico (0 V) un pin específico
SOUND	Genera un tono o ruido blanco en un pin
CALL	Llamada a subrutina de ensamblador
CLEAR	Hace cero todas las variables
CLEARWDT	Hace cero el contador del Watchdog Timer
DTMFOUT	Produce tonos telefónicos en un pin
END	Detiene la ejecución e ingresa en modo de baja potencia
OUTPUT	Convierte un pin en salida
RETURN	Continúa en la declaración que sigue al último GOSUB

Tabla 12. Instrucciones Utilizadas en este Proyecto

3.5.5.- Diagrama de Flujo del Programa de Control

A continuación se muestra en un diagrama de flujo la secuencia general que se sigue en el proceso de recepción de datos, interpretación de códigos y manejo de los periféricos por parte del programa implementado en el PIC16F870.

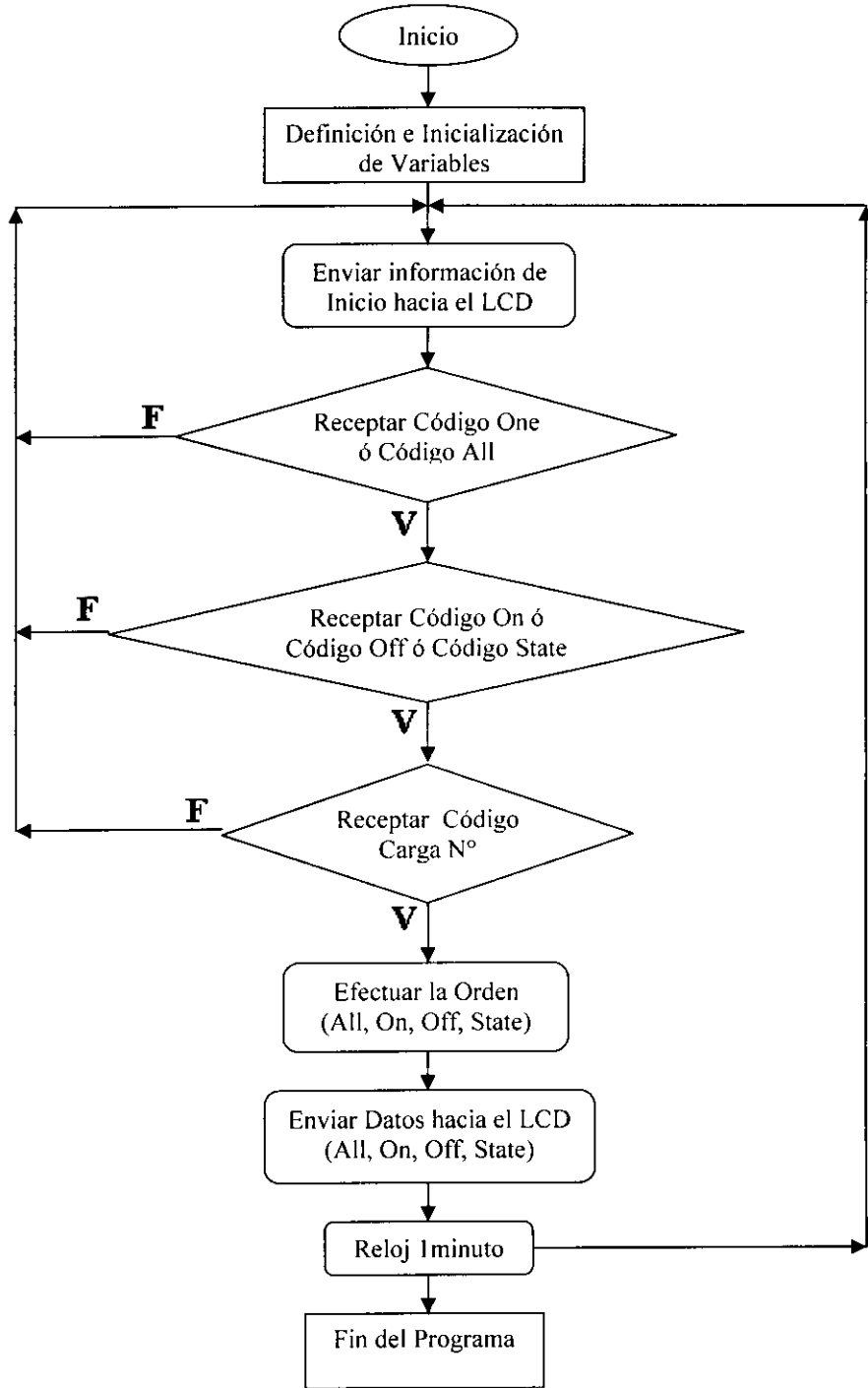


Figura 36. Diagrama de Flujo del Programa del PIC16F870

El diagrama de flujo nos muestra en forma resumida la secuencia que sigue la información que es receptada por el microprocesador.

Para este proyecto el Código One es un código de inicio que da paso y valida las órdenes encender, apagar e interrogar. Este código corresponde al envío del tono DTMF al pulsar la tecla * del celular.

El Código All es un código de inicio que da paso y valida la orden encender todo o apagar todo. Este código corresponde al envío del tono DTMF al pulsar la tecla # del celular.

