

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACION DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ATENCIÓN DE TURNOS MEDIANTE RADIOFRECUENCIA Y GRABACIÓN DE VOZ PARA UN PATIO DE COMIDAS.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DONOSO GARCÍA EDWIN FERNANDO

edonosogar@gmail.com

PAREDES BASTIDAS WILSON ANDRÉS

nicoel_99@hotmail.com

DIRECTORA: ING. MÓNICA VINUEZA, MSc.

monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, Enero del 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Donoso García Edwin Fernando y Paredes Bastidas Wilson Andrés, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Edwin Fernando Donoso García

Wilson Andrés Paredes Bastidas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Donoso García Edwin Fernando y Paredes Bastidas Wilson Andrés, bajo mi supervisión.

Ing. Mónica Vinueza R.

DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Edwin,

Estoy muy agradecido primeramente con Dios por la vida y la oportunidad que me ha dado al tener mis buenos padres Edwin Oswaldo Donoso y Miriam Janet García que me enseñaron paso a paso como ser un hombre de bien, ya que sin escatimar esfuerzo y sacrificio alguno siempre estuvieron pendientes de mi ayudándome, sosteniéndome y sobretodo apoyándome en cada una de las decisiones que he tomado durante el transcurso de mi vida.

A mis hermanos y a todos mis familiares por su apoyo incondicional. En especial a mi esposa Paola Jiménez que siempre ha estado a mi lado motivándome y amándome incondicionalmente en todo este tiempo. El respeto y amor que siento por cada uno de ellos es incomparable e infinito.

A mis compañeros de la Universidad con los que trabajamos y luchamos para construir nuestras vidas profesionales alcanzando las metas y logros en todo este tiempo.

De igual manera agradezco a cada uno de los maestros que se esforzaron y nos enseñaron la teoría, la ciencia y el conocimiento lo cual son las herramientas que de aquí en adelante nos servirán para construir nuestra vida intelectual y profesional.

AGRADECIMIENTO

Andrés,

Agradezco primeramente a Dios por la vida y la salud que me ha brindado para que cada minuto de mi vida sea importante, a mi madre María Guadalupe que me ha apoyado en las buenas y malas, al inculcarme a través de su disciplina lo que soy actualmente.

A mi padre Wilson Paredes porque siempre confió en mí y a mi hermanita Catherine Paredes ya que ella significa muchísimo es mi inspiración y motivación, a mis mascotas Rufito y Junior que también llenaron mi vida.

A mi familia que está muy contenta por ver que logrado un ascenso más en mi nivel personal y profesional, a mis grandes amigos que supieron darme fuerzas para no desmayar durante el proceso.

A los maestros que tuve durante mi vida estudiantil que me supieron dar las pautas necesarias para poder escoger una carrera que me ayudara a sobresalir en esta vida tan dura y por último a las personas que indirectamente me guiaron a realizar tareas en beneficio de mi proyecto.

A la Ing. Mónica Vinueza por su paciencia y apoyo que nos brindó en el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Edwin,

Dedico a Dios, a mis padres, a mi esposa e hijos los cuales fueron la fuente de soporte y ánimo para desarrollar esta obra, espero que sea del agrado del lector y pueda ser una ayuda para reforzar los conocimientos.

DEDICATORIA

Andrés,

Dedico a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, es por ellos que soy lo que soy ahora, a mi hermanita por ser fuente de inspiración ya que en un momento de su vida paso por un momento muy difícil pero logró ser fuerte y valiente transmitiendo en mí para seguir adelante los amo con mi vida.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.	COMUNICACIONES INALÁMBRICAS	1
1.1.1.	VENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS	1
1.1.2.	DESVENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS	2
1.1.3.	TIPOS DE CONFIGURACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS	3
1.1.3.1.	Redes AD-HOC.	3
1.1.3.2.	Red de Infraestructura.	3
1.1.3.3.	Red de Infraestructura con estaciones de trabajo con acceso a la red cableada	3
1.2.	LA RED ZIGBEE	4
1.2.1.	INTRODUCCIÓN	4
1.2.2.	CARACTERÍSTICAS	6
1.2.3.	FUNCIONES DEL ESTÁNDAR ZIGBEE	7
1.2.3.1.	Búsqueda de RED (<i>Network Scan</i>)	7
1.2.3.2.	Creación de la red (<i>Creating</i>)	7
1.2.3.3.	Descubrimientos de los dispositivos (<i>Device Discovery</i>)	7
1.2.3.4.	Descubrimiento de servicio (<i>Service Discovery</i>)	7
1.2.3.5.	Unión (<i>Binding</i>)	7
1.2.3.6.	Asociación y Disociación de dispositivos (<i>Joining and leaving a network</i>)	7
1.2.3.7.	Configuración de un nuevo dispositivo (<i>Configuring a new device</i>)	7
1.2.3.8.	Direccionamiento (<i>Addressing</i>)	7
1.2.3.9.	Sincronización en una red (<i>Synchronization within a network</i>)	8
1.2.3.10.	Seguridad (<i>Security</i>)	8
1.2.3.11.	Asignación de ruta (<i>Routing</i>)	8
1.2.4.	TIPOS DE DISPOSITIVOS	8
1.2.5.	ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS	9
1.2.5.1.	Capa Física	10
1.2.5.1.1.	PDU de la Capa Física	11
1.2.5.2.	Nivel de enlace de datos.	11
1.2.5.2.1.	PDU MAC de datos	12

1.2.5.2.2. PDU ACK-----	12
1.2.5.3. Nivel de red -----	13
1.2.5.3.1. PDU de capa Red-----	13
1.2.5.4. Nivel de Aplicación -----	14
1.2.5.4.1. Componentes principales. -----	14
1.2.5.4.2. PDU de capa Aplicación-----	14
1.2.6. COMUNICACIÓN Y DESCUBRIMIENTO DE DISPOSITIVOS -----	15
1.2.7. MODOS DE FUNCIONAMIENTO -----	16
1.2.7.1. Modos de funcionamiento con balizas.-----	16
1.2.7.2. Modos de funcionamiento sin balizas.-----	17
1.2.8. SERVICIO DE FIABILIDAD Y SEGURIDAD -----	18
1.2.8.1. Modelo básico de seguridad. -----	18
1.2.8.2. Arquitectura de seguridad. -----	19
1.2.9. TOPOLOGÍAS DE LAS REDES ZIGBEE -----	20
1.2.9.1. Topología en estrella.-----	20
1.2.9.2. Topología en árbol-----	21
1.2.9.3. Topología en malla -----	22
1.2.10. TÉCNICAS DE MODULACIÓN-----	23
1.2.10.1. Modulación OQPSK (<i>Offset Quadrature Phase Shift Keying</i>) -----	23
1.2.10.2. Modulación BPSK (<i>Binary Phase Shift Keying</i>). -----	23
1.2.11. APLICACIONES DE LA RED ZIGBEE -----	24
1.3. MICROCONTROLADORES Y CHIP DE VOZ -----	25
1.3.1. EL MICROCONTROLADOR -----	25
1.3.1.1. Características generales-----	26
1.3.1.2. Arquitectura Básica de un Microcontrolador -----	27
1.3.1.2.1. <i>Memoria</i> -----	27
1.3.1.2.2. <i>CPU</i> -----	27
1.3.1.2.3. <i>Bus</i> -----	27
1.3.1.2.4. <i>Entrada y Salida</i> -----	28
1.3.1.2.5. <i>Comunicación serial</i> -----	28
1.3.1.2.6. <i>Temporizador</i> -----	28
1.3.1.2.7. <i>Perro guardián (Watchdog)</i> -----	28
1.3.1.2.8. <i>Conversor análogo/digital</i> -----	28
1.3.1.2.9. <i>Programa</i> -----	29
1.3.1.3. Gama de los Microcontroladores -----	29
1.3.1.3.1. <i>Gama baja</i> -----	29
1.3.1.3.2. <i>Gama media</i> -----	29

1.3.1.3.3. <i>Gama alta</i> -----	30
1.3.1.3.4. <i>Gama mejorada</i> -----	30
1.3.1.4. Aplicaciones de los microcontroladores.-----	31
1.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PIC16F877-----	31
1.3.2.1. Subfamilia instrucciones nomenclatura-----	32
1.3.2.2. Variantes principales-----	32
1.3.3. CHIP DE VOZ-----	32
1.3.3.1. Características del ISD25120P-----	33
1.3.3.2. Descripción de pines del ISD25120P-----	34
1.3.3.2.1. Alimentación (VCCA, VCCD, VSSA, VSSD)-----	35
1.3.3.2.2. Entrada de corte de corriente (PD - POWER DOWN)-----	35
1.3.3.2.3. Entrada para habilitar circuito (CE – CHIP ENABLE)-----	35
1.3.3.2.4. Entrada de reproducción/grabación (P/R – PLAYBACK/RECORD)-----	35
1.3.3.2.5. Señal de fin de mensaje y de funcionamiento (EOM)-----	35
1.3.3.2.6. Señal de desbordamiento (OVF)-----	36
1.3.3.2.7. Entrada de micrófono (MIC)-----	36
1.3.3.2.8. Entrada de referencia de micrófono (MIC REF)-----	36
1.3.3.2.9. Entrada de control automático de ganancia (AGC)-----	36
1.3.3.2.10. Salida analógica (ANA OUT)-----	37
1.3.3.2.11. Entrada analógica (ANA IN)-----	37
1.3.3.2.12. Salidas de altavoz (SP+ y SP-)-----	37

CAPÍTULO 2

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA

2.1. INTRODUCCIÓN-----	38
2.1.1. MÓDULO DEL SISTEMA.-----	39
2.1.1.1. Control administrativo.-----	39
2.1.1.2. Alerta para retirar pedido.-----	40
2.1.1.3. Tasa de crecimiento.-----	40
2.1.2. DISEÑO DEL SISTEMA.-----	40
2.1.2.1. Módulo Máster (MM).-----	40
2.1.2.2. Diagrama Estructural del Módulo Máster.-----	41
2.1.2.3. Módulo de radiofrecuencia-ZigBee-----	42
2.1.2.4. Unidad de Control-Microcontrolador-----	43

2.1.2.5.	Descripción de funcionamiento del Módulo Master -----	46
2.1.2.6.	Descripción de funcionamiento del Módulo Esclavo (ME)-----	49
2.1.2.7.	REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL MÓDULO MÁSTER -----	52
2.1.2.8.	PROGRAMA-----	54
2.1.2.8.1.	<i>Descripción del flujograma del módulo máster</i> -----	55
2.1.2.8.2.	<i>Líneas de Programación desarrollada para el Microcontrolador PIC 16F877A del Módulo Máster</i> -----	56
2.1.3.	MÓDULO ESCLAVO (ME)-----	59
2.1.3.1.	Diagrama Estructural del Módulo Esclavo.-----	60
2.1.3.2.	Módulo de radiofrecuencia-ZigBee-----	60
2.1.3.3.	Unidad de Control-Microcontrolador-----	61
2.1.3.4.	Módulo de reproducción de voz-----	62
2.1.3.5.	Indicador -----	63
2.1.3.6.	Representación física completa del módulo esclavo-----	63
2.1.3.7.	Programa -----	64
2.1.3.7.1.	<i>Descripción del flujograma del módulo esclavo</i> -----	64
2.1.3.7.2.	<i>Líneas de Programación desarrollada para el Microcontrolador PIC 16F877A del Módulo Esclavo</i> -----	65
2.1.4.	MÓDULO DE TASA DE CRECIMIENTO PARA MÓDULOS ESCLAVOS-----	66

CAPÍTULO 3

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO-----	68
--------------------------------	----

CAPÍTULO 4

4.1.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	71
4.1.1.	CONCLUSIONES-----	71
4.1.2.	RECOMENDACIONES-----	72
REFERENCIAS-----	73	
GLOSARIO -----	75	

ANEXOS:

ANEXO A: Especificaciones Técnicas de los Microcontroladores.

ANEXO B: Datos Técnicos del Chip de voz.

ANEXO C: Datos Técnicos del ZigBee.

ANEXO D: Diagramas PCB.

ANEXO E: Manual de usuario

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Ícono de la Zigbee Alliance-----	5
Figura 1.2 Arquitectura ZigBee -----	10
Figura 1.3 PDU de la capa física -----	11
Figura 1.4 Pila de protocolos IEEE 802.15.4 -----	12
Figura 1.5 PDU de datos-----	12
Figura 1.6 PDU ACK-----	13
Figura 1.7 PDU en capa Red -----	13
Figura 1.8 Trama en capa Aplicación -----	14
Figura 1.9 Topología en estrella-----	21
Figura 1.10 Topología en árbol -----	22
Figura 1.11 Topología en malla-----	22
Figura 1.12 Forma de onda de la modulación OQPSK -----	23
Figura 1.13 Forma de onda de la modulación BPSK -----	24
Figura 1.14 Grupos de aplicaciones ZigBee-----	25
Figura 1.15 Estructura típica del Microcontrolador -----	27
Figura 1.16 Diagrama de bloques del ISD25120P -----	33
Figura 1.17 Esquema del ISD25120P -----	34

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Diagramas del comportamiento global del sistema -----	38
Figura 2.2 Etapas que forman parte del sistema-----	39
Figura 2.3 Diagrama de Comportamiento del Control Administrativo -----	41
Figura 2.4 Diagrama Estructural Módulo Máster (MM)-----	41
Figura 2.5 Circuito del Módulo de radiofrecuencia del Módulo Máster (MM) -----	42

Figura 2.6 Ventana de configuración de ZigBee del programa X-CTU-----	43
Figura 2.7 Asignación de pines del PIC16F877A -----	44
Figura 2.8 Diagrama Esquemático de la conexión del PIC16F877A en el Módulo Máster (MM) -----	45
Figura 2.9 Diagrama esquemático completo del Módulo Máster -----	45
Figura 2.10 Diagrama esquemático de funcionamiento del teclado en el Módulo Máster-----	47
Figura 2.11 Imágen del teclado hexadecimal -----	48
Figura 2.12 Diagrama esquemático de funcionamiento de la línea de transmisión de datos entre el PIC16F877A y el ZigBee en el Módulo Máster -----	48
Figura 2.13 Diagrama esquemático de una red broadcast aplicada al sistema. -----	49
Figura 2.14 Diagrama Esquemático completo del Módulo Esclavo (ME)-----	49
Figura 2.15 Diagrama esquemático de la línea de transmisión de datos entre el ZigBee y el PIC16F628A en el Módulo Esclavo (ME) -----	50
Figura 2.16 Diagrama esquemático de funcionamiento de la línea de activación reproducción de audio del integrado ISD25120 en el Módulo Esclavo (ME)-----	51
Figura 2.17 Imagen del circuito del Módulo de Control (MC) -----	52
Figura 2.18 Imagen del circuito del Módulo de Radiofrecuencia (MR) -----	52
Figura 2.19 Imagen del producto terminado del Módulo de Control (MC)-----	53
Figura 2.20 Diagrama de Comportamiento del Subsistema de alerta para Retirar Pedido-----	59
Figura 2.21 Diagrama Estructural Módulo Esclavo (ME) -----	60
Figura 2.22 Ventana de Configuración de ZigBee del programa X-CTU-----	61
Figura 2.23 Asignación de pines del PIC16F628A -----	62
Figura 2.24 Diagrama esquemático del Microcontrolador -----	62
Figura 2.25 Diagrama esquemático del microcontrolador -----	63

Figura 2.26 Imagen del producto terminado del Módulo de Esclavo (ME) -----	63
Figura 2.27 Imagen del circuito para grabar y reproducir el ISD25120 del Módulo de tasa de crecimiento (MTC)-----	66
Figura 2.28 Imagen del producto terminado del Módulo de tasa de crecimiento (MTC)-----	67
Figura 2.29 Imagen del producto terminado del Módulo de tasa de crecimiento (MTC) con la ubicación del ISD25120 para su grabación-----	67

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Circuito Esclavo armado en Protoboard para pruebas de Funcionamiento-----	68
Figura 3.2 Placa armada del circuito esclavo-----	69
Figura 3.3 Placa de módulo esclavo vista inferior -----	70
Figura 3.4 Placa del módulo esclavo encapsulado-----	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 Estándares importantes en las comunicaciones inalámbricas-----	4
--	---

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto la implementación de un sistema de atención de turnos mediante radiofrecuencia y grabación de voz aplicada a un patio de comidas.

En el Capítulo I se presenta una introducción a las redes inalámbricas, topologías como las ventajas y desventajas con respecto a las redes cableadas. Contiene una introducción al estándar IEEE 802.15.4 conocido como ZigBee con su reseña histórica, características, arquitectura de protocolos detallando cada una de sus capas internas como también su modo de funcionamiento, fiabilidad y seguridad.

Parte también importante del proyecto es el estudio del Microcontrolador entrando con una introducción general, descripción, características y estructura interna como también la gama que existen en el mercado y sus aplicaciones poniendo un poco más de énfasis en el PIC16F877 que es el microcontrolador a usarse con sus características más importantes, se define además el chip de voz en cómo es su estructura interna, características y descripción de pines, para que el usuario conozca cada uno de los componentes que forman en este proyecto.

En el Capítulo II se cubre con todo lo relacionado al diseño, construcción y desarrollo del sistema en el cual se detalla los procesos de funcionamiento tanto del módulo Máster como del esclavo, explicándose el funcionamiento del Software y Hardware.

El Capítulo III describe los problemas ocurridos en el transcurso de la elaboración del proyecto y el resultado de las pruebas de funcionamiento.

El Capítulo IV contiene las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

PRESENTACIÓN

El servicio de turnos en los patios de comida de los diferentes Centros Comerciales se ve caotizado, ya que al momento de hacer un pedido y recibir un ticket, la persona debe estar pendiente de su orden causando molestia al estar en la fila esperando que esté listo, por lo que se tiene una aglomeración en el stand de comidas.

Bajo estos criterios se requiere disponer de un sistema de turnos con el uso de fichas inteligentes que anuncie al cliente que su orden está lista mediante señales visuales y audibles; lo cual posee la ventaja de reducir dicha aglomeración al esperar en su lugar, manteniendo el orden de retiro de pedidos.

Además de poseer un servicio cómodo, el operador máster tendrá la facilidad de manejar la activación de las fichas de acuerdo a la necesidad y desde el lugar que se encuentre ya que estos dispositivos poseen una tecnología inalámbrica denominada ZigBee.

Por lo que el sistema elaborado con ésta nueva tecnología ayudará a cumplir con la necesidad descrita anteriormente dando beneficios y comodidades a los usuarios.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS ^[1]

Una de las tecnologías más interesantes que posee la industria en la actualidad es la comunicación inalámbrica, a menudo se escucha cómo esta nueva evolución nos libra de los incómodos cables para la transmisión de datos, voz o video; cabe también mencionar que actualmente las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta decenas de Gbps, las inalámbricas alcanzan menores velocidades.

En la actualidad el uso de las comunicaciones inalámbricas ha permitido el desarrollo de infinitas aplicaciones a nivel mundial permitiendo la optimización de los recursos de anchos de banda, enlaces a largas distancias, uso del espectro radioeléctrico así como aspectos legales de las comunicaciones inalámbricas.

1.1.1. VENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS ^[2]

Las redes inalámbricas tienen diferentes ventajas en comparación con las redes cableadas, a continuación se describirán las más importantes:

Robusta y confiable. Se consideran soluciones inalámbricas robustas aquellas que tienen alcances por lo menos de 100 metros, esto quiere decir la movilidad dentro sus instalaciones. Un usuario puede optar por un sistema superior que automáticamente detecte el ambiente, para seleccionar la mejor señal de frecuencia de radio disponible y obtener máximos niveles de comunicaciones.

Para garantizar una conectividad a la velocidad más rápida posible incluyendo largo alcance o ambientes ruidosos, el usuario debe asegurarse que su nuevo sistema

pueda hacer cambios dinámicos de velocidades, basándose en las diferentes intensidades de señal y distancias del punto de acceso

Escalabilidad. Las redes inalámbricas tienen la facilidad de implementar diferentes topologías para satisfacer las necesidades dependiendo de las instalaciones y aplicaciones específicas además las configuraciones son más fáciles de cambiar y la facilidad de incorporar usuarios a la red.

Costo de propiedad reducido. Los negocios que utilizan redes inalámbricas tienen una gran ventaja, la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida pueden ser significativamente inferiores, ya que en ambientes dinámicos se requieren acciones y movimientos frecuentes, lo cual abarata los costos debido a que no hay instalaciones físicas.

Acceso a la Información. Las comunicaciones inalámbricas tienen la gran ventaja de acceder a la información a equipos portátiles aún sin estar conectados a una red, mejorando considerablemente la productividad.