El Código On señala la orden activar. Este código corresponde al envío del tono DTMF al pulsar la tecla 1 del celular.

El Código Off señala la orden desactivar. Este código corresponde al envío del tono DTMF al pulsar la tecla 0 del celular.

El Código State señala la orden de interrogar el estado de una salida. Este código corresponde al envío del tono DTMF al pulsar la tecla 7 del celular.

El Código Carga N° señala la orden indicando a qué salida va dirigida la acción final. Este código corresponde al envío de los tonos DTMF al pulsar las teclas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del celular.

A continuación se presenta una tabla en la cual se encuentran todos los comandos utilizados para el funcionamiento de este sistema. Cada comando consta de tres caracteres correspondientes al teclado del celular y es una combinación ordenada de tonos DTMF que ingresan al sistema.

Los tres caracteres ingresa al sistema en forma continua, de esta forma el programa lo interpreta como un comando válido.

Comandos	Acción
*11	Encendido Salida N° 1
*12	Encendido Salida N° 2
*13	Encendido Salida N° 3
*14	Encendido Salida N° 4
*15	Encendido Salida N° 5
*16	Encendido Salida N° 6
*01	Apagado Salida N° 1
*02	Apagado Salida N° 2
*03	Apagado Salida N° 3
*04	Apagado Salida N° 4
*05	Apagado Salida N° 5
*06	Apagado Salida N° 6
#10	Encendido Todas las Salidas
#00	Apagado Todas las Salidas

Tabla 13. Comandos Válidos para el Sistema

3.5.6.- Programa de Control para el PIC16F870

El programa se realizó con la ayuda del software de edición PicBasic Pro, el cual presenta una simple y amigable interfaz para el usuario.

La grabación del programa en el microcontrolador se la efectúa con la ayuda de un circuito programador compatible con el programa IC-Prog. Ambos programas, PicBasic Pro y IC-Prog se pueden encontrar en forma gratuita en Internet.

En líneas generales, el programa hace que el microcontrolador este siempre pendiente de un pulso de nivel alto, proveniente del integrado CM8870, y que indica que se recibió un código DTMF válido. Este pulso entra al micro por el pin RA0.

Luego el microcontrolador sólo debe leer el dato que está presente en sus pines RA1 a RA4, el cual corresponde al dígito que se ha recibido. Esta tarea es bastante sencilla ya que el CM8870 posee *latch* en sus salidas. El microcontrolador responde únicamente a los comandos enumerados anteriormente.

A continuación se muestra el programa cargado en el microcontrolador:

```
@ device HS_OSC
define OSC 12

Define LCD_DREG PORTC      ; bit de datos del LCD empezando
Define LCD_DBIT 4          ; por C.4, C.5, C.6 y C.7
Define LCD_RSREG PORTC     ; bit de registro del LCD conectar
Define LCD_RSBIT 3         ; en el puerto C.3
Define LCD_EREg PORTC      ; bit de Enable conectar en el
Define LCD_EBIT 2          ; puerto C.2

Q1 var bYTE                ; Asignación de variables
Q2 var BYTE
Q3 var BYTE
Q4 var BYTE
All var bYTE
onoff var bYTE
num var bYTE
```

```
stado var byte
x var byte
x1 var bYTE
```

```
ADCON1=%110           ; configura puerto A como E/S digitales
Trisa=%11111111      ; puerto A como entrada
Trisb=%00000000      ; puerto B como salida
```

```
porta=%00000000
portb=%00000000
pause 1000
```

```
Pantalla:
LCDOUT $FE, 1," Tesis DTMF"      ; limpiar pantalla y sacar el texto
lcdout $FE, $C4,"P.U.C.E.S.A."  ; pasar al comienzo de la segunda línea
```

```
PROG:                ; programa principal
  for X1=0 to 100
    num=0
    All=0
    onoff=0
    stado=0
    Q1=porta.4
    Q2=porta.3
    Q3=porta.2
    Q4=porta.1
    if (Q1=1)and(Q2=1)and(Q3=0)and(Q4=1)then fon01 ; * (1011)
    if (Q1=0)and(Q2=0)and(Q3=1)and(Q4=1)then fon02 ; # (1100)
    pause 100
  next
GOTO Pantalla
```

```
fon01:
  aLL=15
  if porta.0=0 then fon
goto fon01
```

```
fon02:
  aLL=17
  if porta.0=0 then fon
goto fon02
```

```
fon:
  if porta.0=1 then
```

```

    Q1=porta.4
    Q2=porta.3
    Q3=porta.2
    Q4=porta.1
    if (Q1=1)and(Q2=0)and(Q3=0)and(Q4=0)then turn      ; 1 (0001)
    if (Q1=0)and(Q2=1)and(Q3=0)and(Q4=1)then offs     ; 0 (1010)
    if (Q1=1)and(Q2=1)and(Q3=1)and(Q4=0)then estado   ; 7 (0111)
    goto prog
endif
GOTO fon

turn:
    onoff=11
    goto fon1

offs:
    onoff=10
    goto fon1

estado:
    stado=6

fon1:
    if porta.0=0 then nuevo
    goto fon1

nuevo:
    if porta.0=1 then
        Q1=porta.4
        Q2=porta.3
        Q3=porta.2
        Q4=porta.1
        if (Q1=0)and(Q2=1)and(Q3=0)and(Q4=1)then cero ; 0 (1010)
        if (Q1=1)and(Q2=0)and(Q3=0)and(Q4=0)then uno  ; 1 (0001)
        if (Q1=0)and(Q2=1)and(Q3=0)and(Q4=0)then dos  ; 2 (0010)
        if (Q1=1)and(Q2=1)and(Q3=0)and(Q4=0)then tres ; 3 (0011)
        if (Q1=0)and(Q2=0)and(Q3=1)and(Q4=0)then cuatro ; 4 (0100)
        if (Q1=1)and(Q2=0)and(Q3=1)and(Q4=0)then cinco ; 5 (0101)
        if (Q1=0)and(Q2=1)and(Q3=1)and(Q4=0)then seis ; 6 (0110)
        goto prog
    endif
    goto nuevo

cero:

```

```

if All=17 then
  if onoff=11 then
    portb=%11111100
    LCDOUT $FE, 1,"Todas las cargas"
    lcdout $FE, $C4,"Activadas"
    goto Timbre
  ELSE
    portb=%00000000
    LCDOUT $FE, 1,"Todas las cargas"
    lcdout $FE, $C2,"Desactivadas"
    goto Timbre
  endif
endif
goto PROG

```

La siguiente rutina del programa trabaja sobre la salida número uno de la tarjeta electrónica y de acuerdo a la información contenida; activa, desactiva o verifica el estado de esta salida.

```

uno:
  num=1
  IF aLL=15 THEN
    IF stado=6 THEN
      if portb.2=1 then
        goto DisplayON
      ELSE
        goto DisplayOFF
      endif
    endif
    if onoff=11 then
      high portb.2
      goto DisplayON
    else
      low portb.2
      goto DisplayOFF
    endif
  ENDIF
goto PROG

```

La estructura de la rutina anterior se repite para las demás salidas (salida: 2, 3, 4, 5 y 6) por lo tanto no se incluye en esta parte.

DisplayON:

```
LCDOUT $FE, 1, " Carga N- ",#num
lcdout $FE, $C4,"Activada"
goto Timbre
```

DisplayOFF:

```
LCDOUT $FE, 1, " Carga N- ",#num
lcdout $FE, $C2,"Desactivada"
```

Timbre:

```
FOR X= 1 TO 15 ; repetir de 1 a 15 veces
    sound portc.0,[125,4,123,5] ; sacar tonos por el puerto c.0
NEXT ; siguiente repetición
goto Prog
```

END

3.5.7.- Presentación del Proyecto Terminado

A continuación se presentan fotos del proyecto terminado y funcionando.



Figura 37: Comando *11, Activa Salida Número 1



Figura 38. Comando *10, Activa Todas las Salidas



Figura 39. Tarjeta DTMF y Celular Nokia 1100

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se enlistan las conclusiones y recomendaciones más relevantes del proyecto realizado. Estas conclusiones nacen de la experiencia adquirida durante el desarrollo de software, hardware y sobre todo de las pruebas realizadas en la tarjeta electrónica diseñada y construida.

4.1.- Conclusiones

- Basados en el buen funcionamiento del Sistema podemos decir que se ha cumplido con el objetivo de construir un dispositivo capaz de detectar tonos DTMF para manipular diferentes clases de cargas externas.
- Tanto el diseño electrónico como el diseño del software fueron realizados con recursos disponibles en el mercado nacional ecuatoriano. Esto deja abierta la posibilidad para futuras mejoras en el diseño de este proyecto.
- El proyecto desarrollado es un prototipo particular basado en el funcionamiento de otros proyectos realizados experimentalmente.
- El diseño del sistema combinando las características de un decodificador de tonos DTMF y un microprocesador ofrece la posibilidad de realizar una variedad de tareas de control dependiendo de la capacidad de memoria y periféricos del micro. También evita el diseño de filtros reductores de ruido.
- El avance tecnológico actual obliga a tener una comunicación bidireccional, por tal motivo se ha implementado una respuesta auditiva mediante la generación de tonos por parte del microcontrolador.
- Este proyecto puede tener muchas aplicaciones en todos los campos, es de fácil manejo y su costo depende de las características que se le quiera dar al sistema.
- Al sistema presentado se le puede dar un mayor nivel de seguridad con el requerimiento del ingreso de una clave de usuario.

- Mediante elementos de potencia como relés y contactores acoplados a la tarjeta se puede controlar grandes cargas como por ejemplo motores monofásicos o trifásicos.
- El control inalámbrico que se puede hacer con la ayuda de este proyecto está limitado por la cobertura de la señal telefónica celular utilizada.
- La tarjeta decodificadora de tonos DTMF diseñada funciona con los celulares MOTOROLA C115, C155 y NOKIA 1100. Según otras experiencias funciona también con otros modelos de celulares, pero para este proyecto se comprobó su funcionamiento con los celulares mencionados.
- El potencial del presente proyecto es muy grande, el uso de un microcontrolador hace que el sistema sea muy versátil y simple.
- El uso del decodificador de tonos DTMF es clave en este proyecto, obviamente aparte del microcontrolador, que en el fondo es el corazón del proyecto, ya que sin él la circuitería hubiese sido de un tamaño muy superior dado que se hubiesen tenido que diseñar sistemas de filtros digitales para poder obtener cada tono.
- Este pequeño pero potente circuito es la base para realizar sistemas realmente complejos, como también para darle un uso anexo a la línea telefónica celular.