1.1.2. DESVENTAJAS DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Menor ancho de banda. Las redes de cable actuales trabajan a 100 Mbps, mientras que las redes inalámbricas lo hacen a 11 Mbps. Es cierto que existen estándares que alcanzan los 54 Mbps y soluciones propietarias que llegan a 100 Mbps, pero estos estándares están en los comienzos de su comercialización y tiene un precio superior al de los actuales equipos Wi-Fi.

Incertidumbre tecnológica. La desventaja que tienen las redes de este tipo se derivan fundamentalmente de encontrarnos en un periodo transitorio de introducción, donde faltan estándares que permitan transmisiones más rápidas, también no está clara la obtención de licencias para las que utilizan el espectro radioeléctrico y son muy pocas las que presentan compatibilidad con los estándares de las redes cableadas, sin embargo, se está trabajando en ello, logrando hasta el momento un gran avance que ha permitido la implementación cada vez más para este tipo de comunicación.

Interferencias. Se pueden ocasionar por teléfonos inalámbricos que operen a la misma frecuencia, también puede ser por redes inalámbricas cercanas o incluso por otros equipos conectados inalámbricamente a la misma red.

Seguridad. En una red cableada es necesario tener acceso al medio que transmite la información mientras que en la red inalámbrica el medio de transmisión es el aire.

1.1.3. TIPOS DE CONFIGURACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS ^[3].

1.1.3.1. Redes AD-HOC.

En las redes AD-HOC la configuración es la más simple de las redes inalámbricas, en esta configuración todos los dispositivos se comunican entre sí, siempre y cuando se encuentren dentro del rango de comunicación.

1.1.3.2. Red de Infraestructura.

La red de Infraestructura es el conjunto de varias redes inalámbricas las que se pueden comunicar entre sí por medio de un punto común en todas ellas por lo tanto aumenta el rango de comunicación efectiva en la red permitiendo que los dispositivos no necesiten línea de vista entre sí.

1.1.3.3. Red de Infraestructura con estaciones de trabajo con acceso a la red cableada

En este tipo de configuración permite que una red de infraestructura se pueda conectar a una red cableada.

En el presente proyecto el dispositivo ZigBee modelo XB-24 se usará debido a que tiene una comunicación robusta, no necesita línea de vista, además que puede trabajar a considerables distancias y su configuración hace que sea menos susceptible al ruido.

	Estándar	Uso	Capacidad de proceso	Alcance	Frecuencia
<i>Irda</i>		WPAN	4 Mbps	Menor a 10 m	850 nm
UWB	802.15.3	WPAN	De 110 a 480 Mbps	Hasta 10 m	7,5 GHz
<i>Bluetooth</i>	802.15.1	WPAN	Hasta 720 Kpbs	Hasta 10 m	2,4 GHz
ZigBee	802.15.4	WPAN	250 kbps , 40 kbps y 20 kbps	Hasta 10 m	2.4 GHz, 915 MHz, 868 MHz
Wi-Fi	802.11g	WLAN	Hasta 54 Mbps	Hasta 100 m	2,4 GHz
WiMAX	802.16d	WMAN	Hasta 75 Mbps	Aprox. de 6 a 10 Km.	11 GHz
WCDMA/UMTS	3G	WWAN	Hasta 2 Mbps	Aprox. de 1,5 a 8 Km	1800, 1900, 2100 MHz

Tabla 1.1 Estándares importantes en las comunicaciones Inalámbricas [3].

1.2. LA RED ZIGBEE [4]

1.2.1. INTRODUCCIÓN

En la industria se está utilizando muy a menudo proyectos automatizados esto es, pequeños transmisores enlazados a un ordenador central que puedan ejecutar diferentes aplicaciones optimizando rendimiento y costos, para esto se ha desarrollado una aplicación dentro de las redes WPAN de baja tasa de transferencia (LR-WPAN) llamado ZIGBEE basado en el estándar IEEE 802.15.4.

ZIGBEE es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica creado por ZigBee Alliance la cual presenta soluciones para que sean implementadas por cualquier fabricante. El principal objetivo de ZigBee es establecer comunicaciones inalámbricas seguras con una tasa de envío bajo y el uso óptimo en la vida útil en las baterías, es ideal para conexiones con

diversos tipos de topologías lo que a su vez lo hace más seguro, barato y que no haya ninguna dificultad a la hora de su construcción porque es muy sencilla.

La red ZigBee apareció en 1998 debido a que los ingenieros al crear Wi-fi y Bluetooth vieron que estos estándares no eran adecuados para muchos usos ya que el enfoque principal era proveer al usuario soluciones inalámbricas rentables, fácil de usar, confiables y seguras. Al pasar los años continuaron con los estudios hasta que la primera versión 1.0 fue aprobada el 14 de diciembre del 2004, para diciembre del 2006 se aprobó ZigBee como protocolo que constituye la mayor parte de la especificación de su estructura de comunicaciones, para octubre del 2007 se produce la especificación introduciendo dos perfiles de operación ZigBee PRO y ZigBee; estos perfiles cumplen la misión de acotar la libre interpretación de los fabricantes pero a lo que no se pudo evitar eran los problemas de compatibilidad mutua.

La ZigBee Alliance, es una comunidad internacional de más de 100 compañías aliadas en las que se incluyen Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung entre otras; cuyo objetivo es establecer redes inalámbricas con capacidades de control y monitoreo que sean confiables, con bajo consumo energético y bajo costo, que el medio de comunicación sea vía radio y de modo bidireccional; todo basado en un estándar público global que permita a cualquier fabricante crear productos que sean compatibles entre ellos. Cuando se concibió este estándar, los primeros nombres que sonaron fueron: purlnet, RF-Lite, Firefly, y homerf Lite, finalmente se escogió el término ZigBee, sin embargo, el origen de este nombre es aún incierto, pero la idea surgió de una colmena de abejas movilizándose alrededor del panal y comunicándose entre ellas.



Figura 1.1 Icono de la ZigBee Alliance ^[4].

1.2.2. CARACTERÍSTICAS ^[5]

Las redes ZigBee operan en las bandas libres ISM de 868 MHz para Europa, 915 MHz Estados Unidos y de 2.4 GHz a nivel Mundial. El rango de frecuencias de 2.4 GHz define en 16 canales, cada uno de ellos con un ancho de banda de 5 MHz.

En las bandas de 868 / 915mhz las tasas de transferencia están entre 20 y 40kbps con una cobertura de 30 a 1000 metros; en la banda de 2,4 GHz hasta 250kbps con alcance de 10 a 200 metros. Posteriormente se realizó una revisión en el 2006 incrementando las tasas de datos máximas de las bandas de 868/915mhz, pasando a transmitir hasta 100 y 250kbps.

A pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WI-FI o Bluetooth su desempeño no se ve afectado, esto debido a su baja tasa de transmisión y a características propias del estándar IEEE 802.15.4.

Capacidad de operar redes de gran densidad, ZigBee permite que las redes manejen hasta 2^{16} dispositivos esto quiere decir, que puede escoger un canal de 16 posibles para controlar 65535 equipos, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, entre más nodos existan dentro de una red, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.

Cada red ZigBee tiene un identificador de red único, lo que permita que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema.

Es un protocolo de comunicación multi-salto, es decir, que se puede establecer comunicación entre dos nodos aun cuando estos se encuentren fuera del rango de transmisión, siempre y cuando existan otros nodos intermedios que los interconecten, de esta manera, se incrementa el área de cobertura de la red.

Su topología de malla (MESH) permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación aumentando su confiabilidad.

1.2.3. FUNCIONES DEL ESTÁNDAR ZIGBEE ^[3].

1.2.3.1. Búsqueda de RED (*Network Scan*)

Es la capacidad de un dispositivo de rastrear canales dentro del rango de comunicaciones, este rango es llamado POS (*Personal Operating Space*).

1.2.3.2. Creación de la red (*Creating*)

Es la capacidad de construir una red sobre canales sin utilizar dentro el POS.

1.2.3.3. Descubrimientos de los dispositivos (*Device Discovery*)

Identifica todos los dispositivos que están dentro de la WPAN.

1.2.3.4. Descubrimiento de servicio (*Service Discovery*)

Determina que características o servicios son soportados los dispositivos dentro de una red.

1.2.3.5. Unión (*Binding*)

Es la capacidad de comunicarse a nivel de capa aplicación con otros dispositivos en la red.

1.2.3.6. Asociación y Disociación de dispositivos (*Joining and leaving a network*)

Es la habilidad de adquirir nuevos miembros para la red y también que los miembros dejen la red.

1.2.3.7. Configuración de un nuevo dispositivo (*Configuring a new device*)

Se puede configurar el stack para operaciones requeridas.

1.2.3.8. Direccionamiento (*Addressing*)

Es la habilidad del coordinador ZigBee para asignar direcciones a dispositivos nuevos en la red.

1.2.3.9. Sincronización en una red (*Synchronization within a network*)

Es la habilidad de un dispositivo para lograr la sincronización con otro dispositivo a través del envío de tramas (*beacom*) o poleo (*polling*).

1.2.3.10. Seguridad (*Security*)

Se aplica a la seguridad de las tramas transmitidas y retirando seguridad a las tramas recibidas.

1.2.3.11. Asignación de ruta (*Routing*)

Es el enrutamiento de tramas a las direcciones establecidas.

1.2.4. TIPOS DE DISPOSITIVOS ^[6]

Existen tres tipos diferentes de dispositivos ZigBee según su desempeño en la red:

- *Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC)*. El tipo de dispositivo más completo, debe existir uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos, requieren memoria y capacidad de computación.
- *Router ZigBee (ZR)*. Además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario, puede actuar como router interconectando dispositivos separados en la topología de la red.
- *Dispositivo final (ZigBee end device, ZED)*. Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con el coordinador o un router, pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos (esclavo). De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

En base a su funcionalidad puede plantearse una segunda clasificación:

- *Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)*: Conocido como nodo activo, es capaz de recibir mensajes en formato del estándar 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como coordinador o router o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interface con los usuarios.
- *Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)*: Conocido como nodo pasivo, tiene capacidad y funcionalidad limitadas (especificada en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red.

Además:

- Todos los dispositivos deben tener 64 bits para direcciones IEEE.
- En direccionamiento corto (16 bits) son asignadas para reducir el tamaño de los paquetes.
- RFD requiere de 12KB a 16KB de memoria.
- FFD requiere de 16KB a 20KB de memoria

1.2.5. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS ^[6].

La definición de los distintos niveles se basa en el modelo OSI pero en los niveles inferiores estos son FISICO y ENLACE DE DATOS se definen bajo el estándar 802.15.4 las dos capas superiores son definidas por la Alianza ZigBee y corresponden a las capas de RED y de APLICACION las cuales tienen perfiles de uso, ajustes de la seguridad y mensajería.

Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interface de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores. Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos: **módulo de seguridad**, que es quien provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes, y el **módulo de**

administración del dispositivo ZigBee, que es quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.

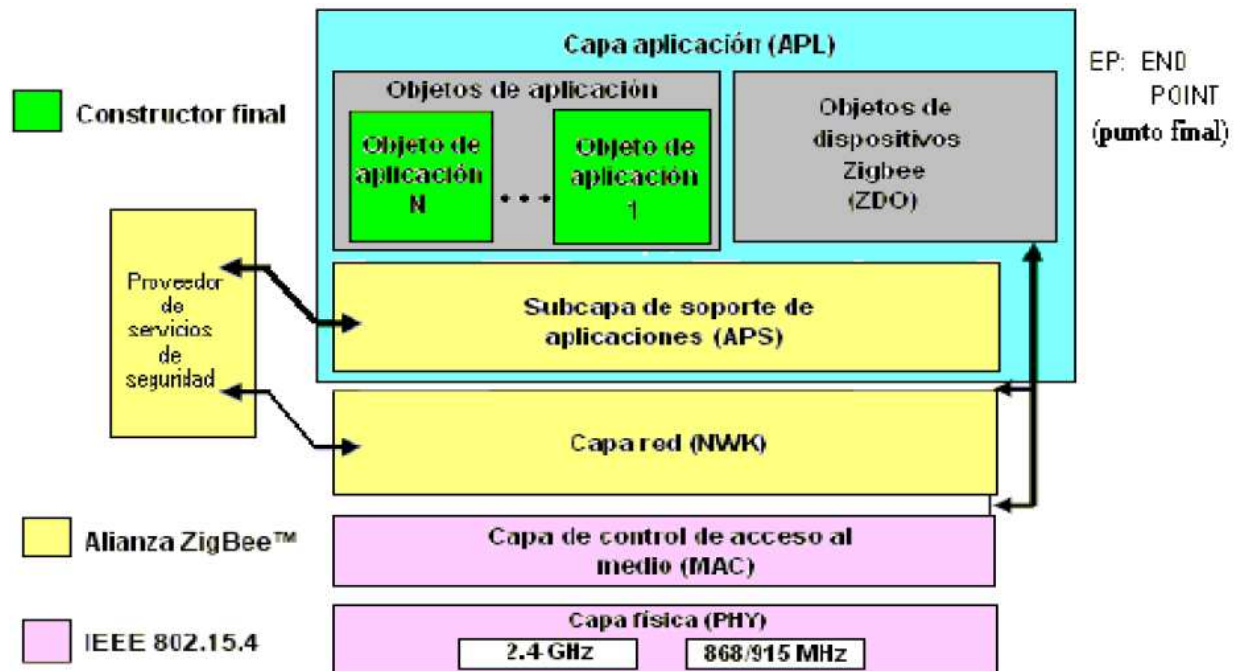


Figura 1.2 Arquitectura ZigBee [5].

1.2.5.1. Capa física

El nivel físico (PHY) proporciona el servicio de transmisión de datos sobre esta capa, así como la interfaz con la entidad de gestión del nivel físico, por medio de la cual se puede acceder a todos los servicios de gestión del nivel y que mantiene una base de datos con información de redes de área personal relacionadas. Entonces la capa PHY controla el transceptor de radiofrecuencia y realiza la selección de canales junto con el control de consumo y de la señal. Como ya se ha comentado con anterioridad, se opera en una de las tres posibles bandas de frecuencia siguientes:

- 868-868.8MHz: Europa. Permite de uno a tres canales.
- 902-928MHz: Norte América. Permite de diez a treinta canales.

- 2400-2483.5MHz: Uso en todo el mundo. Permite hasta dieciséis canales.

El estándar IEEE 802.15.4 utiliza la técnica DSSS (*Direct Sequency Spread Spectrum*) para transmitir la información a través del medio, adicionalmente se define una combinación opcional de modulación binaria y en amplitud para las bandas de menores frecuencias, basadas en una difusión de espectro paralela, no secuencial. Si se usan éstas bandas de menor frecuencia, se puede cambiar dinámicamente el nivel físico usado entre los soportados.

1.2.5.1.1. PDU de la Capa Física

Está formado por 5 bytes para sincronismo y un byte para indicar la longitud payload del nivel superior (Figura 1.3).

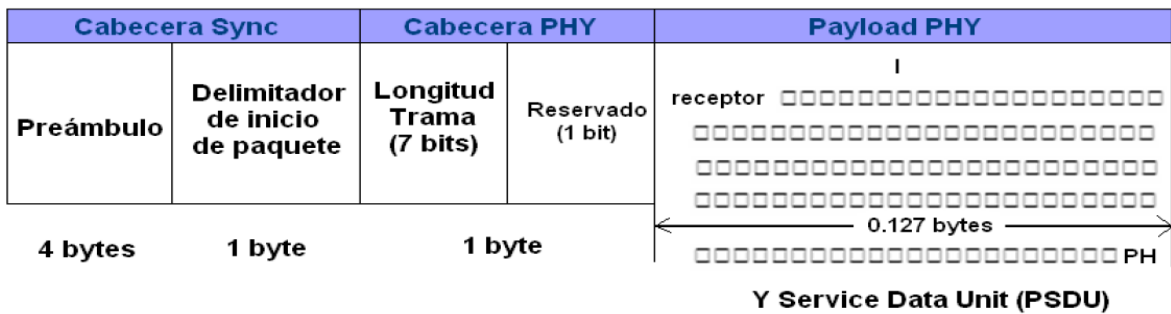


Figura 1.3 PDU de la Capa Física^[5].

1.2.5.2. Nivel de enlace de datos.

En este nivel se encuentra el Control de Acceso al Medio (MAC). Éste transmite tramas MAC usando para ello el canal físico. Además del servicio de datos, ofrece un interfaz de control y regula el acceso al canal físico y al balizado de la red. También controla la validación de las tramas y las asociaciones entre nodos, y garantiza *slots* de tiempo. Por último, ofrece puntos de enganche para servicios seguros.

El subnivel de convergencia o también llamado mapeo de datos externos a la red, recibe a través del punto de acceso al servicio. Esto incluye clasificaciones externas del servicio a proporcionar así como la asignación de un identificador a cada flujo de servicio. Estos flujos son unidireccionales de paquetes con una QoS asignada.

En el nivel de enlace de datos se puede localizar el Control de Enlace Lógico (LLC) que hace la función de interfaz con los niveles superiores de la pila de protocolos. En la Figura 1.4 se puede observar los niveles definidos por el estándar 802.15.4 y las capas intermedias que posibilitan la comunicación con los niveles superiores definidos por un tipo de especificación WPAN, como ZigBee.

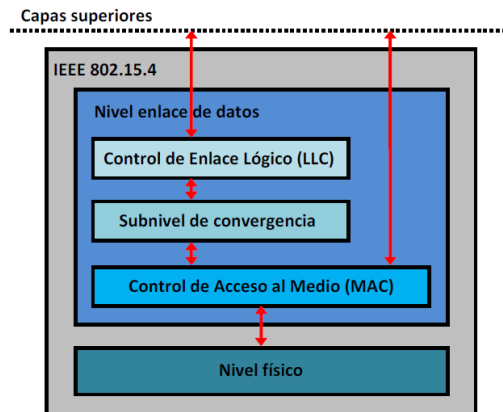


Figura 1.4 Pila de protocolos IEEE 802.15.4 [5].

1.2.5.2.1. PDU MAC de datos

En la información del payload posee de 0 a 104 bytes, utiliza un campo para secuencia de datos y control de errores FCS.

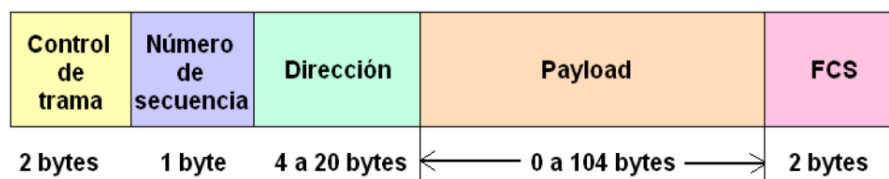


Figura 1.5 PDU de datos [5].

1.2.5.2.2. PDU ACK

Provee una realimentación del receptor al emisor para informar que el paquete ha sido recibido correctamente.

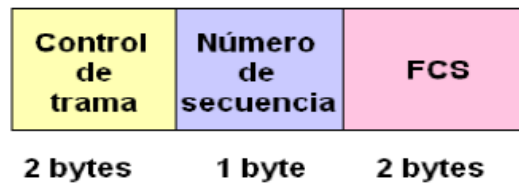


Figura 1.6 PDU ACK ^[5].

1.2.5.3. Nivel de red

El objetivo principal del nivel de red son permitir el correcto uso del subnivel MAC, definido por el estándar 802.15.4, y ofrecer un interfaz adecuado para su uso por parte del nivel inmediatamente superior, el nivel de aplicación. Sus capacidades son las típicas de un nivel de red clásico.

Por una parte, la entidad de datos crea y gestiona las unidades de datos del nivel de red a partir del *payload* del nivel de aplicación y realiza el ruteo en base a la topología de la red en la que el dispositivo se encuentra. Por otra parte, las funciones de control del nivel de red controlan la configuración de nuevos dispositivos y el establecimiento de nuevas redes; puede decidir si un dispositivo colindante pertenece a la red e identifica nuevos routers y vecinos. El control puede detectar así mismo la presencia de receptores, lo que posibilita la comunicación directa y la sincronización a nivel MAC.

1.2.5.3.1. PDU de capa Red

La trama comprende entre cabecera y payload, los campos en cabecera aparecen en orden fijo en los que de dirección y secuencia pueden o no ser incluidos en los paquetes, estos PDU's pueden ser de datos o de comando.

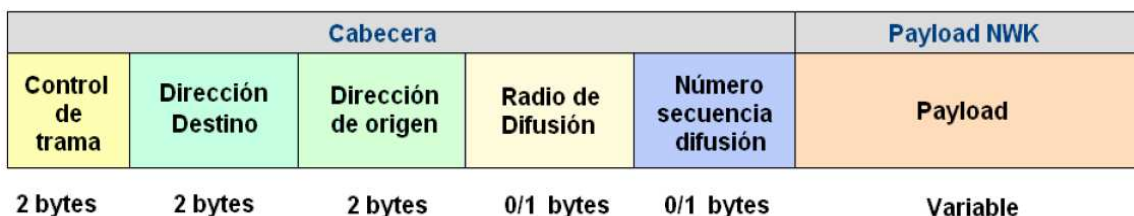


Figura 1.7 PDU en capa Red ^[5].

1.2.5.4. Nivel de Aplicación

El nivel de aplicación es la capa más alta en la que se encargan los fabricantes, por tanto, la interfaz efectiva entre el nodo ZigBee y sus usuarios. En él se ubican la mayor parte de los componentes definidos por la especificación: tanto ZDO's, como sus procedimientos de control y los objetos de aplicación.

1.2.5.4.1. Componentes principales.

El ZDO se encarga de la definición del rol de un dispositivo como Coordinador ZigBee o Dispositivo Final. Además, el ZDO identifica los dispositivos que se encuentran a un salto en la red (dispositivos vecinos) y los servicios que ofrecen. Tras ello, puede proceder a establecer enlaces seguros con dispositivos externos y responder peticiones.

El subnivel de soporte a la aplicación (APS, *Application Support Sublayer*) es el segundo componente básico del nivel. Como tal, ofrece una interfaz bien definida y servicios de control asociados. Trabaja como nexo de unión entre el nivel de red y el resto de componentes del nivel de aplicación. Mantiene actualizadas las tablas de asociaciones en forma de base de datos, que puede utilizarse para encontrar dispositivos adecuados en base a los servicios demandados y ofrecidos. Como puente entre dos niveles, encamina los mensajes a lo largo de la pila de protocolos.

1.2.5.4.2. PDU de capa Aplicación

En el PDU de capa Aplicación constituye de una cabecera y un payload, estas PDU's pueden ser datos, comandos y ACK en el campo de dirección incluye identificadores para los EndPoints (objetos), clúster y el perfil, al recibir un mensaje la aplicación procesa la información y determina a qué EndPoint notificar.

Cabecera					Payload APS
Control de trama	Endpoint de destino	Cluster ID	Profile ID	Endpoint de origen	Payload
1 bytes	0/1 bytes	0/1 bytes	0/2 bytes	0/1 bytes	Variable

Figura 1.8 Trama en capa Aplicación ^[5].

1.2.6. COMUNICACIÓN Y DESCUBRIMIENTO DE DISPOSITIVOS ^[7].

Para que los dispositivos que forman una aplicación puedan comunicarse, deben utilizar un protocolo de aplicación compartido. Estos acuerdos se agrupan en perfiles.

En el momento de establecer una comunicación entre los distintos dispositivos se realiza mediante pares de identificadores fuente y destino (identificadores de *cluster*), agrupando las parejas en tablas de asociaciones. Dichas tablas estarán correctamente almacenadas en los Coordinadores ZigBee.

En base a la información disponible, el descubrimiento de dispositivos puede efectuarse utilizando varios métodos. En caso de conocer la dirección de red, se pide la dirección IEEE utilizando *unicast*. Si no es así, se pide por *broadcast*. Los Dispositivos Finales ZigBee responden a estas peticiones con sus direcciones propias, mientras que los routers y coordinadores ZigBee envían también las direcciones de todos los dispositivos asociados a ellos.

Los identificadores de *cluster* favorecen la asociación entre entidades complementarias por medio de tablas de asociación, mantenidas en los Coordinadores ZigBee, ya que estas tablas siempre han de estar disponibles en una red. Los Coordinadores son los encargados de guardar las tablas ya que, de entre todos los nodos, son los que con mayor seguridad dispondrán de una alimentación continua. Para establecer asociaciones entre diferentes dispositivos se necesita que se haya formado un enlace de comunicación, tras ello se decide si es necesario adjuntar un nuevo nodo a la red en base a la aplicación y las políticas de seguridad.

Una vez establecida la asociación, pueden iniciarse las comunicaciones.

Existen dos modos de direccionamientos. Por una parte, el direccionamiento directo utiliza la dirección de radio y el número de *endpoint*; por otra parte, el direccionamiento indirecto necesita toda la información relevante (*dirección, endpoint, cluster y atributo*), y la envía al Coordinador de la red. El Coordinador es el encargado de traducir su petición y proporcionarle los datos deseados. Este último direccionamiento es especialmente útil para favorecer el uso de dispositivos muy sencillos y minimizar el almacenamiento interno.

1.2.7. MODOS DE FUNCIONAMIENTO ^[6].

El funcionamiento de ZigBee debe cumplir el bajo consumo de sus nodos. Para ello un nodo ZigBee, tanto activo como pasivo, reduce su consumo gracias a que puede permanecer “dormido” la mayor parte del tiempo, incluso muchos días seguidos. Cuando se dice que el nodo permanece “dormido” se refiere a que está a la espera de ser activado por parte del router o del coordinador ZigBee.

Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo ínfimo, para volverse a “dormir” cuando deje de ser requerido. El tiempo que tarda un nodo cualquiera en despertarse es de aproximadamente 15ms. Las redes ZigBee han sido diseñadas para conservar la potencia en los nodos esclavos (ZED), de esta forma se consigue el bajo consumo de potencia. La idea del funcionamiento ZigBee consiste en que los dispositivos esclavos en todo momento permanecen en modo “dormido” a no ser que sean activados, de tal forma que solo se “despiertan” por una fracción de segundo para confirmar que siguen en la red de dispositivos de la que forman parte, es decir, que siguen “vivos”. En las redes ZigBee, se pueden usar dos modos de funcionamiento diferentes: con balizas o sin balizas.

1.2.7.1. Modos de funcionamiento con balizas.

Es un mecanismo de control para el consumo de potencia en la red, este modelo de funcionamiento, el camino de transmisión y recepción está permanentemente controlada por un distribuidor que se encarga de controlar el canal y dirigir las transmisiones. El distribuidor permite a todos los dispositivos saber cuándo pueden transmitir.

Para el control del canal se utilizan las balizas, elementos que se usan para poder sincronizar todos los dispositivos que conforman la red. Los intervalos de las balizas son asignados por el coordinador de la red (Coordinador ZigBee) y pueden variar desde los 15ms hasta los 4 minutos.

Este modo es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos que conforman la red escuchan a dicho coordinador durante

el balizamiento (envío de mensajes a todos los dispositivos *-broadcast-*, entre 0.015 y 252 segundos). Un dispositivo que quiere intervenir, lo primero que tendrá que hacer es registrarse para el coordinador, y es entonces cuando mira si hay mensajes para él. En el caso de que no haya mensajes, este dispositivo vuelve a “dormir”, y se despierta de acuerdo a un horario que ha establecido previamente el coordinador. En cuanto el coordinador termina el balizamiento, todos los dispositivos de la red vuelven a “dormirse”.

1.2.7.2. Modos de funcionamiento sin balizas.

En este tipo cada dispositivo es autónomo, pudiendo iniciar una conversación en la cual los otros dispositivos pueden interferir. A veces puede ocurrir que el nodo destino puede no oír la petición o que el dispositivo emisor pretenda transmitir cuando el canal esté ocupado, ocasionando posibles colisiones. Es por ello que se debe utilizar un mecanismo de control de acceso al medio. Las redes sin balizas acceden al canal por medio del CSMA/CA. El CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) se basa en la escucha del canal por parte del nodo que pretende transmitir, y de esta forma detecta si algún otro nodo que compone la red está transmitiendo o tiene intención de ello. Al tratarse de un medio inalámbrico, se mueve la colisión por lo tanto para que la estación transmita, envía previamente un aviso que desea transmitir, si no hay tráfico en el canal, podrá hacerlo pasado un instante de tiempo; en caso de existir tráfico, deberá esperar un cierto tiempo de espera más en un intervalo de tiempo aleatorio.

Este sistema se usa típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos duermen prácticamente todo el tiempo. Para que se les tenga en cuenta, estos elementos se “despiertan” de forma regular para anunciar que siguen en la red.

Cuando se produce un evento, como por ejemplo que un sensor detecte algún movimiento, el sensor “despierta” instantáneamente y transmite a la alarma correspondiente. Es en ese momento cuando el coordinador de red recibe el mensaje enviado por el sensor y activa la alarma pertinente. En este caso, el coordinador de red se alimenta de la red principal durante todo el tiempo.

Los *routers* suelen estar activos todo el tiempo, por lo que requieren una alimentación estable en general. Esto permite redes heterogéneas en las que algunos dispositivos pueden estar transmitiendo todo el tiempo, mientras que otros sólo transmiten ante la presencia de estímulos externos.

En general, los protocolos ZigBee que no hacen uso de las balizas, minimizan el tiempo de actividad para evitar el uso de energía. En las redes con balizas, los nodos sólo necesitan estar despiertos mientras se transmiten las balizas (además de cuando se les asigna tiempo para transmitir); si no hay balizas, el consumo de cada dispositivo será distinto ya que encontraremos nodos activos permanentemente y otros que sólo lo están esporádicamente.

1.2.8. SERVICIO DE FIABILIDAD Y SEGURIDAD ^[8].

ZigBee ofrece servicios de soporte de comunicaciones seguras, protege el establecimiento y transporte de claves, el cifrado de trama y control de dispositivos eso sí, depende de la correcta gestión de las claves y la adecuada implementación de métodos y políticas de seguridad.

1.2.8.1. Modelo básico de seguridad.

Las claves son la base de la arquitectura de seguridad y, como tal, su protección es fundamental para la integridad del sistema. Las claves nunca deben transportarse utilizando un canal inseguro, exceptuando la conexión momentánea de la fase inicial que consiste en la unión de un dispositivo desconfigurado a una red. La red ZigBee debe tener gran cuidado con este aspecto, puesto que una red *Ad-Hoc* puede ser accesible físicamente a cualquier dispositivo externo, y el entorno de trabajo no se puede conocer de antemano. Las aplicaciones que se ejecutan utilizando el mismo transceptor deben, así mismo, confiar entre sí, ya que por motivos de coste no se asume la existencia de un cortafuego entre las distintas entidades del nivel de aplicación. Los distintos niveles definidos dentro de la pila de protocolos no están separados criptográficamente, por lo que se necesitan políticas de acceso, que se asumen correctas en su diseño. Este modelo de confianza abierta (*open trust*) posibilita la compartición de claves, disminuyendo de este modo el coste de forma

significativa. No obstante, el nivel que genera una PDU es siempre el responsable de su seguridad. Todos los datos de las PDU del nivel de red han de estar cifrados, ya que podría haber dispositivos maliciosos, de forma que el tráfico no autorizado se previene de raíz. De nuevo, la excepción es la transmisión de la clave de red a un dispositivo nuevo, lo que dota a toda la red de un nivel de seguridad único. También es posible utilizar criptografía en enlaces punto a punto.

1.2.8.2. Arquitectura de seguridad.

ZigBee utiliza claves de 128 bits en sus mecanismos de seguridad. Una clave puede asociarse a una red o a un enlace. Las claves de enlace se establecen en base a una clave maestra que controla la correspondencia entre claves de enlace. Como mínimo la clave maestra inicial debe obtenerse por medios seguros (transporte o preinstalación), ya que la seguridad de toda la red depende de ella.

Los distintos servicios usarán variaciones unidireccionales (*one-way*) de la clave de enlace para evitar riesgos de seguridad.

Es claro que la distribución de claves es una de las funciones de seguridad más importantes. Una red segura encarga a un dispositivo especial la distribución de clave; el denominado centro de confianza (*trust center*). En un caso ideal los dispositivos llevarán precargados de fábrica la dirección del centro de confianza y la clave maestra inicial. Si se permiten vulnerabilidades momentáneas, se puede realizar el transporte como se ha descrito. Las aplicaciones que no requieran un nivel especialmente alto de seguridad utilizarán una clave enviada por el centro de confianza a través del canal inseguro transitorio.

Por lo tanto, el centro de confianza controla la clave de red y la seguridad punto a punto. Un dispositivo sólo aceptará conexiones que se originen con una clave enviada por el centro de confianza, salvo en el caso de la clave maestra inicial. La arquitectura de seguridad está distribuida entre los distintos niveles de la siguiente manera:

- El subnivel MAC puede llevar a cabo comunicaciones fiables de un solo salto. En general, utiliza el nivel de seguridad indicado por los niveles superiores.

- El nivel de red gestiona el ruteo, procesando los mensajes recibidos y pudiendo hacer *broadcast* de peticiones. Las tramas salientes usarán la clave de enlace correspondiente al ruteo realizado, si está disponible; en otro caso, se usará la clave de red.
- El nivel de aplicación ofrece servicios de establecimiento de claves al ZDO y las aplicaciones, y es responsable de la difusión de los cambios que se produzcan en sus dispositivos a la red. Estos cambios podrían estar provocados por los propios dispositivos (un cambio de estado sencillo) o en el centro de confianza, que puede ordenar la eliminación de un dispositivo de la red, por ejemplo. También encamina peticiones de los dispositivos al centro de seguridad y propaga a todos los dispositivos las renovaciones de la clave de red realizadas por el centro. El ZDO mantiene las políticas de seguridad del dispositivo.

1.2.9. TOPOLOGÍAS DE LAS REDES ZIGBEE ^[5].

Las redes están compuestas por grupos de dispositivos separados por distancias suficientemente reducidas. Cada dispositivo posee un identificador único de 64 bits, aunque si se dan ciertas condiciones de entorno en éste pueden utilizarse identificadores cortos de 16 bits. Probablemente éstos se utilizarán dentro del dominio de cada PAN separadas.

Toda red necesita al menos un dispositivo coordinador (FFD), encargado de su creación, mantenimiento básico y control de sus parámetros. Seguidamente se revisará de forma detallada los distintos tipos de topologías de ZigBee, dónde se sitúa en cada uno de ellos el coordinador de la red y cuál es la topología más adecuada.

1.2.9.1. Topología en estrella.

En la topología en estrella el *Coordinador* se sitúa en el centro y cualquier conexión entre los distintos nodos de la red debe pasar por él.

Las ventajas que nos puede aportar una red en estrella sería la facilidad a la hora de implementarla, adecuada para redes temporales, el fallo de un nodo periférico no influiría en el comportamiento del resto de la red y no hay problemas con colisiones de datos ya que cada estación tiene su propia conexión al coordinador central.

La desventaja, la utilización de una red en estrella nos limita por el número de nodos que pueden estar conectados a la red, también se debe tener muy en cuenta que los costes de mantenimientos pueden aumentar a largo plazo, y que el fallo del nodo central puede echar abajo la red entera.

A causa de todo ello, se puede confirmar que una red en estrella puede ser poco fiable en el momento de realizar transferencias de información.



Figura 1.9 Topología en estrella [5].

1.2.9.2. Topología en árbol.

Para este tipo de topología el coordinador será la raíz del árbol. Desde una vista topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas, salvo en que no tiene un nodo central. En cambio, tiene un nodo de enlace troncal, generalmente ocupado por un *Coordinador PAN*, desde el que se ramifican los demás nodos.

Los problemas asociados a este tipo de topología radican en que los datos son recibidos por todas las estaciones sin importar para quien vayan dirigidos. Por lo tanto es necesario dotar a la red de un mecanismo que permita identificar al destinatario de los mensajes. Además, debido a la presencia de un medio de transmisión compartido entre muchas estaciones, pueden producirse interferencias entre las señales cuando dos o más estaciones transmiten al mismo tiempo.

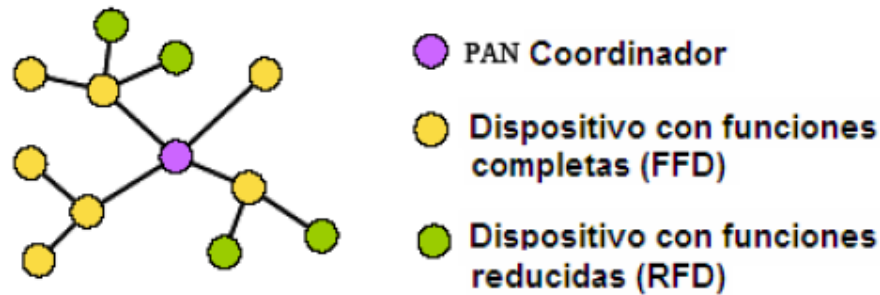


Figura 1.10 Topología en árbol ^[5].

1.2.9.3. Topología en malla.

Consiste en que al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones. Con ello se consigue que si, en un momento dado, un nodo del camino falla y se cae, pueda seguir la comunicación entre todos por los demás nodos.

El establecimiento de una red de malla es una manera de encaminar datos, voz e instrucciones entre los nodos. Esta configuración ofrece caminos redundantes por toda la red, de modo que si falla un cable, otro se hará cargo del tráfico.

Las redes de malla son autogenerables es decir, puede funcionar incluso cuando un nodo desaparece o la conexión falla, ya que el resto de nodos evitan el paso por ese punto. Consecuentemente, se forma una red muy confiable.

Gracias a las estructuras arbitrarias que permite la topología en malla, es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. A consecuencia de este tipo de estructura no se pueden usar tramas balizas.

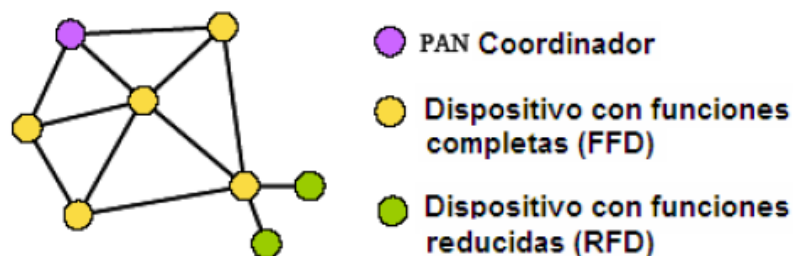


Figura 1.11 Topología en malla ^[5].

1.2.10. TÉCNICAS DE MODULACIÓN ^[7].

De acuerdo a las bandas de operación ZigBee tiene dos técnicas de modulación:

- 2.4 GHz con tasa máxima de transferencia de 250 Kbps, para este caso, modula en O-QPSK (Modulación con desplazamiento de fase en cuadratura con desplazamiento temporal).
- 868-928 MHz para tasa de datos entre 20 y 40 Kbps, para este otro, modula en BPSK (Modulación con desplazamiento de fase binaria).

1.2.10.1. Modulación OQPSK (*Offset Quadrature Phase Shift Keying*).

La modulación OQPSK consiste en el desplazamiento de fase de cada símbolo desplazados entre sí 90° , es decir con la portadora en cuadratura en la que normalmente se usan como valores de salto de fase 45° , 135° , 225° 315° .

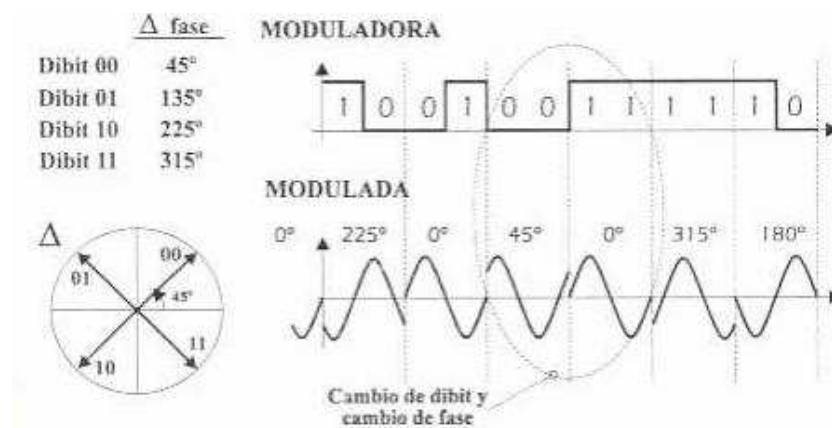


Figura 1.12 Forma de onda de la modulación OQPSK ^[9].

1.2.10.2. Modulación BPSK (*Binary Phase Shift Keying*).

La modulación BPSK consiste en una modulación por desplazamiento de fase de 2 símbolos por 1 bit de información, una fase de salida representa 1 lógico con un valor de salto de fase 0° , y con 0 lógico si el salto de fase es 180° .

En términos de eficiencia la modulación ortogonal mejora la funcionalidad en 2dB, pero con respecto a sensibilidad de recepción BPSK tiene una ventaja entre 6 a 8 dB.

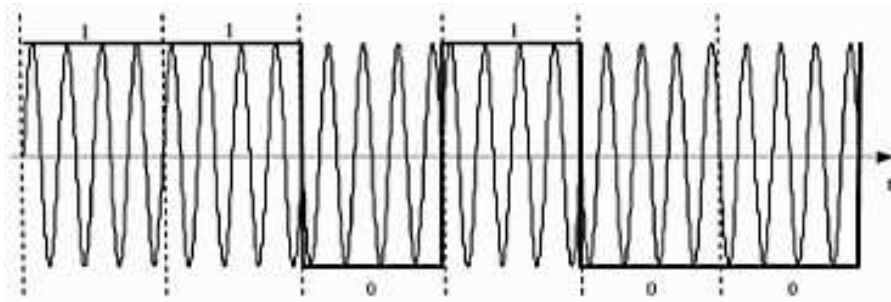


Figura 1.13 Forma de onda de la modulación BPSK ^[10].