4.2.- Recomendaciones

- Este proyecto puede ser muy bien aplicado en instalaciones Domóticas a nivel residencial, donde por su costo y las características de control a realizar es optimo.
- Se puede mejorar la visualización de los estados de las salidas de la tarjeta, cambiando el LCD alfanumérico por un LCD gráfico que incluya la distribución y ubicación de cada una de ellas.
- Se recomienda siempre establecer un aislamiento entre los circuitos de potencia y los circuitos de control ya que con esto se asegura que ante una posible sobrecarga o corto circuito los daños en la tarjeta sean mínimos.
- Verificar la potencia máxima que pueden manejar los relés a fin de no ocasionar daños en la tarjeta.
- Si bien el sistema tiene como única medida de seguridad la estructura particular dada a los comandos en donde se puede activar, desactivar y verificar el estado de la carga en cuestión, se puede implementar un control de acceso al sistema, ya sea una contraseña de ingreso por ejemplo.
- Cuando se quiera realizar un proyecto se debe tomar en cuenta la disponibilidad de los elementos en el mercado nacional ya que la opción de comprar en países del exterior encarecería el costo del mismo provocando que no sea rentable si se lo quisiera comercializar.
- Se recomienda continuar con esta línea de investigación para aprovechar al máximo las posibilidades DTMF para control remoto con propósitos de seguridad y ejecución de ciertas tareas a distancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Boylestad Robert. Electrónica: Teoría de circuitos y Dispositivos Electrónicos. Décima Edición. México. Pearson Educación, 2009.
- Feller Brian. Home Automation Handbook. Segunda Edición. Estados Unidos. McGraw-Hill, 2004.
- Hersent Oliver, Gurle David y PETIT Jean Pierre. IP telephony: packet – based multimedia communication systems. Sexta Edición. Gran Bretaña. Addison – Wesley, 2000.
- Morales Cristóbal. Domótica e Inmótica. Viviendas y edificios inteligentes. Segunda Edición. México. Alfaomega Ra-Ma, 2007
- Reyes Carlos. Microcontroladores PIC - Programación en Basic. Segunda Edición. Ecuador. Rispergraf, 2006.
- Terplan Kornel. Communications Network Management. Segunda Edición. Estados Unidos. Prentice-Hall, 1992
- Wikipedia “Marcación por tonos”. Disponible en:
es.wikipedia.org/wiki/Marcación_por_tonos Junio 2010.
- Pablin “Decodificador DTMF”. Disponible en:
www.pablin.com.ar/electron/circuito/telefon/decdtmf/index.htm Junio 2010.
- Wikipedia “Acceso múltiple por división de código”. Disponible en:
es.wikipedia.org/wiki/Acceso_múltiple_por_división_de_código Julio 2010.
- ATVA “Controlador por tonos DTMF”. Disponible en:
http://www.atva.com.ar/dtmf_3dj/dtmf_3dj.htm Julio 2010.
- Pablin “Decodificador DTMF Económico”. Disponible en:
www.pablin.com.ar/electron/circuito/telefon/decdtmf2/index.htm Agosto 2010.

ANEXOS

Hojas Técnicas:



PIC16F870/871

28/40-Pin, 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

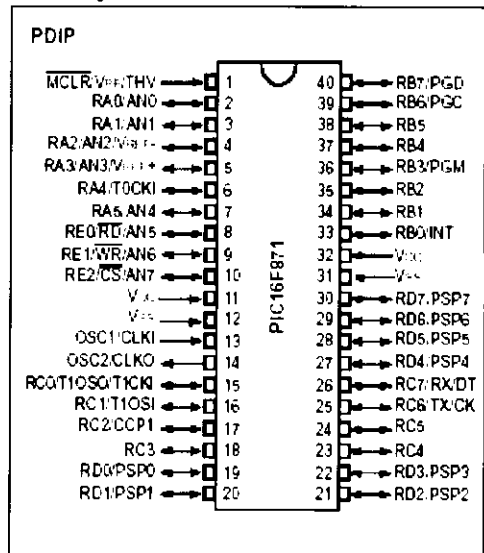
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F870
- PIC16F871

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- 2K x 14 words of FLASH Program Memory
128 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
64 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16CXXX 28 and 40-pin devices
- Interrupt capability (up to 11 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low power consumption:
 - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- One Capture, Compare, PWM module
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

There are two devices (PIC16F870 and PIC16F871) covered by this data sheet. The PIC16F870 device comes in a 28-pin package and the PIC16F871 device comes in a 40-pin package. The 28-pin device does not have a Parallel Slave Port implemented.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin number: 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