1.2.11. APLICACIONES DE LA RED ZIGBEE ^[6].

Para el estándar ZigBee se han desarrollado para la conexión de redes aplicaciones específicas en monitorización y control, a continuación las aplicaciones más relevantes:

- En periféricos y electrónica de consumo: Teclados y ratones inalámbricos, controles y mandos inalámbricos, teléfonos, consolas de juegos portátiles, etc.
- Hogares automatizados: Para el control de luz en el encendido y apagado así como en intensidad de iluminación, en termostatos y aires acondicionados que pueden ser colocados en cualquier lugar sin la necesidad de realizar un cableado, sensores de movimiento, cerraduras electrónicas, detectores de humo, sistemas de riego, etc.
- Industrial y Comercial: En sistemas de medición avanzada luz, agua y gas, monitoreo de control en flujo de trabajo y línea de ensamblaje, etc.
- En la salud: Seguimiento de signos vitales de pacientes que se encuentran dentro del hospital, en el monitoreo permanente de ancianos y personas en estado delicado con dispositivos de alerta o problemas de salud. Debido a la larga vida útil de los ZigBee se está desarrollando con mucha fuerza sensores en los implantes.



Figura 1.14 Grupos de aplicaciones ZigBee [6].

1.3. MICROCONTROLADORES Y CHIP DE VOZ

1.3.1. EL MICROCONTROLADOR [11].

El Microcontrolador es un circuito integrado de alta escala capaz de llevar a cabo procesos lógicos, estos procesos y acciones son programados en lenguaje de ensamblador desarrollado por el usuario.

Un microcontrolador en su estructura tiene los siguientes componentes:

- PCU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para la retención de datos.
- Memoria de programa ROM / PROM / EPROM.
- Líneas de entrada / salida.
- Módulos para el control de periféricos.
- Generador de pulsos de reloj para sincronizar en el funcionamiento del sistema.

- Longitud de la palabra que determina el tamaño de los registros internos.
- Caché para aumentar la velocidad de proceso.

Con respecto a los productos que poseen un microcontrolador existen las siguientes ventajas:

- Para la implementación de un diseño dado la cantidad de espacio es muy reducido
- Reduce el costo de implementación.
- Para el desarrollo de aplicaciones específicas de forma rápida, eficiente y una mejora eficiente en el mismo.
- Se obtiene mayor flexibilidad ya que las características de control son programadas y cualquier modificación solo necesita cambios en el programa de instrucciones.
- Es muy fiable ya que el microcontrolador reemplaza una gran cantidad de elementos que pueden realizar la misma función, además que se puede detectar con más rapidez el problema y los fabricantes dan mayor soporte en aplicaciones comunes.

Como se puede ver el microcontrolador es un dispositivo electrónico que posee todos los componentes de un computador, al tener un reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna, este controlador tiene el nombre de controlador embebido (embedded controller).

1.3.1.1. Características generales

El Microcontrolador es un circuito integrado (chip) que contiene memoria (para almacenar programas), un procesador (para procesar y llevar a cabo los programas) y pines de entrada/salida (para conectar interruptores, sensores, y dispositivos de salida como los motores). Una vez programado, el microcontrolador se inserta dentro de un producto para hacerlo más inteligente y fácil de usar.

1.3.1.2. Arquitectura Básica de un Microcontrolador ^[8]

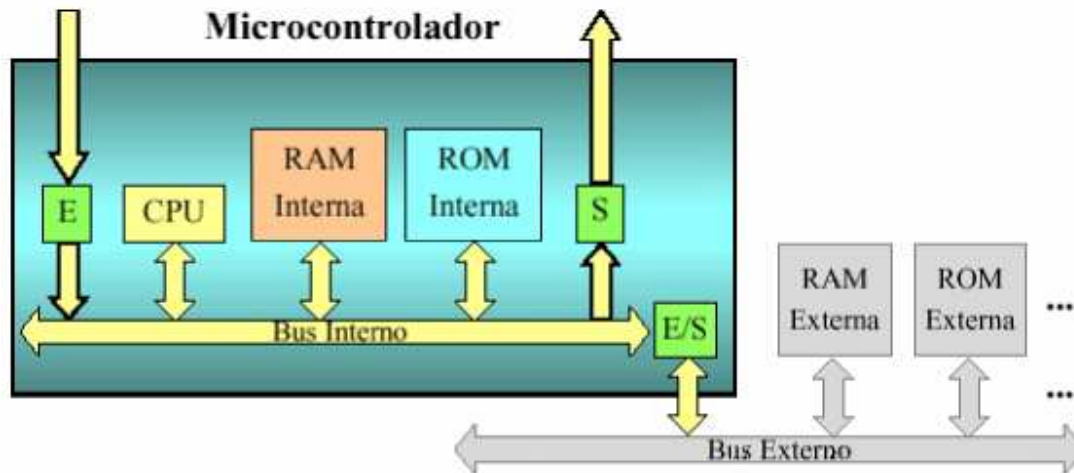


Figura 1.15 Estructura típica del Microcontrolador ^[8].

1.3.1.2.1. Memoria

Para manejar la memoria se requiere indicar la localidad mediante su dirección (direccionamiento) y recibir o mandar los datos que deseamos leer o escribir, poniendo un 1 o un 0 en la línea de lectura/escritura (R/W).

1.3.1.2.2. CPU

El CPU se encarga de realizar las operaciones aritméticas y lógicas auxiliándose de unas pocas localidades de memoria construidas para tal fin, llamadas registros. En ellos se almacenan los datos que va a procesar la unidad aritmética-lógica, ALU, así como los resultados. Es claro que tanto los datos a procesar “materia prima”, como los resultados “producto terminado” requieren ser intercambiados con la memoria, que tiene mayor capacidad de almacenamiento, lo que ocasiona la necesidad de una vía rápida para su comunicación, llamada bus.

1.3.1.2.3. Bus

El microcontrolador cuenta con dos tipos de buses: de datos y de direcciones. El número de pistas del bus de direcciones depende de la cantidad de memoria del

microcontrolador y el bus de datos depende del “ancho” de los datos, normalmente 8 bits.

El bus de direcciones sirve para transmitir direcciones entre el CPU y memoria, y el bus de datos para conectar el resto de bloques. Finalmente para enviar o recibir datos al microcontrolador se necesitan un bloque cuyas localidades de memoria estén conectadas al bus de datos por un extremo y por el otro a los pines (patitas) del microcontrolador.

1.3.1.2.4. Entrada y Salida

Llamados *puertos* y pueden ser de diferente tipo: de entrada, de salida o bidireccionales. Al trabajar con un puerto primero necesitamos seleccionarlo y después recibir o enviar los datos en los terminales.

El puerto se maneja como si fuese una localidad de memoria, se mandan o reciben datos a través de los pines del microcontrolador.

1.3.1.2.5. Comunicación serial

El microcontrolador trabaja en modo *full-duplex* con un protocolo serial NRZ (*Non-Return to Zero*) que requiere 3 líneas de transmisión.

1.3.1.2.6. Temporizador

Este bloque funcional se utiliza para manejar el tiempo. La unidad básica del *timer* es un contador “de carrera libre” que se incrementa a intervalos.

1.3.1.2.7. Perro guardián (Watchdog)

Permite reiniciar el microcontrolador. De hecho es también un contador de carrera libre, al cual se escribe un cero cada que se realiza con éxito un programa. Cuando se atasca no es posible escribirle el cero y el guardián reiniciará el microcontrolador.

1.3.1.2.8. Conversor análogo/digital

Ya que con frecuencia se necesita conectar el microcontrolador a dispositivos que en general una señal analógica, requiere de un bloque funcional que la convierta en una señal digital que pueda ser comprendida por el CPU del microcontrolador.

1.3.1.2.9. *Programa*

Los programas se realizan de acuerdo a los buenos métodos de programación que recomienda la ingeniería de software, tendrán que ser modulares, legibles, bien documentados, y desarrollados con algoritmos representados en forma de pseudocódigo o diagramas de flujo.

El lenguaje de programación será en principio ensamblador, y posteriormente se puede probar lenguajes de alto nivel como Basic o C.

1.3.1.3. **Gama de los Microcontroladores** ^[12].

1.3.1.3.1. *Gama baja.*

En la gama baja de los PIC, la memoria de programa puede contener 512, 1 K o 2 K palabras de 12 bits y son de tipo ROM, OTP o EPROM, para la memoria de datos SRAM la capacidad comprendida puede ser de 25 a 73 bytes.

Sólo disponen de un temporizador (TMR0) con un repertorio de 33 instrucciones y el número de terminales E/S está entre 12 y 20.

Con respecto a la alimentación soporta valores de 2 a 6,25 voltios lo cual habilita la opción de alimentar con baterías comunes y su bajo consumo de corriente menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz.

1.3.1.3.2. *Gama media.*

La denominada gama media es la más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 hasta 68 pines, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.

El repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

1.3.1.3.3. *Gama alta.*

La gama alta dispone de chips con 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y que disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertos de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 K palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos. Para este fin, algunos pines comunican con el exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se pueden conectar memorias o controladores de periféricos. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de pines, comprendido entre 40 y 44. Esta filosofía de construcción del sistema es la que se empleaba en los microprocesadores y no suele ser una práctica habitual cuando se empleaZ microcontroladores. Esta gama se utiliza en aplicaciones muy especiales, con grandes requerimientos.

1.3.1.3.4. *Gama mejorada.*

Soporta aplicaciones avanzadas creadas desde el tercer milenio en áreas de automoción, comunicaciones, ofimática y control industrial, poseen alta velocidad alrededor de 40 MHz y gran rendimiento.

Tiene un espacio de direccionamiento para memoria de programa que alcanza los 2MB y 4KB para la memoria de datos, además de la tecnología FLASH en la memoria de código.

Posee 77 instrucciones de 16 bits cada una permitiendo realizar una multiplicación 8x8 en un ciclo de instrucción, mover información entre memorias y modificar valor de 1 bit en un registro o en una línea de E/S.

1.3.1.4. Aplicaciones de los microcontroladores.

Existe una amplia gama de aplicaciones que en todo campo el uso de los microcontroladores es esencial, a continuación se describen algunos campos:

- Automatización industrial.
- Medida de control y procesos.
- Periféricos y dispositivos de computadoras.
- Electrodomésticos.
- Aparatos portátiles y de bolsillo.
- Máquinas expendedoras y juguetería.
- Instrumentación.
- Electromedicina.
- Robótica.
- Sistemas de navegación y seguridad.
- Domótica y Termoregulación, etc.

1.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PIC16F877 ^[14].

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

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

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

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

1.3.2.1. Subfamilia instrucciones nomenclatura

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

Existen algunas excepciones, como el PIC16C5X que maneja 33 instrucciones de 12 bits (posee empaquetados de 18 y 28 pines y se energiza con 2.5 volts) Algunos autores manejan una “gama enana” consistente en los PIC12C508 y PIC12C509 en empaque de 8 patitas y con un bus de instrucciones de 12 o de 14 bits.

1.3.2.2. Variantes principales

Los microcontroladores que produce Microchip cubren un amplio rango de dispositivos cuyas características pueden variar como sigue:

- Empaquetado (desde 8 patitas hasta 68 patitas).
- Tecnología de la memoria incluida (EPROM, ROM, Flash).
- Voltajes de operación (desde 2.5 v. Hasta 6v).
- Frecuencia de operación (Hasta 20 Mhz).

1.3.3. CHIP DE VOZ ^[13].

El ISD 25120P proporciona servicios de grabación y reproducción de mensajes vocales con una duración de 120 segundos en un solo circuito integrado. El dispositivo de clase CMOS integra todos los elementos necesarios para la digitalización y posterior reproducción de las señales, para lo cual incorpora el oscilador, preamplificador para micrófono, control automático de ganancia (AGC), filtro “antialiasing”, filtro de reconstrucción, amplificador de audio y una memoria no volátil con una estructura multi-nivel que permite la grabación de varios mensajes.

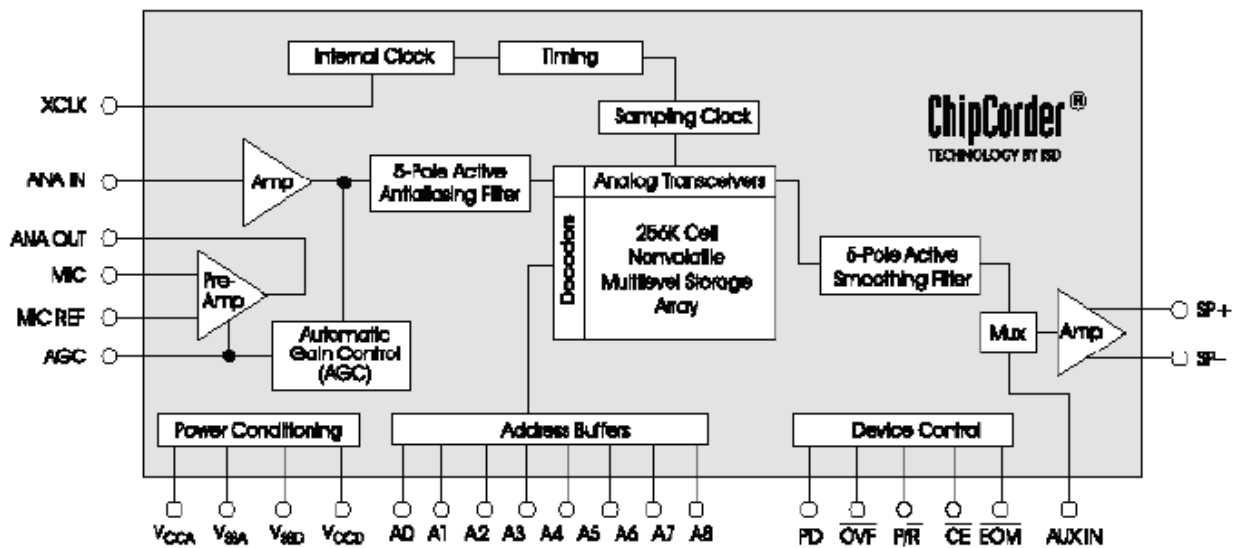


Figura 1.16 Diagrama de Bloques del ISD25120P ^[13].

Una de las ventajas del ISD 25120P reside en la utilización de una memoria EEPROM capaz de conservar el mensaje durante 100 años sin necesidad de alimentación y permitiendo que pueda ser grabado en el orden de 100.000 veces.

El chip de ISD almacena en esta memoria el dato en formato analógico directamente, por lo que se ahorra en el proceso dos conversiones, la A/D al grabar y la D/A al reproducir.

Cabe reseñar que el dispositivo puede funcionar de dos formas, en *Modo de Dirección* y en *Modo de Función*. En el primer modo la dirección proporcionada por las entradas de dirección marcará el inicio de la grabación o reproducción de los mensajes, mientras que en el segundo modo se han integrado 7 funciones (M0 - M6) que permiten la utilización del dispositivo de una forma sencilla.

1.3.3.1. Características del ISD 25120P

- Fácil uso del chip en la grabación y reproducción de voz
- Alta calidad, reproducción natural de voz o audio
- Manejo manual o a través de un microcontrolador, reproducción activada por flanco o por nivel

- Duración de 120 segundos en un solo chip
- Previsto para conexiones en cascada para largas duraciones de tiempo
- Power – Down automático (Corriente en standby típico de 1µA)
- Almacenamiento del mensaje en potencia cero
- Completamente direccionable para almacenar mensajes múltiples
- Reloj oscilador interno
- Fuente de alimentación de 5 VDC
- Tipo de empaquetamiento: SIOC, DIP, TSOP

1.3.3.2. Descripción de pines del ISD 25120P

A continuación se describe los pines de mayor importancia y los que van a ser utilizados en el diseño del sistema de mensajes de anuncio de voz.

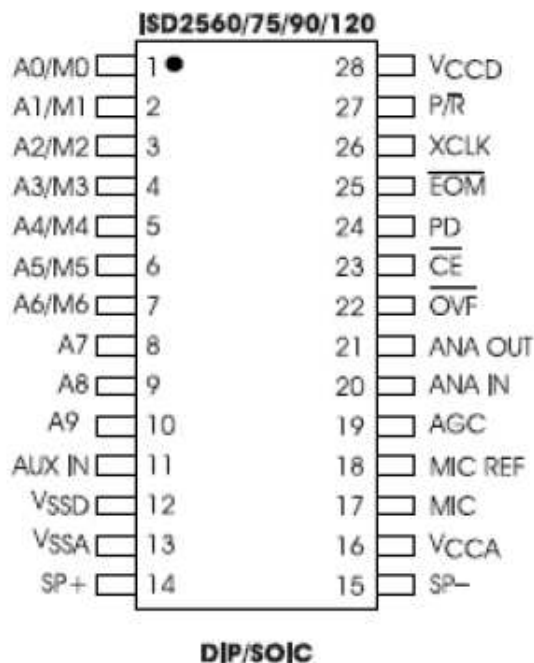


Figura 1.17 Esquema del ISD25120P ^[13].

1.3.3.2.1. Alimentación (VCCA, VCCD, VSSA, VSSD)

La tensión de alimentación es de 5 voltios. Para reducir al mínimo el ruido, las partes digital y analógica de los circuitos disponen de entradas de alimentación independientes.

1.3.3.2.2. Entrada de corte de corriente (PD - POWER DOWN)

Cuando la señal PD se pone a nivel alto el circuito entra en el modo de muy bajo consumo. Cuando se produce la condición de desbordamiento de la memoria, PD se utiliza para llevar el direccionamiento al inicio de la zona de grabación o reproducción.

1.3.3.2.3. Entrada para habilitar circuito (CE – CHIP ENABLE)

La entrada CE debe ponerse a nivel bajo para habilitar la operación del circuito. Las direcciones de entrada y la señal de grabación/ reproducción (P/R) son capturadas durante el flanco de bajada de la señal.

1.3.3.2.4. Entrada de reproducción/grabación (P/R – PLAYBACK/RECORD)

La entrada P/R permite seleccionar entre el modo de reproducción (nivel alto) y el de grabación (nivel bajo). Durante un ciclo de grabación la dirección de comienzo se proporciona a través de las correspondientes entradas y se detiene cuando se pone a nivel alto cualquiera de las señales PD o CE, cuando se produce un desbordamiento. Cada vez que se termina un ciclo de grabación mediante las señales PD o CE, se pone una marca de fin de mensaje (EOM) en la dirección de memoria donde se finalizó. Durante un ciclo de reproducción se proporciona la dirección de comienzo y la grabación se reproduce de manera continua hasta que se encuentra una marca de fin de mensaje (EOM).

1.3.3.2.5. Señal de fin de mensaje y de funcionamiento (EOM)

La salida EOM genera un pulso a nivel bajo al final de cada mensaje.

1.3.3.2.6. Señal de desbordamiento (OVF)

Se genera un pulso a nivel bajo cuando se agota el espacio de memoria. La salida OVF sigue a la entrada CE hasta que se reinicia el puntero de memoria con la señal PD. Esta salida puede utilizarse para la conexión de varios dispositivos en cascada.

1.3.3.2.7. Entrada de micrófono (MIC)

La entrada va conectada a un preamplificador integrado junto con un control automático de ganancia (AGC) que regula la ganancia de éste desde 15 hasta 24 dB. La conexión de un micrófono externo deberá hacerse a través de un condensador serie de desacoplo que, junto con la resistencia interna de 10 K Ω de la entrada, determina la frecuencia de corte inferior.

1.3.3.2.8. Entrada de referencia de micrófono (MIC REF)

Es la entrada no inversora del preamplificador para la conexión del micrófono y proporciona una cancelación de ruido gracias a su elevado grado de rechazo al modo común.

1.3.3.2.9. Entrada de control automático de ganancia (AGC)

El control automático de ganancia permite cubrir un amplio margen de niveles de entrada procedentes del micrófono, que van desde un pequeño susurro hasta sonidos muy altos. El tiempo de activación viene determinado por la constante de tiempo que conforma un condensador externo conectado entre AGC y VSSA y la resistencia interna de 5K Ω . El tiempo de desactivación viene determinado por la constante de tiempo asociada al condensador externo anterior junto con una resistencia externa conectada en paralelo con él. Los valores de 4.7 μ Fy 470K Ω para el condensador y la resistencia respectivamente dan en la mayoría de los casos un resultado satisfactorio.

1.3.3.2.10. Salida analógica (ANA OUT)

La salida del conjunto preamplificador control automático de ganancia se conduce a través de este pin.

1.3.3.2.11. Entrada analógica (ANA IN)

A través de esta entrada se conduce la señal al chip para su grabación. La señal de entrada debe desacoplarse con un condensador externo de $0.1\mu\text{F}$ en serie con una resistencia de $5.1\text{K}\Omega$, incluso si procede de la salida ANA OUT (caso de un micrófono), debiendo tenerse en cuenta que este condensador junto con la resistencia interna de $3\text{K}\Omega$ de la entrada conforma un filtro pasabajo que pudiera recortar la señal.

1.3.3.2.12. Salidas de altavoz (SP+ y SP-)

Salida diferencial para altavoces capaz de proporcionar 50 mW sobre un altavoz con impedancia de 16Ω si la señal procede de AUX IN o 12.2 mW si procede de la memoria. Cuando se usan varios dispositivos no se deben conectar en paralelo las salidas de altavoz, ya que podría dañar los dispositivos. Nunca se deben poner a masa las salidas de altavoz.

CAPÍTULO 2

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA

2.1. INTRODUCCIÓN ^[16].

En el diseño del equipo se encuentran muchos factores que en el momento de su realización llegan a ser fundamentales; se han considerado sus características técnicas, desarrollo de su funcionamiento y el producto terminado, de manera de conseguir un sistema final totalmente operativo.

A continuación se presenta un diagrama global de los pasos a seguir cuando se ejecuta un pedido desde caja hasta que el cliente retira el pedido, con esto se puede ver el alcance técnico del sistema desde su operatividad.

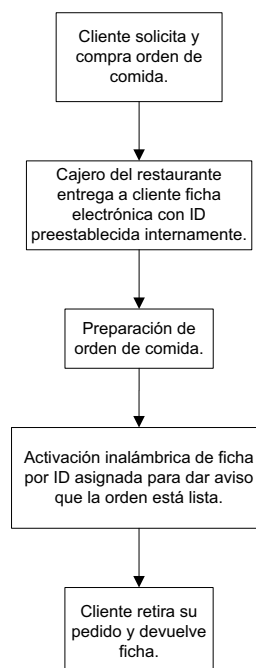


Figura 2.1 Diagramas del comportamiento global del sistema ^[16].

El desarrollo del sistema se fundamenta en el diagrama de comportamiento de la figura 2.1, de ahí nace el diseño de los diferentes subsistemas que harán que el desarrollo práctico cumpla las expectativas establecidas.

2.1.1. MÓDULO DEL SISTEMA.

El proyecto en su conjunto y de manera más global tiene etapas de vital importancia, se conforma de tres módulos cada uno con los aspectos tecnológicos requeridos para su funcionalidad y operatividad. La figura 2.2 muestra la integración por etapas del sistema.

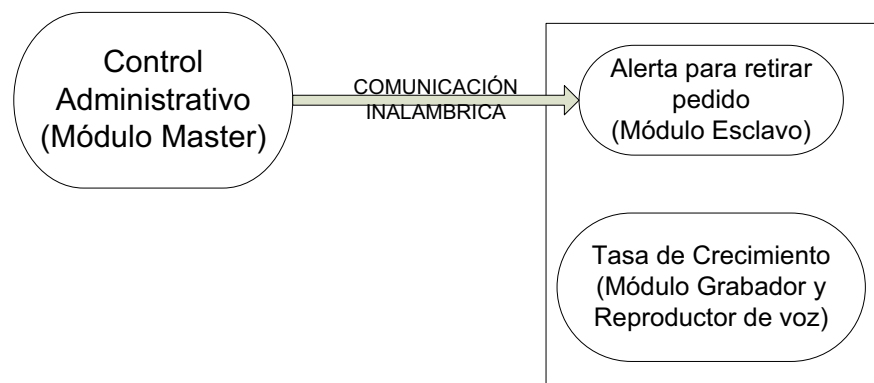


Figura2.2 Etapas que forman parte del sistema ^[16].

2.1.1.1. Control administrativo.

El Módulo Máster es manipulado por el administrador del Sistema es decir, en el caso de un patio de comidas el personal encargado de recibir las órdenes de consumo de los clientes, manejaría el Módulo Máster del Sistema, ya que al momento que se realiza un pedido de comida, el administrador debe otorgar al usuario una ficha electrónica para que se la lleve a la mesa donde degustará su pedido para que cuando pase el tiempo de cocción o preparación de su orden de comida el administrador en el Módulo Máster activa de manera inalámbrica la dirección única de la ficha(Módulo esclavo) con lo que el cliente se acercará a retirar su pedido.

2.1.1.2. Alerta para retirar pedido.

El Módulo Máster y el Módulo Esclavo cuentan con un dispositivo de comunicación inalámbrica (ZigBee - XB24), los cuales trabajando en conjunto permitirán transmitir hasta una distancia de 100 metros en línea abierta la dirección única de la ficha que active el administrador cuando se encuentre el pedido listo para su consumo.

La alerta que puede percibir el usuario es una voz que sale internamente desde el dispositivo diciendo “*SEÑOR USUARIO SU ORDEN ESTA LISTA*” y además un Led parpadeante ubicado en la parte superior del dispositivo.

2.1.1.3. Tasa de crecimiento.

Generalmente en los patios de comidas existen horas de mayor demanda para recibir el turno cuando los alimentos están listos, por lo cual no se puede en ningún local de servicio de comida tener un número reducido de fichas electrónicas, por tal motivo en el proyecto se añade un dispositivo que permite aumentar el número de fichas, cabe precisar que el dispositivo de expansión de esclavos ayuda a grabar con la voz del administrador en el integrado ISD25120, ISD2590 o ISD2560 lo que permiten almacenar la voz durante un tiempo de 120 segundos, 90 segundos y 60 segundos respectivamente.

2.1.2. DISEÑO DEL SISTEMA.

2.1.2.1. Módulo Máster (MM).

El Módulo Máster encargado del control administrativo global del sistema se genera a partir de algunos subsistemas o submódulos que se integran respecto al diagrama de comportamiento de la figura 2.3, con lo cual se puede ver mediante la dirección de las flechas el sentido de fluidez de los datos a manejarse internamente en éste Módulo.

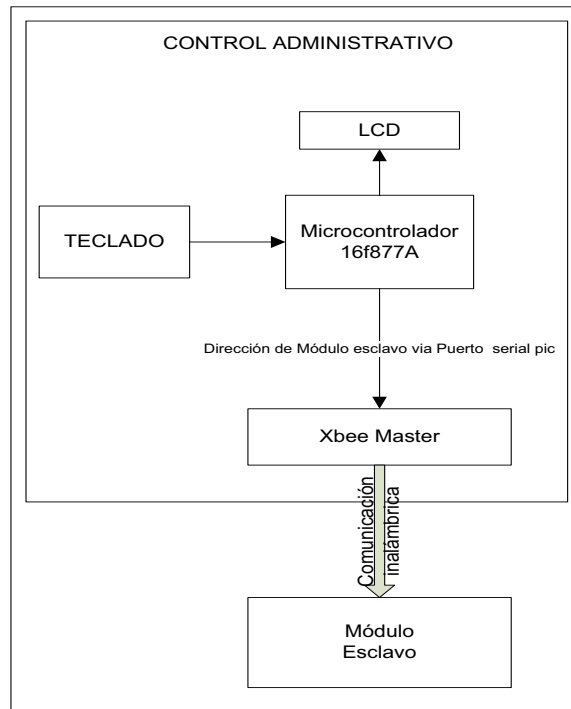


Figura2.3 Diagrama de Comportamiento del Control Administrativo [16].

2.1.2.2. Diagrama Estructural del Módulo Máster.

La construcción real del dispositivo conlleva a ubicar y analizar elementos importantes que se asocian de manera obligada al diagrama de comportamiento de la figura 2.4

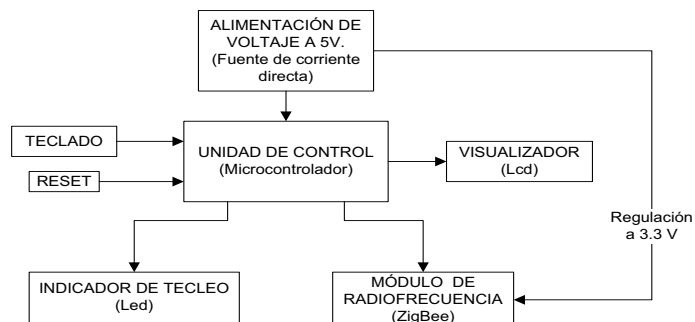


Figura 2.4 Diagrama Estructural Módulo Máster (MM) [16].

2.1.2.3. MÓDULO DE RADIO FRECUENCIA-ZIGBEE

Dentro de la tecnología ZigBee se ha utilizado el modelo XB-24 por motivos que es de bajo costo y se lo puede encontrar en el mercado ecuatoriano, además tiene un notable alcance de 100 metros en línea de vista para la aplicación.

Para su uso se necesita alimentar al ZigBee con un rango de voltaje entre 2.8 y 3.3 voltios DC establecido por el fabricante, por cual se implementa un regulador de voltaje, el LM317 y un juego de resistencias basados en el siguiente cálculo:

$$R2 = \left(\frac{R1}{V_{ref}} \right) (V_{out} - V_{ref})$$

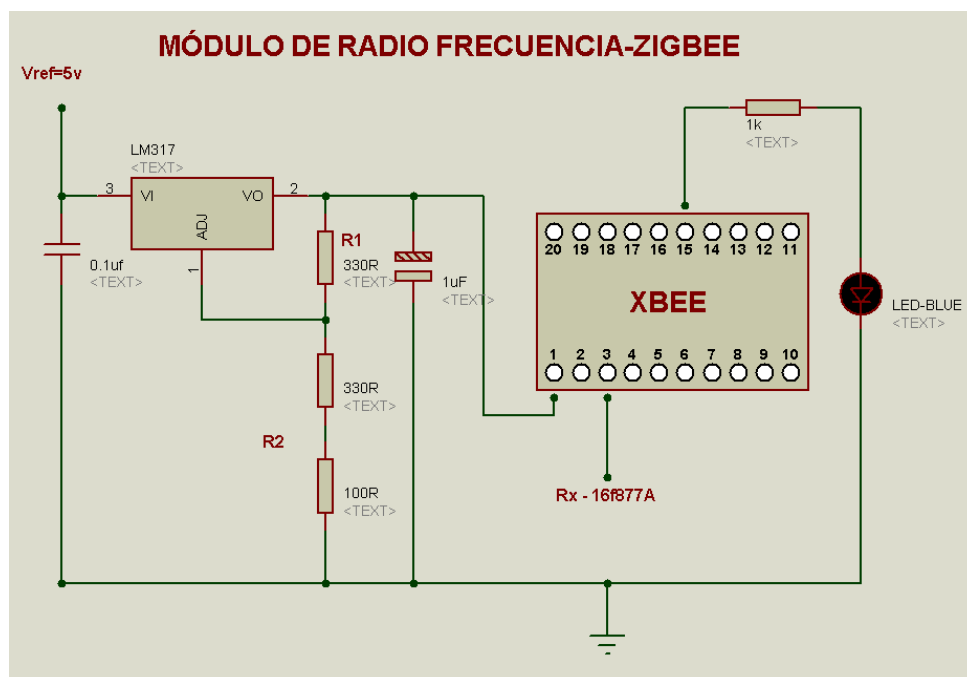


Figura 2.5 Circuito del módulo de radiofrecuencia del Módulo Máster (MM) [16].

Para configuración *broadcast* de una red ZigBee en el sistema, en el Módulo Máster la configuración es la siguiente.

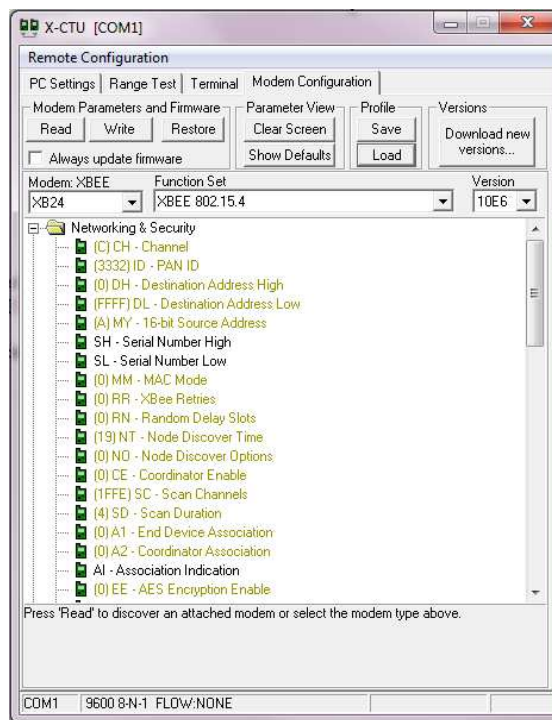


Figura2.6 Ventana de configuración de ZigBee del programa X-CTU [15].

2.1.2.4. UNIDAD DE CONTROL-MICROCONTROLADOR

El Microcontrolador 16F877A es una opción muy buena en el momento de elegir entre otros similares en el mercado, tiene los pines suficientes para ésta aplicación, se lo encuentra fácilmente en las tiendas electrónicas locales y a un buen precio.

Sus características principales son las siguientes:

- Memoria de Programa tipo Flash 8Kx14
- Memoria Datos 368 bytes
- EEPROM 256 bytes

- 33 pines de Entrada/Salida
- Encapsulado: 40 pines DIP, 44 pines PLCC y 44 pines TQFP
- Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5VDC
- 1 Conversor A/D de 10-bits (8 canales)
- 2 Módulos CCP (Captura, Comparador, PWM)
- 1 Módulo IC
- 1 USART (Puerto Serie)
- 2 Timers de 8 bits
- 1 Timer 16 bits

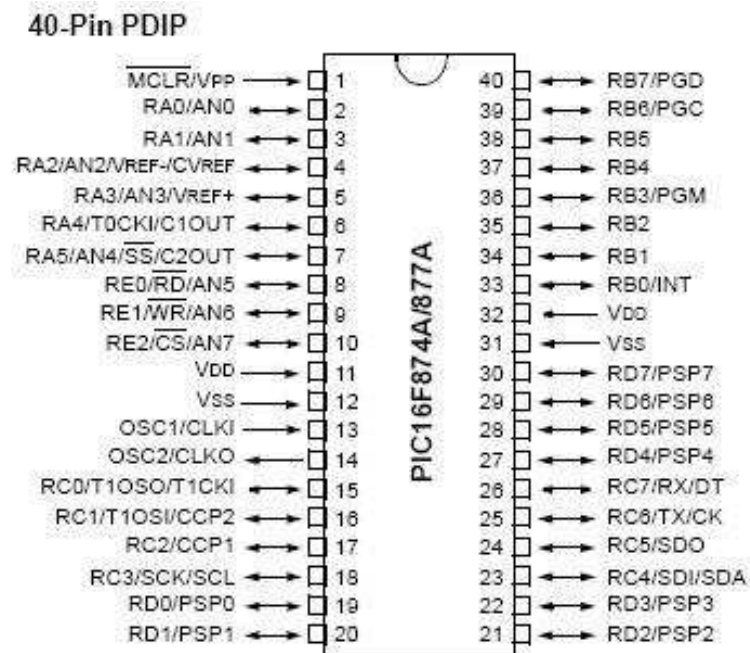


Figura2.7 Asignación de pines del PIC16F877A ^[14].

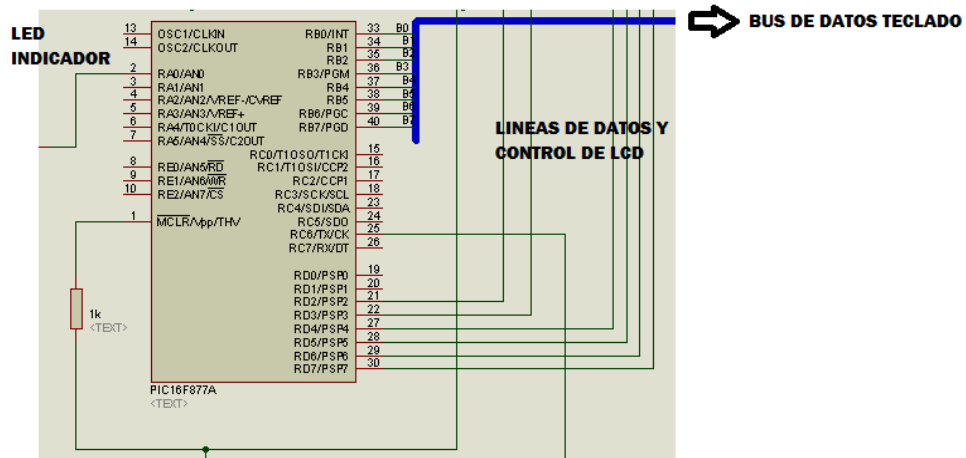


Figura 2.8 Diagrama Esquemático de la conexión del PIC16F877A en el Módulo Máster (MM) [16].

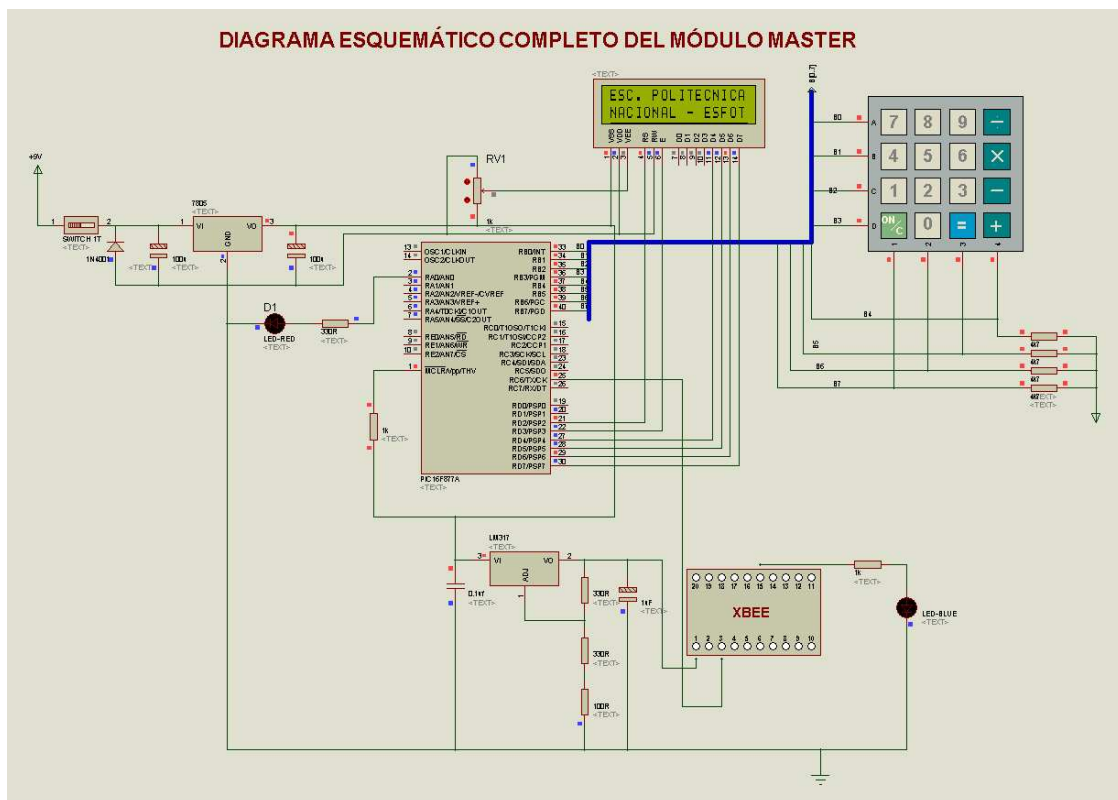


Fig. 2.9 Diagrama esquemático completo del Módulo Máster [16].

2.1.2.5. Descripción de funcionamiento del Módulo Master

El funcionamiento del Módulo Máster empieza con una fuente de alimentación regulada, utilizando un regulador de voltaje de 5 voltios DC mediante el integrado LM7805, este voltaje alimenta al microcontrolador 16F877A, al LCD, al regulador de voltaje de 3.3 voltios, al ZigBee y además alimenta a las resistencias pull-up de 4.7 K Ω que acompañan al funcionamiento del teclado.

Inicialmente al encender el Módulo Máster se visualiza en la LCD un mensaje de bienvenida con el siguiente texto:

- ✓ “ESCUELA POLITECNICA NACIONAL - ESFOT”, durante 5 segundos
- ✓ “EDWIN DONOSO”, mediante 5 segundos
- ✓ “ANDRES PAREDES”, durante 5 segundos

Posterior al mensaje de inicio se visualiza ya en estado de reposo el mensaje “INGRESE SU PEDIDO”, donde internamente el microcontrolador realiza un barrido mediante los pines RB0, RB1, RB2 y RB3, los mismos que se conectan directamente con las filas del teclado (4 filas y 4 columnas), mientras que las resistencias pull-up de 4.7 k Ω se conectan a las columnas del teclado y los pines RB4, RB5, RB6 y RB7 del pic.