FIGURE 1-1: PIC16F870 BLOCK DIAGRAM

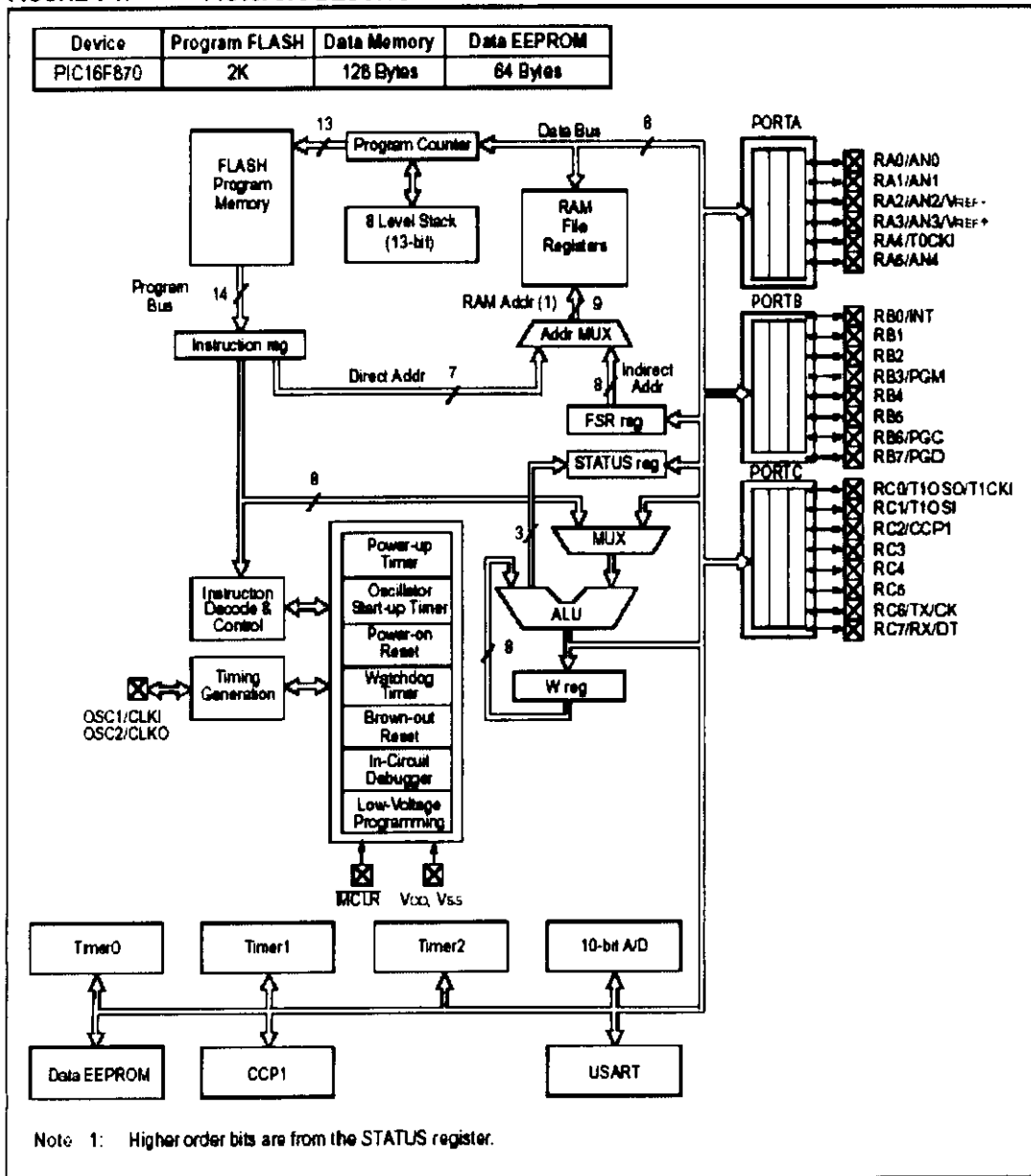


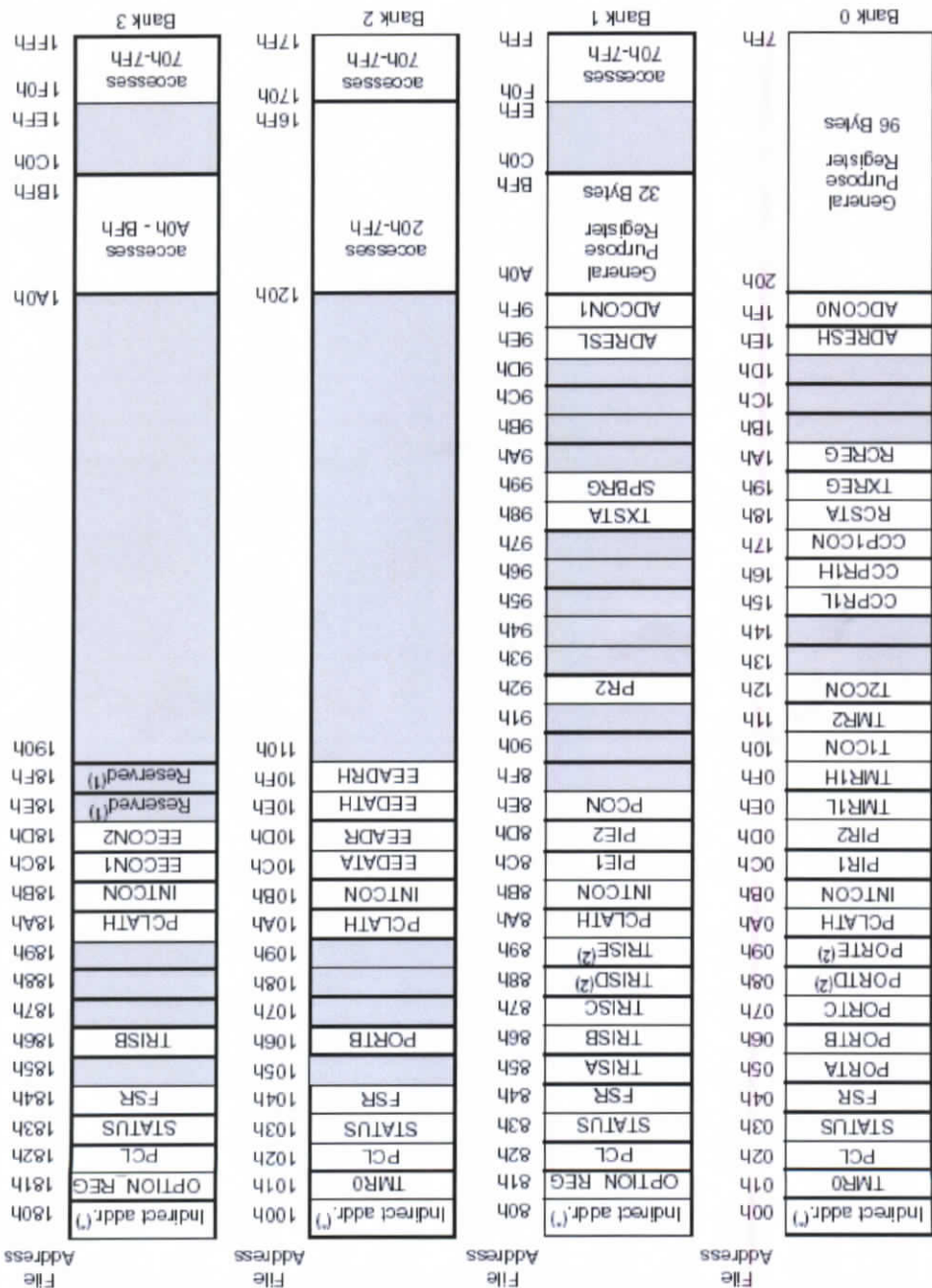
TABLE 1-1: PIC16F870 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1.CLKI	9	9	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2.CLKO	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/PW/THV	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input or High Voltage Test mode control. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input 0.</p> <p>RA1 can also be analog input 1.</p> <p>RA2 can also be analog input 2 or negative analog reference voltage.</p> <p>RA3 can also be analog input 3 or positive analog reference voltage.</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input 4.</p>
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST/OD	
RA5/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	<p>PORTC is a bi-directional I/O port.</p> <p>RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.</p> <p>RC1 can also be the Timer1 oscillator input.</p> <p>RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.</p> <p>RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.</p> <p>RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.</p>
RC1/T1OSI	12	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	
RC3	14	14	I/O	ST	
RC4	15	15	I/O	ST	
RC5	16	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 OD = Open Drain — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt or LVP mode.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

FIGURE 2-2: PIC16F870/871 REGISTER FILE MAP



* Not a physical register.
 * Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 Note 1: These registers are reserved; maintain these registers clear.
 Note 2: These registers are not implemented on the PIC16F870.