Con la configuración indicada al momento de presionar cualquier número del teclado se recibirá un 0 lógico en los pines RB4, RB5, RB6 y RB7 con lo que por programación se sabrá que tecla es; esto es debido a que se cierra el circuito conformado por los pines del barrido, el teclado y las resistencias pull-up.

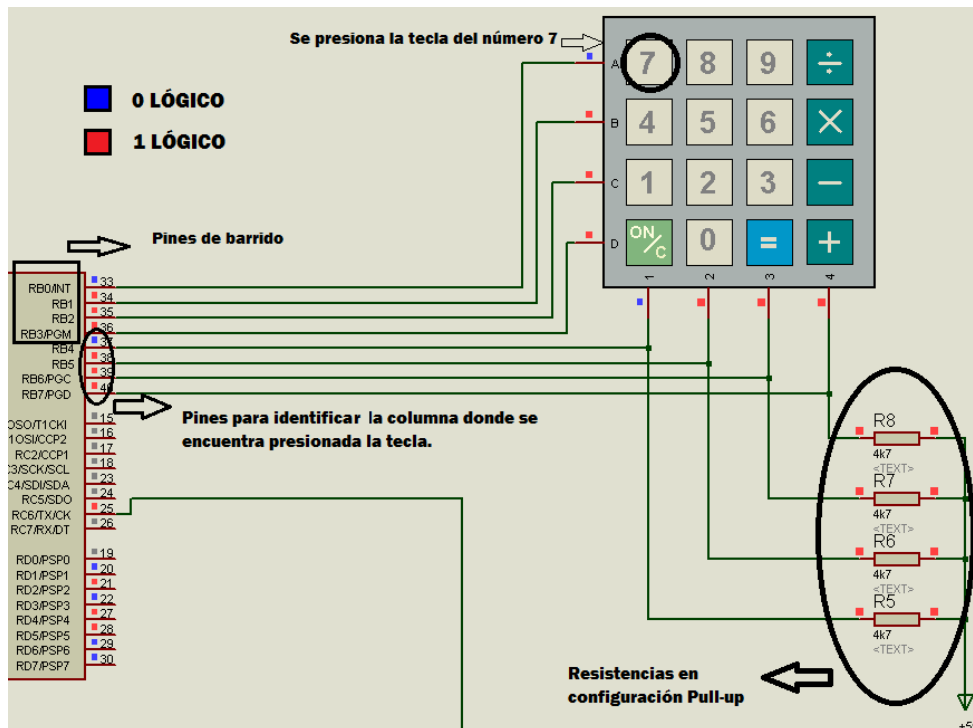


Figura 2.10 Diagrama esquemático de funcionamiento del teclado en el Módulo Máster [16].

Con el número asignado a la matriz de 4 x 4 que se encuentra en el teclado, se almacena en una variable dentro del microcontrolador y dicha variable se visualiza en la LCD con la conexión que se especifica a continuación:

- Bits de datos - pines RD4, RD5, RD6, RD7
- Bit de activación (ENABLE) – pin RD3
- Bit de reseteo (RESET) – pin RD2
- Bit de escritura y lectura (RW) – conectar a GND

En modo espera el administrador ingresa la dirección de la ficha que desea dar aviso inlamabricamente, para ello presiona la tecla de envío asignada por programación.

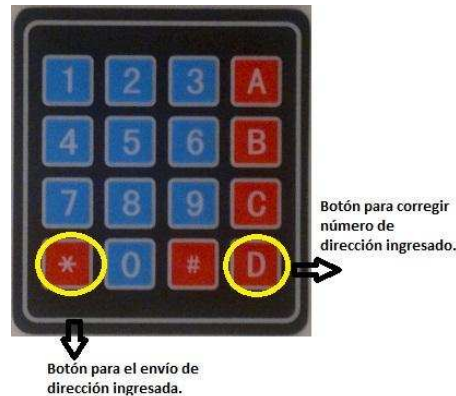


Figura 2.11 Imagen del teclado hexadecimal [16].

Para el envío inalámbrico de la dirección del esclavo, se lo hace mediante el pin RC6/TX (pin número 25), en la programación del microcontrolador está activado el hardware del módulo de comunicación serial (USART), recibe dicha información el pin 3 del Xbee (DATA IN), con lo que enviará inalámbricamente basado en la norma IEEE 802.15.4 adicionalmente el ZigBee maestro requiere tener en su configuración FFFF en *Destination Address Low (DL)* para que pueda enviar el dato ingresado por teclado a todos los esclavos.

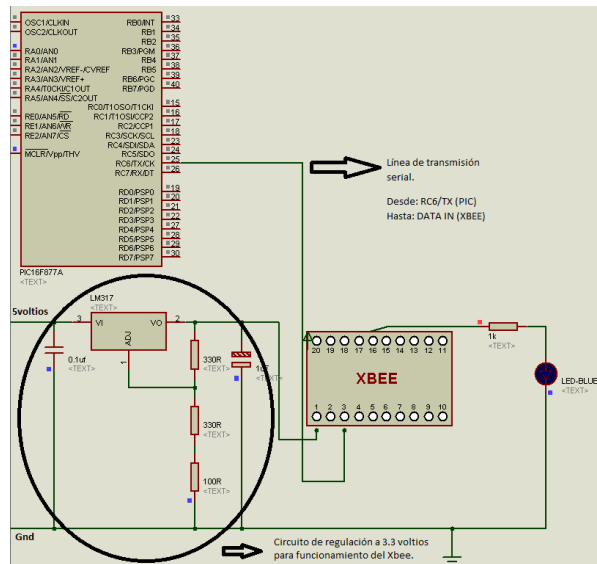


Figura 2.12 Diagrama esquemático de funcionamiento de la línea de transmisión de datos entre el PIC16F877A y el ZigBee en el Módulo Máster [16].

El dato inalámbrico es recibido por todos los esclavos que se encuentran en la misma red broadcast, el Microcontrolador de cada esclavo tiene la función de comparar el dato recibido con su dirección única asignada por programación.

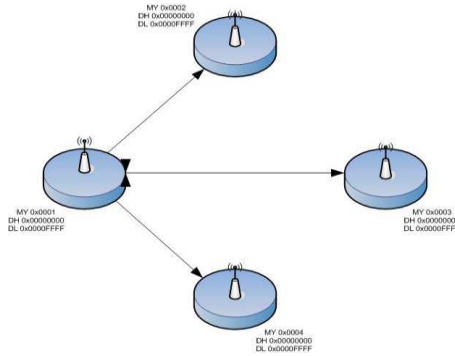


Figura 2.13 Diagrama esquemático de una red broadcast aplicada al sistema.

2.1.2.6. Descripción de funcionamiento del Módulo Esclavo

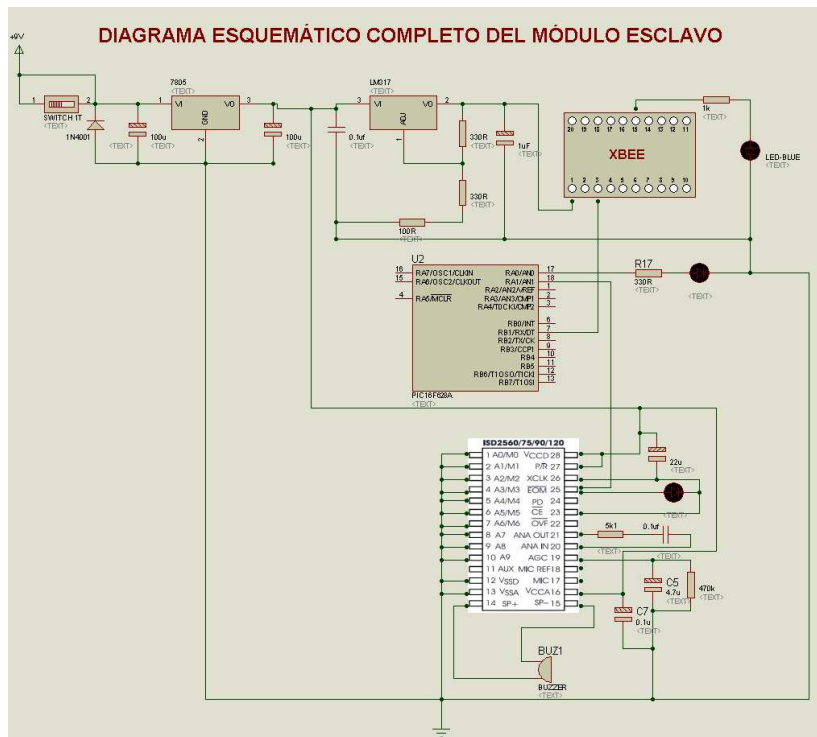


FIG 2.14 Diagrama Esquemático completo del Módulo Esclavo (ME) [16].

Se alimenta el Módulo Esclavo mediante 4 pilas AA, este voltaje suministrado pasa por un circuito regulador de voltaje que en su salida V_o tiene 5 voltios DC utilizando el LM7805, en los elementos electrónicos abastecidos con el voltaje antes mencionado se encuentran el PIC16F628A, ISD25120 y el circuito regulador de voltaje a 3.3 voltios útil para el funcionamiento adecuado del ZigBee.

El ZigBee como se lo pudo entender en las páginas anteriores trabaja con comunicación serial, por lo que se establece una comunicación serial entre el ZigBee y el PIC16F628A, para transmitir la dirección enviada inalámbricamente desde el máster, el microcontrolador está habilitado por programación del USART por lo que su pin de recepción es el RB1 (pin 7), es decir el pin Data Out del Xbee transmite mediante comunicación serial el dato recibido. Esto se observa en la figura 2.15.

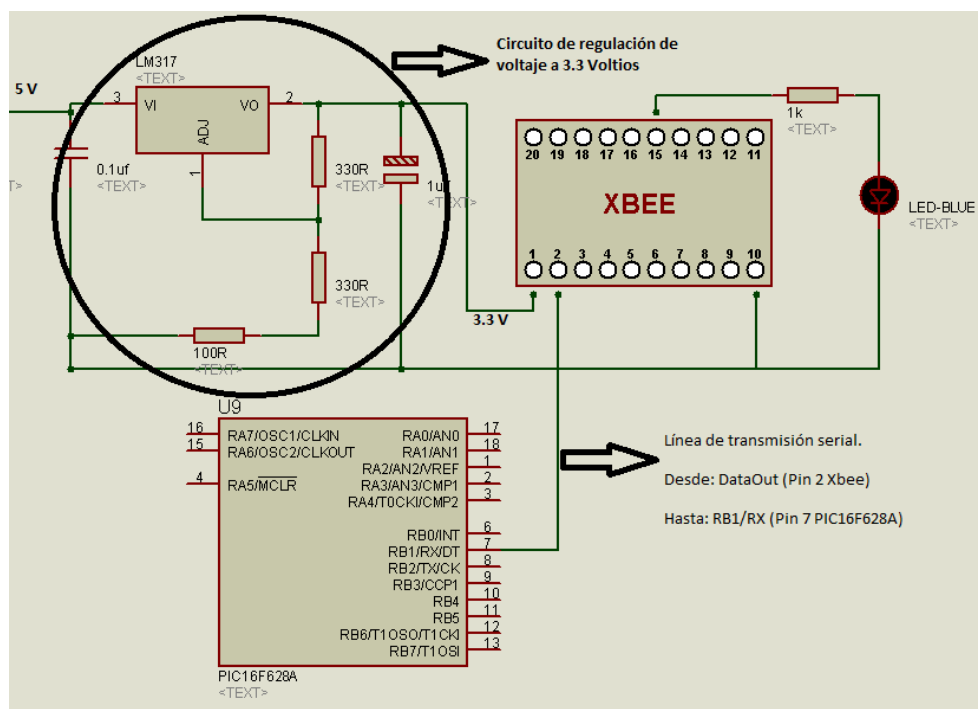


Figura 2.15 Diagrama esquemático de la línea de transmisión de datos entre el ZigBee y el PIC16F628A en el Módulo Esclavo (ME) ^[16].

funcionamiento del ISD25120 para mantener una ganancia de reproducción, y los filtros para proporcionar un audio legible.

2.1.2.7. REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL MÓDULO MÁSTER

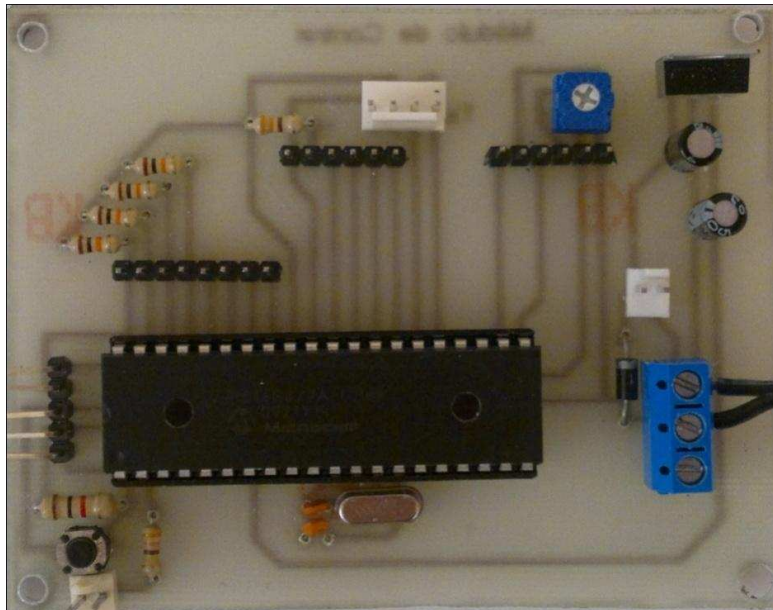


Figura 2.17 Imagen del circuito del Módulo de Control (MC) ^[16].

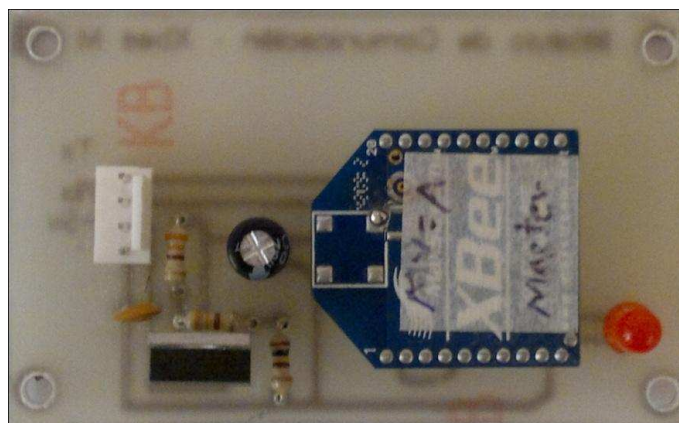
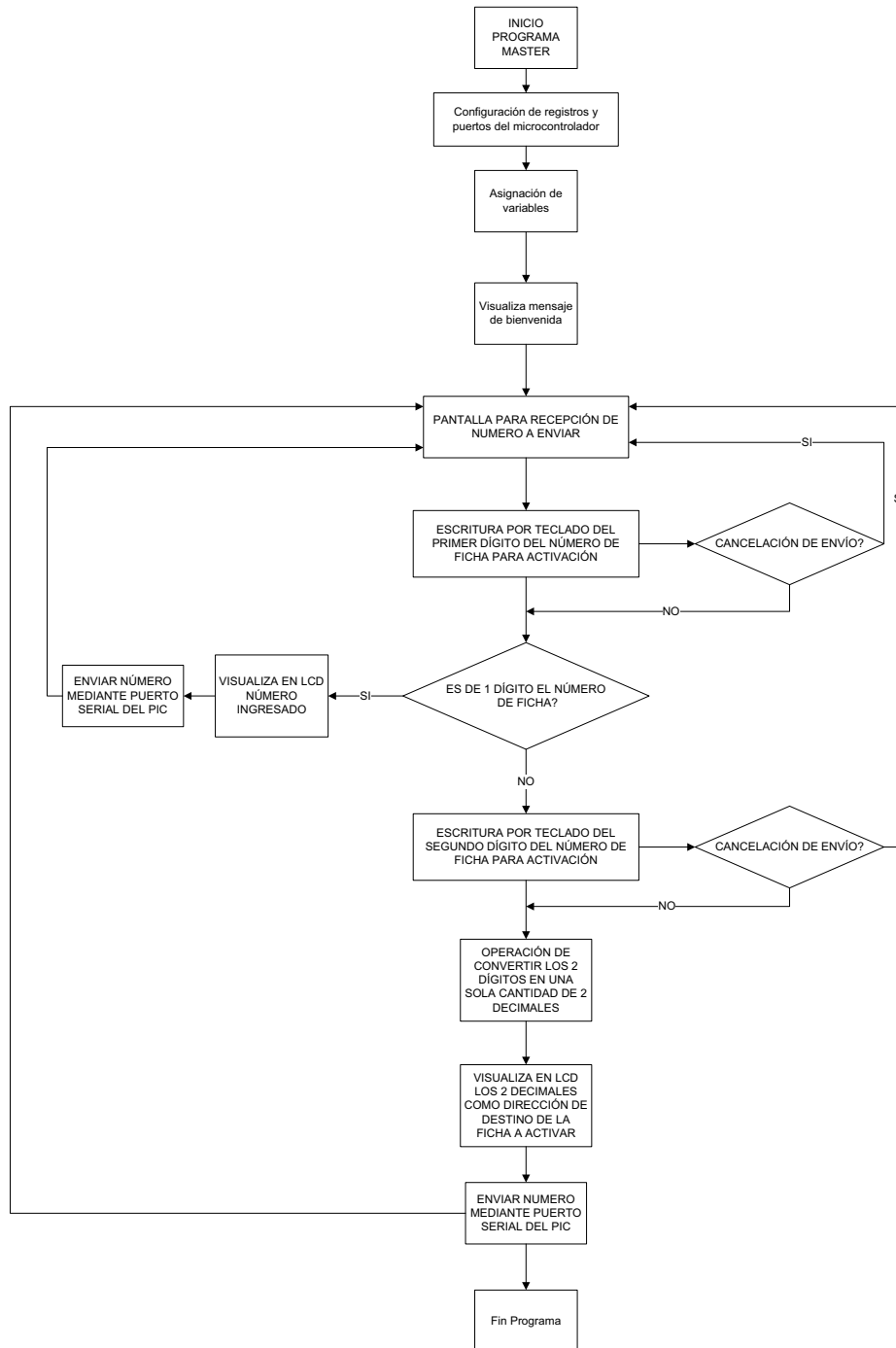


Figura 2.18 Imagen del circuito del Módulo de Radiofrecuencia (MR) ^[16].



Figura 2.19 Imagen del producto terminado del Módulo de Control (MC) ^[16].

2.1.2.8. PROGRAMA



2.1.2.8.1. Descripción del flujograma del módulo máster

Cuando se enciende el módulo máster, el microcontrolador se energiza con 5 voltios en ese momento internamente se inicializa el programa, la primera acción del PIC16F877A es empezar a establecer la configuración del tipo de oscilador, en el caso del módulo máster es 12 Mhz activándose los registros que son útiles para cumplir los propósitos del funcionamiento requerido, posteriormente se asignan nombres a las variables que se usarán subsiguientemente en el programa, una vez hecho esto se configuran los pines como entradas o salidas según se requiera en el hardware como es en el caso del LCD y el teclado donde algunos pines hacen la función de entrada o salida.

Hechas las configuraciones necesarias empieza el cuerpo del programa mostrando en el LCD un mensaje de bienvenida al sistema visualizando el nombre de la institución y el nombre de los autores del presente sistema, posterior a esto, el microcontrolador visualiza en la primera línea de la LCD el mensaje "INGRESE SU PEDIDO" habilitándose así al teclado para el ingreso de la dirección del esclavo para activarlo, si la dirección del esclavo tiene un solo dígito se puede transmitir dicha dirección por medio de la comunicación serial establecida entre el PIC y el Xbee, acción que se le logra presionando la tecla asterisco (*) del teclado del módulo máster posterior al ingreso del número y a su vez lo visualiza en la segunda línea de la LCD, al igual que si la dirección tiene dos dígitos se lo hace escribiendo uno a uno cada número empezando desde la decena y seguidamente el número de la unidad. El programa internamente almacena los números ingresados y realiza una operación multiplicando el primer número ingresado por diez y dicha operación sumándole el segundo número ingresado para convertir los 2 dígitos ingresados en una cantidad de dos dígitos decimales guardando ésta cantidad en una variable llamada total, la cual es directamente enviada al Xbee de la red Broadcast. Terminado el envío vuelve a la pantalla de espera para el ingreso de la dirección de otro módulo esclavo.

En ambos casos, de uno o dos dígitos la dirección de esclavo, existe la opción de corregir dicha dirección presionando la letra D (D) del teclado.

2.1.2.8.2. *Líneas de Programación desarrollada para el Microcontrolador PIC 16F877A del Módulo Máster.*

```

INCLUDE "modedefs.bas"           ;incluyen los modos de comunicación
DEFINE OSC 12
@ device HS_OSC
@ device WDT_OFF
@ device LVP_OFF
@ device CPD_OFF
@ device WRT_OFF
@ device DEBUG_OFF

'***** Configuración de pines LCD *****
DEFINE LCD_DREG PORTD           ;bit de datos del LCD empezando
DEFINE LCD_DBIT 4               ;por B.0 ,B.1, B.2 y B.3
DEFINE LCD_RSREG PORTD         ;bit de registro del LCD conectar
DEFINE LCD_RSBIT 2              ;en el puerto B.4
DEFINE LCD_EREG PORTD          ;bit de Enable conectar en el
DEFINE LCD_EBIT 3               ;puerto B.5

DEFINE OSC 12
DEFINE HSER_BAUD 9600
DEFINE HSER_RCSTA 90H
DEFINE HSER_TXSTA 24h
DEFINE HSER_SPBRG 77           ' NO MOVER en 20 Mhz   DEFINE HSER_SPBRG = 130

pedido VAR BYTE[2]
decena VAR BYTE
unidad VAR BYTE
total VAR BYTE
NUMERO VAR BYTE               ;variable número para almacenar la tecla pulsada
R VAR BYTE                    ;variable r para hacer repeticiones
BIP VAR PORTA.0               ;el portA.1 Bip (conectar chicharra activa)
LED VAR PORTA.1               ;el portA.2 se llamará led
DOOR VAR PORTA.2              ;el portA.3 conectar relé para la cerradura
A VAR PORTB.0                 ;nombres para los pines de las filas
B VAR PORTB.1
C VAR PORTB.2
D VAR PORTB.3
UNO VAR PORTB.4               ;nombres para los pines de las columnas
DOS VAR PORTB.5
TRES VAR PORTB.6
CUATRO VAR PORTB.7

TRISA = %00000000
PORTA = %00000000
TRISD = %00000001
PORTD = %00000000

```

INTRODUCCION:

```

LCDOUT $fe, 1, "ESC. POLITECNICA" :LCDOUT $fe, $C0, "NACIONAL - ESFOT"
PAUSE 5000
LCDOUT $fe, 1, "      EDWIN  " :LCDOUT $fe, $C0, "      DONOSO"
PAUSE 5000
LCDOUT $fe, 1, "      ANDRES  " :LCDOUT $fe, $C0, "      PAREDES"
PAUSE 5000

```

INICIANDO:

```

;programa del led para saber si está funcionando
HIGH LED : HIGH BIP
PAUSE 500
LOW LED : LOW BIP
LCDOUT $fe, 1, "INGRESE PEDIDO" |
GOTO TECLAUNO ;ir a comparar claves

```

BARRIDO:

```

LOW A ;sensar la fila A continúa ....

IF UNO = 0 THEN NUMERO =1 :RETURN ;tecla retorna cargada con 1
IF DOS = 0 THEN NUMERO =2 :RETURN ;tecla retorna cargada con 2
IF TRES = 0 THEN NUMERO =3 : RETURN ;tecla retorna cargada con 3
IF CUATRO = 0 THEN NUMERO =10: RETURN ;tecla retorna cargada con 10
HIGH A
LOW B ;sensar la fila B
IF UNO = 0 THEN NUMERO =4 : RETURN
IF DOS = 0 THEN NUMERO =5 : RETURN
IF TRES = 0 THEN NUMERO =6 : RETURN
IF CUATRO = 0 THEN NUMERO =11: RETURN
HIGH B
LOW C ;sensar la fila C
IF UNO = 0 THEN NUMERO =7 : RETURN
IF DOS = 0 THEN NUMERO =8 : RETURN
IF TRES = 0 THEN NUMERO =9 : RETURN
IF CUATRO = 0 THEN NUMERO =12: RETURN
HIGH C
LOW D ;sensar la fila D
IF UNO = 0 THEN NUMERO =14: RETURN
IF DOS = 0 THEN NUMERO =0 : RETURN
IF TRES = 0 THEN NUMERO =15: RETURN
IF CUATRO = 0 THEN NUMERO =13: RETURN
HIGH D
PAUSE 10
GOTO BARRIDO

```

```

; ***** programa de antirrebote de teclas *****
PTECLA:
HIGH LED : HIGH BIP           ;genera sonido cada que se pulsa tecla
PAUSE 100                     ;duración 100 milisegundos
LOW LED : LOW BIP             ;apagar sonido y led
ESPACIO:                      ;programa de antirrebote de teclas
IF UNO = 0 THEN ESPACIO      ;si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF DOS = 0 THEN ESPACIO     ;si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF TRES = 0 THEN ESPACIO    ;si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF CUATRO = 0 THEN ESPACIO  ;si la tecla sigue pulsada ir a espacio
PAUSE 25

RETURN                          ;retorna si se suelta las teclas

; ***** comparación de claves *****
TECLAUNO:
GOSUB BARRIDO                  ;ir a barrido y retornar con un valor
GOSUB PTECLA                  ;envía a un programa antirrebote para soltar tecla
IF NUMERO = 15 THEN
  GOSUB TECLAUNO
ELSE
  pedido[0] = NUMERO
  LCDOUT $fe,$C6,DEC NUMERO
ENDIF

TECLADOS:
GOSUB BARRIDO: GOSUB PTECLA    ;ir a barrido y retornar con un valor
  pedido[1] = NUMERO
IF NUMERO = 15 THEN
  LCDOUT $fe,$C6," "
  GOSUB TECLAUNO
ELSE
ENDIF

IF (NUMERO = 14) THEN
  HSEROUT ["B","0",DEC pedido[0]]
  LCDOUT $fe, 1,"enviando ...."
  LCDOUT $fe,$C6,DEC pedido[0]
  PAUSE 3000
  GOTO OPENGE
ELSE
  decena = pedido[0]*10
  unidad = pedido[1] * 1
  total = decena + unidad
  LCDOUT $fe,$C7,DEC NUMERO
ENDIF

```

```

TECLATRES:
  GOSUB BARRIDO :GOSUB PTECLA           ;ir a barrido y retornar con un valor
  IF NUMERO = 15 THEN
    LCDOUT $fe,$C6," "
    GOSUB TECLAUNO
  ELSE
    IF NUMERO = 14 THEN
      IF total < 9 THEN
        HSEROUT ["B","0",DEC total]
      ELSE
        HSEROUT ["B",DEC total]
        LCDOUT $fe, 1,"enviando ...."
        LCDOUT $fe,$C6,DEC total
        PAUSE 3000
      ENDIF
    ENDIF
  ENDIF
OPENGE:
  LCDOUT $fe, 1
  LCDOUT $fe,$C6," "
  GOSUB INICIANDO |
GOTO TECLAUNO           ;ir nuevamente a enviar ficha
END

```

2.1.3. MÓDULO ESCLAVO (ME)

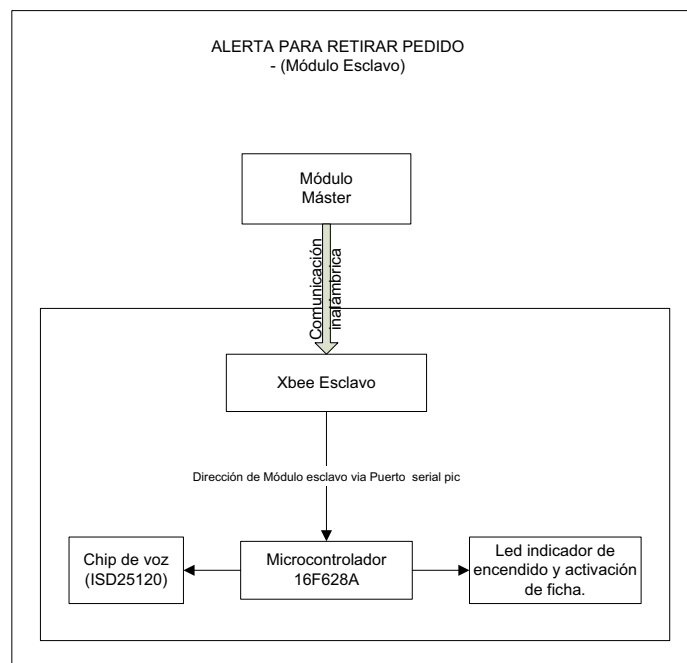


Figura 2.20 Diagrama de Comportamiento del Subsistema de alerta para Retirar Pedido [16].

El Módulo Esclavo recibe el código único para activación de la ficha mediante el ZigBee configurado como esclavo, el Microcontrolador verifica el código guardado internamente en su programa y lo activa si el código recibido coincide con el guardado en el programa como dirección de esclavo, el diagrama de comportamiento de la figura 2.13 muestra según la dirección de las flechas el sentido de fluidez de los datos a manejarse internamente en éste Módulo.

2.1.3.1. Diagrama Estructural del Módulo Esclavo.

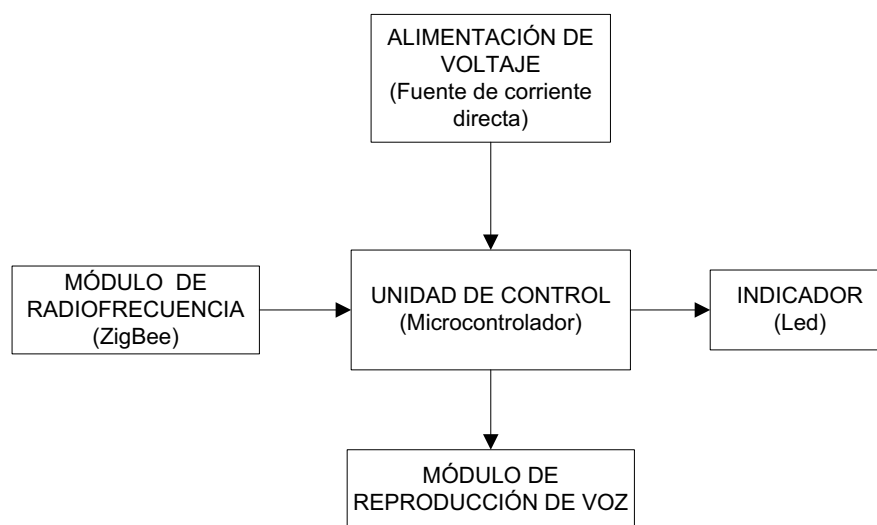


Figura 2.21 Diagrama Estructural Módulo Esclavo (ME) ^[16].

2.1.3.2. MÓDULO DE RADIO FRECUENCIA-ZIGBEE

La configuración *Broadcast* de una red ZigBee en el caso del que está en el sistema del Módulo Esclavo se la realiza mediante el programa X-CTU y con una interfaz serial a la computadora.

Para poder recibir datos todos los esclavos desde el Módulo Máster se debe tener en cuenta los siguientes campos del cuadro de diálogos de configuración del ZigBee.

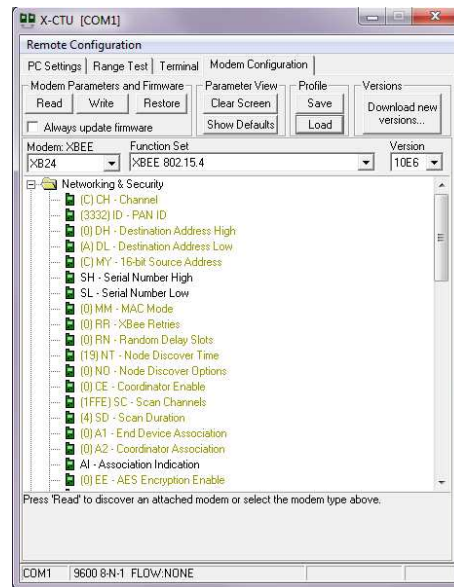


Figura 2.22 Ventana de Configuración de ZigBee del programa X-CTU [16].

2.1.3.3. UNIDAD DE CONTROL-MICROCONTROLADOR

Se ha seleccionado el pic 16F628A ya que es suficiente para la aplicación y tiene las prestaciones necesarias que exige el sistema de Módulo Esclavo.

Las principales características del pic 16F628A son las siguientes:

- Voltaje de alimentación de corriente continua de 5Vdc con una
- variación de 3 a 5.5Vdc,
- Temperatura de operación que va de -40 a +125°C
- Potencia máxima de disipación de 0.8W
- Máxima corriente de 250mA.
- Puede trabajar hasta una frecuencia que va desde DC hasta 20MHz.
- Memoria flash de 2KB, memoria de datos de 224KB.
- Memoria EEPROM de 128KB.
- Interrupciones: 10
- Puertos de entrada salida: 2
- Timers: 3

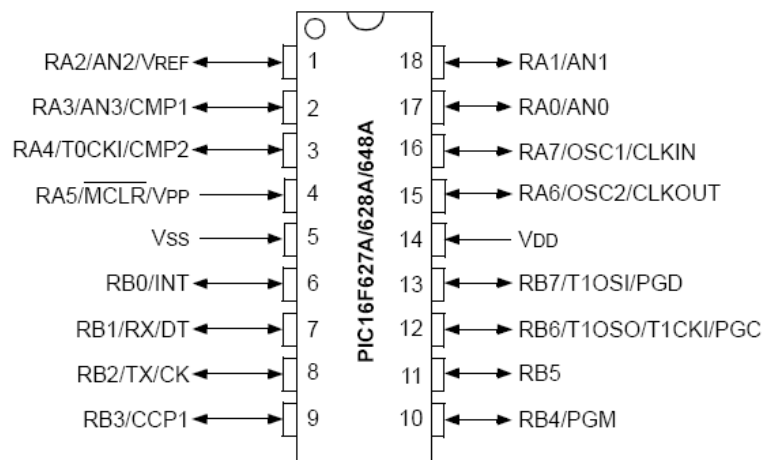


Figura 2.23 Asignación de pines del PIC16F628A [16].

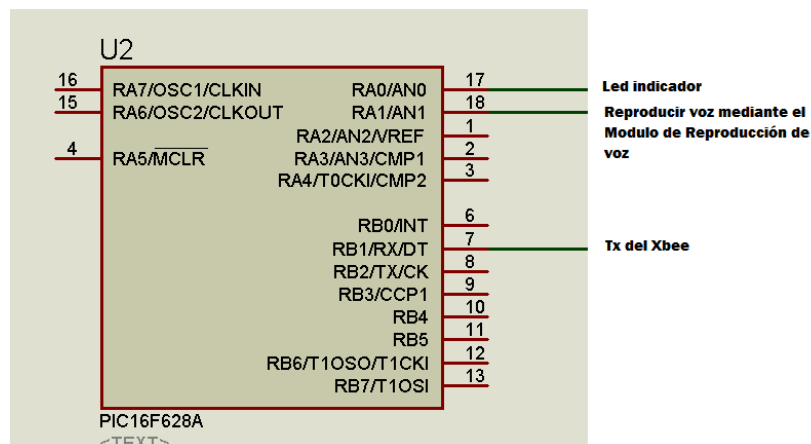


Figura 2.24 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MICROCONTROLADOR [16].

2.1.3.4. MÓDULO DE REPRODUCCIÓN DE VOZ

Existen algunas formas para poder reproducir un sonido, una voz o una pista de audio, como por ejemplo un módulo MP3 entre otros, por motivos de costo el ISD25120 es muy adecuado para la aplicación.

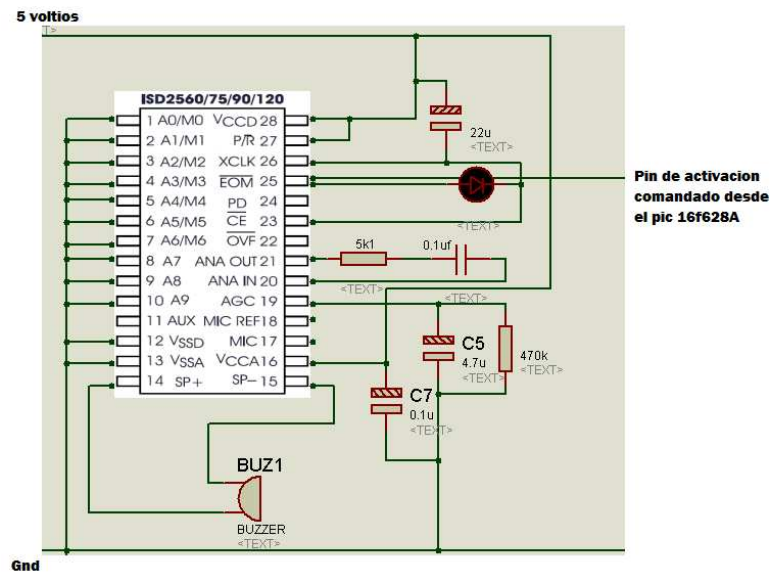


Figura 2.25 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MICROCONTROLADOR [16].

2.1.3.5. Indicador

El Led indicador trabaja aleatoriamente con la reproducción de voz, con este mecanismo se tiene dos tipos de alertas, visual y auditiva para que el cliente las pueda identificar a cualquiera de ellas y saber que su orden está lista a ser retirada del lugar donde hizo la compra.

2.1.3.6. REPRESENTACIÓN FÍSICA COMPLETA DEL MÓDULO ESCLAVO

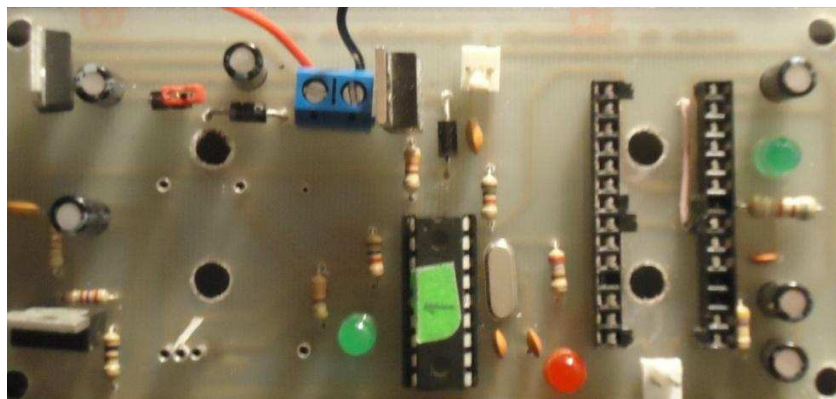
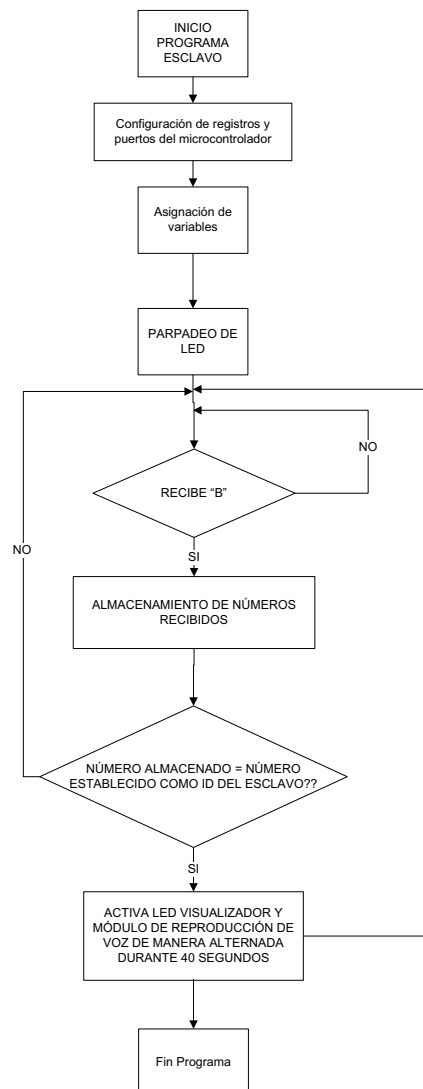


Figura 2.26 Imagen del producto terminado del Módulo de Esclavo (ME) [16].

2.1.3.7. Programa



2.1.3.7.1. Descripción del flujograma del módulo esclavo

La red Broadcast permite que la información enviada desde el módulo máster llegue a todos los esclavos que comparten el mismo canal de comunicación, por tal motivo el programa del módulo esclavo tal como el del módulo máster realizan configuraciones semejantes tomado en cuenta que algunos registros cambian debido que el microcontrolador del módulo esclavo es el PIC16F628A.

El programa del módulo esclavo después de sus configuraciones de pines, oscilador, registros y asignación de variables, se mantiene en espera de datos, como se

mencionó anteriormente todos los esclavos reciben la misma información, por lo cual el programa tiene que verificar si la información leída es igual que la información gravada internamente como dirección única del esclavo en una variable llamada dato. En caso de coincidir el microcontrolador define que requiere activar sus periféricos conectados como el LED y el códec de audio, caso contrario el microcontrolador no hará nada con los elementos de visualización y audio antes mencionados.