Absolute Maximum Ratings: (Note 1)

Symbol	Parameter	Value
V _{DD}	Power Supply Voltage (V _{DD} /V _{SS})	6V MAX
V _{CE}	Voltage on any Pin	V _{SS} - 0.3V to V _{DD} + 0.3V
I _{DD}	Current on any Pin	10mA MAX
T _A	Operating Temperature	-40 C to 85 C
T _S	Storage Temperature	-65 C to 150 C

This device contains input protection against damage due to high static voltages or electric fields; however, precautions should be taken to avoid application of voltages higher than the maximum rating.

Notes:
 1. Exceeding these ratings may cause permanent damage; functional operation under these conditions is not implied.

DC Characteristics: All voltages referenced to V_{REF}; V_{CE} = 5V ±5%, T_A = -40 C to 85 C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
V _{DD}	Operating Supply Voltage	4.75		5.25	V
I _{DD}	Operating Supply Current	3.0		7.0	mA
I _{DDQ}	Standby Supply Current			25	µA
P ₀	Power Consumption	f = 3.579 MHz; V _{DD} = 5V	15	35	mW
V _{IL}	Low Level Input Voltage	V _{DD} = 5V		1.5	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	V _{DD} = 5V	3.5		V
I _{IHL}	Input Leakage Current	V _{IN} = V _{SS} = V _{DD} (Note 1)	0.1		µA
I _{SO}	Pull Up (Source) Current on TOE	TOE = 0V; V _{DD} = 5V	0.5	20	µA
R _{IN}	Input Impedance (IN+, IN-)	≥ 1KHz	8	10	MΩ
V _{TH}	Steering Threshold Voltage	V _{DD} = 5V	2.2	2.5	V
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{DD} = 5V; No Load		0.03	V
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{DD} = 5V; No Load	4.97		V
I _{OL}	Output Low Sink Current	V _{OUT} = 0.4V	1.0	2.5	mA
I _{OH}	Output High (Source) Current	V _{OUT} = 4.8V	0.4	0.8	mA
V _{REF}	Output Voltage	V _{DD} = 5.0V; No Load	2.4		V
R _{OUT}	Output Resistance			10	kΩ

DC Characteristics

Operating Characteristics: All voltages referenced to V_{REF}; V_{CE} = 5V ±5%; T_A = -40 C to 85 C unless otherwise noted; Gain Setting Amplifier

Symbol	Parameter	Test Conditions			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
I _{IN}	Input Leakage Current	V _{SS} < V _{IN} < V _{DD}		±100	nA
R _{IN}	Input Resistance			10	MΩ
V _{OS}	Input Offset Voltage			±25	mV
PSRR	Power Supply Rejection	1 KHz (NOISE 12)	50		dB
CMRR	Common Mode Rejection	-3V < V _{IN} < 3V	40		dB
AvOL	DC Open Loop Voltage Gain		32		dB
f _o	Open Loop Unity Gain Bandwidth		0.3		MHz
V _o	Output Voltage Swing	R _L = 100kΩ to V _{SS}	4		V _{PP}
C _L	Maximum Capacitive Load (GS)			100	pF
R _L	Maximum Resistive Load (GS)			50	kΩ
V _{cm}	Common Mode Range (No Load)	No Load	2.5		V _{PP}

Operating Characteristics

AC Characteristics: All voltages referenced to V_{SS}. V_{DD} = 5.0V ±5%, I_A = -40.0 mA ±85.0%, C₁ = 3.579545 MHz using test circuit in Figure 1 unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
	Valid Input Signal Levels	1, 2, 3, 4, 5, 8	-2 ⁿ		1	dBm
	Valid tone of composite signal		27.6		86.9	mV _{RMS}
	Positive Twist Accept	2, 3, 4, 8			10	dB
	Negative Twist Accept				10	dB
	Freq. Deviation Accept Limit	2, 3, 5, 8, 10			1.5%±2Hz	Norm.
	Freq. Deviation Reject Limit	2, 3, 5	±3.5%			Norm.
	Third Tone Tolerance	2, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 14			-16	dB
	Noise Tolerance	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9			-12	dB
	Dial Tone Tolerance	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9			22	dB
t _{pp}	Tone Present Detection Time	Refer to Timing Diagram	5	8	14	ms
t _{DA}	Tone Absent Detection Time	Refer to Timing Diagram	0.5	3	8.5	ms
REC	MIN Tone Duration Accept		15		40	ms
	MAX Tone Duration Reject		15	20		ms
t _{DO}	MIN Interdigit Pause Accept		15		40	ms
t _{DO}	MAX Interdigit Pause Reject		15	20		ms
t _{pg}	Propagation Delay (S to G)	TOE = V _{DD}		6	11	µs
t _{psd}	Propagation Delay (S to STD)	TOE = V _{DD}		9	16	µs
t _{gsd}	Output Data Set Up (Q to STD)	TOE = V _{DD}		3.4		µs
t _{prf}	Propagation Delay (TOE to Q)	Enable R _L = 10kΩ		50		ns
t _{prf}	Propagation Delay (TOE to Q)	Disable C _L = 50pF		300		ns
f _{CLK}	Crystal/Clock Frequency		3.5759	3.5795	3.5831	MHZ
C _{LO}	Clock Output (OSC 2)	Capacitive Load			30	pf

Notes:

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1mW into a 600-Ω load.
2. Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
3. Tone duration = 40ms. Tone pause = 40ms.
4. Nominal DTMF frequencies are used.
5. Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
6. Bandwidth limited (0 to 3kHz) Gaussian Noise.
7. The precise dial tone frequencies are (350Hz and 440Hz) ±2%.
8. For an error rate of better than 1 in 10,000

9. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
10. Minimum signal acceptance level is measured with specified maximum frequency deviation.
11. Input pins defined as IN+, IN-, and TOE.
12. External voltage source used to bias V_{DD}.
13. This parameter also applies to a third tone injected onto the power supply.
14. Referenced to Figure 1. Input DTMF tone level at -28dBm.
15. Times shown are obtained with circuit in Figure 1 (user adjustable).

Functional Description

The CAMD CM8870/70C DTMF Integrated Receiver provides the design engineer with not only low power consumption, but high performance in a small 18-pin DIP, SOIC, or 20-pin PLCC package configuration. The CM8870/70C's internal architecture consists of a band-split filter section which separates the high and low tones of the received pair, followed by a digital decode (counting) section which verifies both the frequency and duration of the received tones before passing the resultant 4-bit code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high-group tones is achieved by applying the dual-tone signal to the inputs of two 9th-order switched capacitor bandpass filters. The bandwidths of these filters correspond to the bands enclosing the low-group and high-group tones (See Figure 3). The filter section also incorporates excellent 350Hz and 440Hz which provides excellent dial tone rejection. Each filter output is followed by a single order switched capacitor section which smooths the signals prior to limiting. Signal limiting is performed by high-gain comparators. These comparators are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals and noise. The outputs of the comparators provide full-rail logic swings at the frequencies of the incoming tones.

Decoder Section

The CM8870/70C decoder uses a digital counting technique to determine the frequencies of the limited tones and to verify that these tones correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm is used to protect against tone simulation by extraneous signals (such as voice) while providing tolerance to small frequency variations. The averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to "talk-off" and tolerance to the presence of interfering signals (third tones) and noise. When the detector recognizes the simultaneous presence of two valid tones (known as "signal condition"), it raises the "Early Steering" flag (EST). Any subsequent loss of signal condition will cause EST to fall. Before the registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as "character-recognition-condition"). This check is performed by an external RC time constant driven by E_{gr} . A logic high on EST causes V_c (See Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Providing signal condition is maintained (EST remains high) for the validation period

Steering Circuit

The value of t_{gr} is a parameter of the device and t_{rec} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer. For example, a suitable value of R for a t_{rec} of 40ms would be 300K. A typical circuit using this steering configuration is shown in Figure 1. The timing requirements for most telecommunication applications are satisfied with this circuit. Differential steering arrangements may be used to select independently the guard-times for tone-present (t_{grp}) and tone absent (t_{grn}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigit pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk-off and noise immunity. Increasing t_{rec} improves talk-off performance, since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition for long enough to be registered. On the other hand, a relatively short t_{rec} with a long t_{gr} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to drop-outs would be requirements. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

$$t_{rec} = t_{gr} + t_{grn}$$
$$t_{gr} = 0.67 RC$$

Guard Time Adjustment

In situations which do not require independent selection of receive and pause, the simple steering circuit of Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the following formula:

(t_{grp} , V_c reaches the threshold (V_{thr}) of the steering logic 4-bit code (See Figure 2) into the output latch. At this point, the GT output is activated and drives VC to V_{DD} . Signaling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three-state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (drop outs) too short to be considered a valid pause. This capability together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Input Configuration

The input arrangement of the CM8870C provides a differential input operational amplifier as well as a bias source V_{REF} , which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (CS) for adjustment of gain.

In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 1, with the op-amp connected for unity gain and V_{REF} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{CC}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

Clock Circuit

The internal block circuit is equipped with the addition of a standard 16-pole on-chip burst crystal or ceramic resonator having a resonant frequency of 3.57964 MHz. The CM8870C in a PLCC package has a buffered oscillator output (OSC2) that can be used by drive clock inputs of other devices such as a microprocessor or other CM8870C's as shown in Figure 7. Multiple CM8870C's can be connected as shown in Figure 8, such that only one crystal or resonator is required.

Pin Function

Name	Function	Description
IN+	Non-inverting input	Connection to the front-end differential amplifier
IN-	Inverting input	Connection to the front-end differential amplifier
GS	Gain select	Gives access to output of front-end differential amplifier for connection of feedback resistor
VREF	Reference output Voltage (nominally $V_{DD}/2$)	May be used to bias the inputs at mid-rail
INH	Inhibits detection of tones	Represents keys A, B, C, and D
OSC3	Digital buffered oscillator output	
PD	Power down	Logic high powers down the device and inhibits the oscillator
OSC1	Clock input	3.57964 MHz crystal connected between these pins completes internal oscillator
OSC2	Clock output	3.57964 MHz crystal connected between these pins completes internal oscillator
VSS	Negative power supply	Normally connected to GND
TOE	Three-state output enable (input)	Logic high enables the outputs Q1-Q4. Internal pull-up.
Q1	Three-state outputs	When enabled by TOE, provides the code corresponding to the last valid tone pair received. (See Figure 2).
Q2		
Q3		
Q4		
SID	Delayed Steering output	Presents a logic high when a received tone pair has been registered and the output latch is updated. Returns to logic low when the voltage on STEG falls below VTSL.
ESI	Early steering output	Presents logic high immediately when the digital algorithm detects a recognizable tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESI to return to a logic low.
STEG	Steering input (guard time output (bidirectional))	A voltage greater than VTSL detected at ST causes the device to register the detected tone pair. The ST output acts to reset the external steering time constant, and its state is a function of ESI and the voltage on ST. (See Figure 2).
VDD	Positive power supply	
IC	Internal connection	Must be tied to VSS (for R870 configuration only)

Figure 1. Single Ended Input Configuration

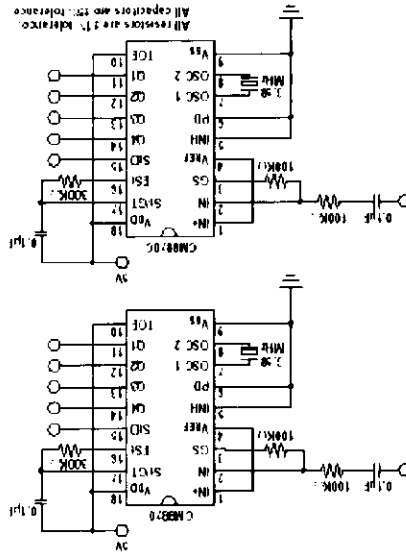


Figure 2. Functional Decode Table

Flow	Flow	KEY	TOW	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
697	1209	1	H	0	0	0	0
697	1336	2	H	0	0	0	0
697	1477	3	H	0	0	0	0
770	1209	4	H	0	1	1	1
770	1336	5	H	0	0	0	0
770	1477	6	H	0	0	0	0
852	1209	7	H	0	0	0	0
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	0
941	1336	0	H	1	0	0	0
941	1209	.	H	1	0	0	0
941	1477	#	H	1	1	1	1
697	1633	A	H	1	1	1	1
770	1633	B	H	1	1	1	1
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

L Logic Low, H = Logic High, Z = High Impedance

Functional Decode Table