2.1.3.7.2. Líneas de Programación desarrollada para el Microcontrolador PIC 16F877A del Módulo Esclavo.

```

*****
INCLUDE "modedefs.bas" ;incluyen los modos de comunicación
@ device HS_OSC
DEFINE OSC 12
cmcon = 7
TRISA = %00000000
TRISB = %00000011
***** Configuracion HSERIN *****
DEFINE OSC 12
@ device WDT_OFF
@ device LVP_OFF
@ device CPD_OFF
@ device MCLR_OFF
DEFINE HSER_RCSTA 90H '' NO MOVER
DEFINE HSER_TXSTA 24h '' NO MOVER
DEFINE HSER_BAUD 9600 '' NO MOVER
DEFINE HSER_SPBRG 77 '' NO MOVER en 20 Mhz -> DEFINE HSER_SPBRG =130
*****
dato_m VAR BYTE [3]
LED VAR PORTA.0
OUTPUT PORTA.0
VOZ VAR PORTA.1
OUTPUT PORTA.1
MOTOR VAR PORTA.2
OUTPUT PORTA.2
num_ficha VAR BYTE
i VAR BYTE

HIGH LED
PAUSE 600
LOW LED
PAUSE 600
HIGH LED
PAUSE 600
LOW LED

LOW LED
HIGH VOZ
LOW MOTOR
INICIO:

HSERIN [WAIT ("B"), STR dato_m\2]
HSEROUT [dato_m[0],dato_m[1]]

IF (dato_m[0] = "0") AND (dato_m[1] = "1") THEN
FOR i = 0 TO 4
HIGH LED : LOW VOZ
PAUSE 6000
LOW LED : HIGH VOZ

```

```

HIGH MOTOR : PAUSE 500
LOW MOTOR  : PAUSE 1000
NEXT i
ENDIF
LOW LED
HIGH VOZ
LOW MOTOR

GOTO INICIO
END

```

2.1.4. MÓDULO DE TASA DE CRECIMIENTO PARA MÓDULOS ESCLAVOS

La tasa de crecimiento del sistema es importante ya que es necesario disponer de un módulo que permita aumentar el número de los dispositivos esclavos, por lo que el circuito de la figura 2.27 facilita la opción de grabar el comando de voz en el integrado reproductor y grabador de voz como es el ISD25120.

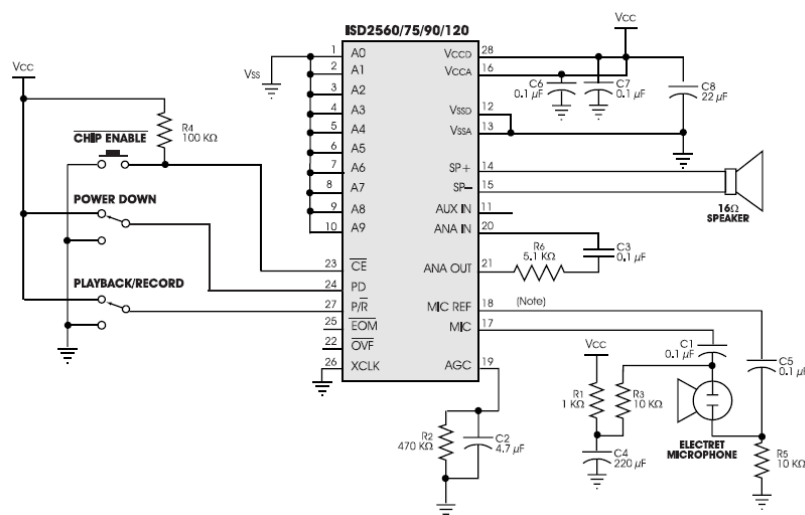


Figura 2.27 Imagen del circuito para grabar y reproducir el ISD25120 del Módulo de tasa de crecimiento (MTC) [17].

El circuito de la figura 2.27 muestra el micrófono y el parlante que se requieren para poder ingresar la voz del administrador usada en la activación de los módulos esclavos, además es muy útil es que el diagrama electrónico cuente con un parlante para poder escuchar el mensaje grabado y así estar conforme con el audio almacenado en el dispositivo.

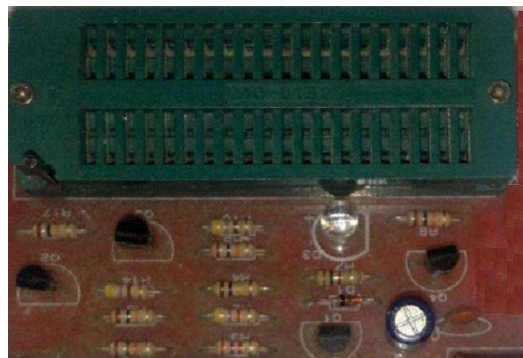


Figura 2.28 Imagen del producto terminado del Módulo de tasa de crecimiento (MTC) ^[16].



Figura 2.29 Imagen del producto terminado del Módulo de tasa de crecimiento (MTC) con la ubicación del ISD25120 para su grabación ^[16] .

CAPÍTULO 3

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En las pruebas de funcionamiento se pudo observar lo importante del cálculo de las resistencias en el acondicionamiento del ZigBee ya que es necesario que reciba en el pin 1 el voltaje de alimentación en el rango comprendido entre 2.8 y 3.3 voltios.

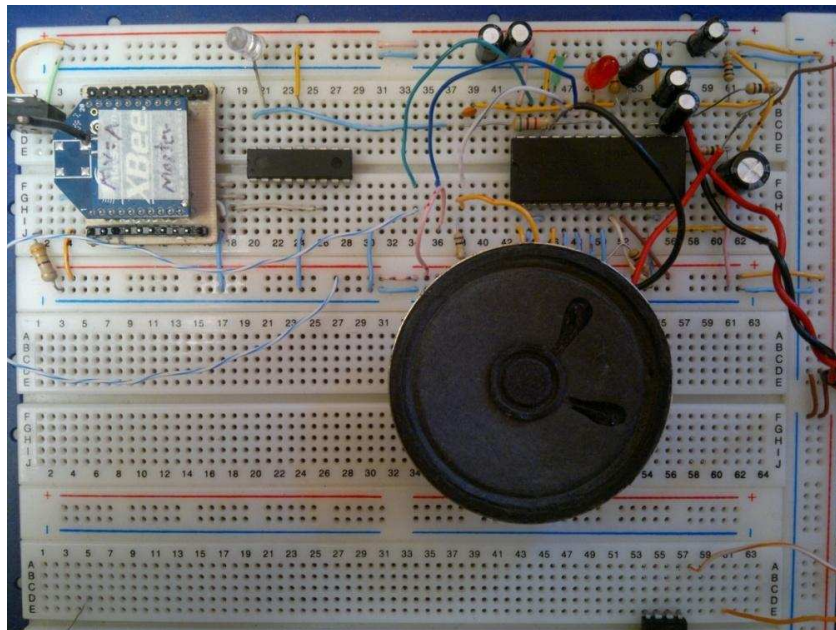


Figura 3.1 Circuito Esclavo armado en Protoboard para pruebas de Funcionamiento ^[16].

Cuando se pone a funcionar por primera vez los dispositivos electrónicos utilizados en el sistema, se observó dificultades al momento de armar los dispositivos de prueba en el protoboard, tal es el caso del ZigBee que sus pines tienen una separación más corta que la estandarizada de tal manera que no ingresa directamente al mismo, razón por la que fue necesario construir una placa de adaptación y así poder realizar las primeras pruebas. Seguido a eso fue necesario saber configurar adecuadamente la Red ZigBee en modo *broadcast* la cual cumple los requisitos para el funcionamiento del sistema en su conjunto global.

La fuente de alimentación de los módulos esclavos en principio fue una batería de celular de 3.5 voltios y 350mA, con la cual todo el sistema funcionó adecuadamente, pero el inconveniente que se presentó fue al adecuar los módulos esclavos en la placa ya que se utilizó baterías recargables de 9 voltios y con éstas el microcontrolador no respondía. Para esto se hizo las pruebas necesarias y se llegó a la solución de utilizar pilas recargables AA.

El producto final de cada uno de los sistemas se desarrolló tomando en cuenta algunos factores, el diseño que dependía mucho de los elementos necesarios para el correcto funcionamiento, peso y ubicación de los materiales internos. Esto es fundamental ya que se debe evitar tener un dispositivo extremadamente grande y a su vez aumentar pensar en la vida útil de los dispositivos.

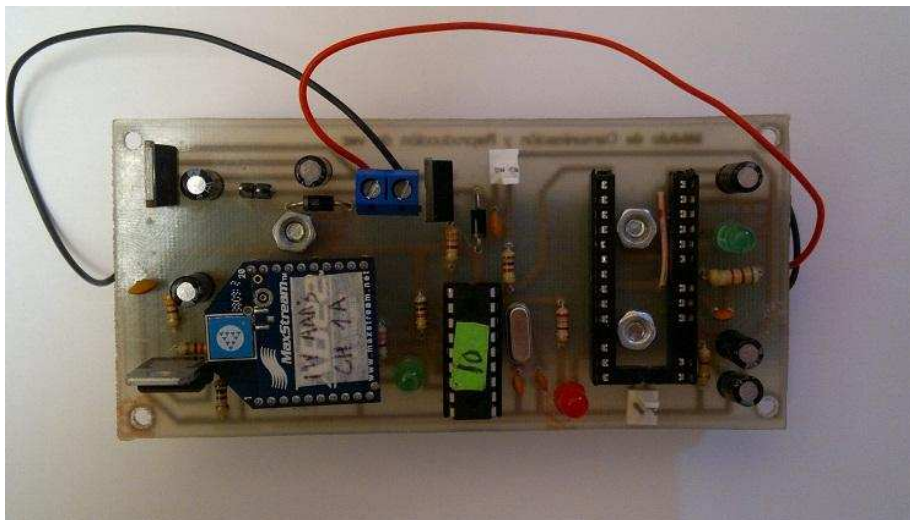


Figura 3.2 Placa armada del circuito esclavo [16].

En la Figura 3.2 y 3.3 se puede visualizar tornillos de sujeción que están empotrados directamente a la placa y sujetan las baterías AA de alimentación al circuito, para facilidad de encapsulación del equipo.

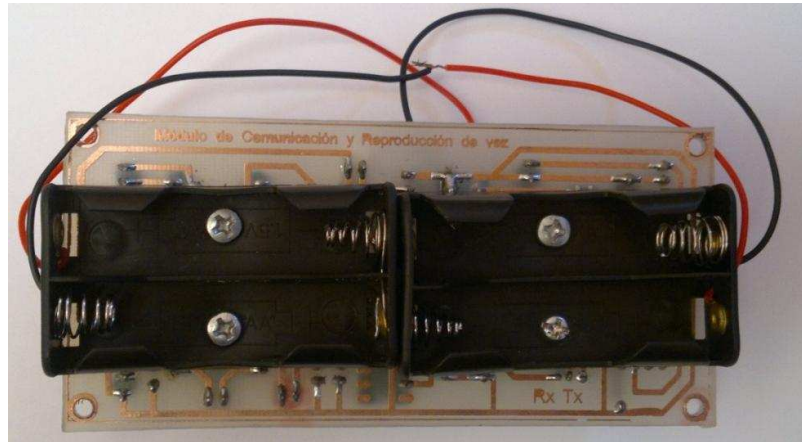


Figura 3.3 Placa de módulo esclavo vista inferior ^[16].

Tomando todas las precauciones de diseño, se puede tener un resultado como el siguiente:



Figura 3.4 Placa del módulo esclavo encapsulado ^[16].

Las pruebas de funcionamiento se realizaron en campo abierto y se pudo ver que el enlace funcionó correctamente al colocar en un lugar estratégico al módulo máster, logrando distancias alrededor de 30 metros, mientras que en lugares cerrados la señal atravesó paredes normales alcanzando distancias aproximadas de 18 metros pero en el momento de existir una columna de un gran espesor la señal no es recibida por el módulo esclavo aunque las distancias sean más cortas.

CAPÍTULO 4

4.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.1. CONCLUSIONES

- La red del ZigBee funciona correctamente con múltiples esclavos algo que con cable directo y con comunicación RS232 no se lo puede hacer, además de tener un buen alcance en la comunicación inalámbrica en promedio de los 100 metros.
- Para el manejo del Códec de audio ISD25120 se debe completar estrictamente a las especificaciones técnicas dadas por el fabricante caso contrario puede haber bloqueos, dificultando así el funcionamiento del este dispositivo.
- La fuente que alimenta a los dispositivos juega un papel importante ya que si se sufre una descarga considerable su funcionamiento no será el mismo y el micro controlador puede colgarse, el códec de audio no reproducir la voz pregrabada y el Xbee no comunicar la información receptada dando como resultado que estos elementos dejen de funcionar correctamente debido a poco voltaje.
- Se podría minimizar un poco más el tamaño del Módulo Esclavo si se tuviera en mercado nacional los mismos elementos en SMD (Montaje Superficial).
- Con ayuda del módulo de tasa de crecimiento de módulos esclavos se puede aumentar dichos módulos sin necesidad de alterar el Software o Hardware del Módulo Maestro, debido a que el Módulo Máster envía la dirección ingresada por el teclado con lo cual no es necesario realizar cambio de ningún tipo.

4.1.2. RECOMENDACIONES

- Para manejo de redes mediante dispositivos de tecnología ZigBee se debe conocer las topologías de red, así también como la utilización avanzada de dichos dispositivos para su configuración.
- Tomar las recomendaciones del caso manipulación electrónica en cada uno de los elementos.
- Leer y entender las configuraciones electrónicas de los circuitos integrados para un uso más sencillo y eficiente.

REFERENCIAS

#	TEMAS
[1]	<p>“Redes Inalámbricas”</p> <p>http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica.</p>
[2]	<p>“Redes Inalámbricas”</p> <p>http://www.unicesar.edu.co/telematica/ovaadmon/redesinalambricas.pdf.</p>
[3]	<p>Tesis “ESTUDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4 ZIGBEE PARA COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA Y SU COMPARACIÓN CON EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.1 BLUETHOOT”, María Acosta Ponce, Enero 2006.</p>
[4]	<p>“El estándar inalámbrico ZigBee”</p> <p>http://www.seccperu.org/files/ZigBee.pdf</p>
[5]	<p>Tesis “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA PARA CIERRE DE CAJA DE MESAS DE JUEGO DEL BEST WESTERN HOTEL CASINO PLAZA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE”, Roberto Baca y Danny Checa, Febrero 2010.</p>
[6]	<p>“ZigBee aplicado a la transmisión de datos de sensores biométricos”</p> <p>http://www.recercat.net/bitstream/2072/13081/1/PFC+Ivan+Barneda.pdf</p>
[7]	<p>“ZIGBEE”</p> <p>http://www.monografias.com/trabajos-pdf/zigbee/zigbee.pdf</p>
[8]	<p>Tesis “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE DOMÓTICA ACTIVADO POR COMANDO DE VOZ Y COMUNICACIÓN EN ZIGBEE”, Luis Falconí y Carlos Jiménez, 2009</p>
[9]	<p>“Modulación”</p> <p>http://winsock1.iespana.es/web_tele/teleco/telecom/telecom64.htm</p>

[10]	<i>“Principios de comunicaciones móviles”, Oriol Sallent Roig y José Luis Valenzuela, 2003</i>
[11]	<i>“Introducción al Microcontrolador”</i> http://usuarios.multimania.es/sfriswolker/pic/uno.htm
[12]	<i>“Introducción al Microcontrolador”</i> http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf
[13]	<i>“ISD 25120P”</i> http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/InformationStorageDevices/mXsqsz.z.pdf
[14]	<i>“Descripción general del PIC 16F877”</i> http://www.bairesrobotics.com.ar/data/pic16f877-guia%20detallada%20parte2.pdf
[15]	<i>“Making Wireless M2M Easy”</i> http://www.digi.com/
[16]	Desarrollado por los autores de este proyecto
[17]	<i>“Datasheet ISD2560/75/90120 Products” pdf, pg. 17</i>

GLOSARIO

BLUETOOTH Es la especificación de la IEEE 802.15.1, y define un estándar global de comunicación inalámbrica que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia segura, globalmente y sin licencia de corto rango.

BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) Modulación por desplazamiento de fase binario, solo emplea 2 símbolos, con 1 bit de información cada uno. Es también la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima (180°). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de 0° para el 1 y 180° para el 0. En cambio, su velocidad de transmisión es la más baja de las

BROADCAST Transmisión de un paquete que será recibido por todos los dispositivos en una red.

CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) CSMA con prevención de colisiones. El fin es evitar colisiones, es decir que dos host hablen al mismo tiempo. Por otro lado define el procedimiento que estos dos host deben seguir si llegasen a usar el mismo medio de forma simultánea.

ENDPOINT Identificador de distintos nodos de red.

EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) ROM programable borrrable. Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil y viene de fábrica sin carga.

FM: (*Frequency Module*) Frecuencia Modulada. Es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación

de amplitud (AM), en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante.

- FULL-DUPLEX** Transmisión de datos en forma simultánea entre dos dispositivos.
- IEEE** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.
- LLC** (*Logical Link Control*) Control de Enlace Lógico. Es la más alta de las dos subcapas de enlace de datos definidas por el IEEE y la responsable del control de enlace lógico, maneja el control de errores, control del flujo, entramado, control de diálogo y direccionamiento de la subcapa MAC
- LOS** (*Line-of-Sight*) Línea de vista. Es un enlace visual entre ambos extremos. Se dice o aplica el término para un enlace de radio que debe tener visibilidad directa entre antenas, por lo que no debe haber obstáculo entre ambas.
- LR-WPAN** (*Low-Rate WPAN*) Constituye de una baja tasa de transmisión, representado en el estándar IEEE 802.15.4.
- MAC** (*Medium Access Control Layer*) Capa de control de acceso al medio, gestiona y mantiene las comunicaciones entre estaciones 801.11, bien sean puntos de acceso a adaptadores de red
- Malla MESH** Son redes acopladas o redes de malla inalámbricas de infraestructura y son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas, la topología Ad-hoc y la topología Infraestructura.
- Mbps** Megabits por segundo. Es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1000 kilobits por segundo o 1000000 bits por segundo

Modelo OSI (<i>Open Systems Interconnection</i>)	Interconexión de sistemas abiertos, es una normativa formada de siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones.
NRZ (<i>Non-Return to Zero</i>)	No retorno a cero, el voltaje no vuelve a cero entre bits consecutivos de valor uno. Mediante la asignación de un nivel de tensión a cada símbolo se simplifica la tarea de decodificar un mensaje.
OTP (<i>One Time Programmable</i>)	Programable una sola vez.
PAYLOAD	Carga útil. Son los datos transmitidos a través de una red
PDU (<i>Protocol Data Units</i>)	Unidades de datos de Protocolo. Es la información intercambiada entre entidades pares, es decir, dos entidades pertenecientes a la misma capa pero en dos sistemas diferentes, utilizando una conexión
PHY (<i>Physical</i>)	Nivel físico. Provee el servicio de transmisión de datos sobre el medio físico propiamente dicho, así como la interfaz con la entidad de gestión.
PROM (<i>Programmable Read Only Memory</i>)	Memoria de sólo lectura programable.
QoS (<i>Quality of Service</i>)	Calidad de servicio, son tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado.
STACK	Pila o estructura de datos.
UNICAST	Envío de información desde un único emisor a un único receptor.
Wi-Fi	Nombre comercial de la <i>Wi-Fi Alliance</i> , es la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.

- WPAN (*Wireless Personal Area Network*) Trabaja en el estándar IEEE 802.15 y son redes de área personal inalámbricas que generalmente cubren áreas pequeñas alrededor de 10 m², la comunicación entre los dispositivos se lo realiza mediante peer-to-peer.
- ZC (*ZigBee Coordinator*) Coordinador ZigBee. Topología en la que el módulo puede ser configurado, es decir es el que envía la señal a los demás dispositivos.

ANEXOS

ANEXO A

Data Sheets

Especificaciones Técnicas de los Microcontroladores.

ANEXO B

Data Sheets

Datos Técnicos del Chip de voz.

ANEXO C

Data Sheets

Datos Técnicos del ZigBee

ANEXO D

DIAGRAMAS PCB

ANEXO E

MANUAL DE USUARIO

ANEXO A

Data Sheets

Especificaciones Técnicas de los
Microcontroladores

DATA SHEET PIC 16F628A

MICROCHIP PIC16F627A/628A/648A**18-pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers
with nanoWatt Technology****High-Performance RISC CPU:**

- Operating speeds from DC – 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single-word instructions:
 - All instructions single cycle except branches

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options:
 - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Low-power internal 48 kHz oscillator
 - External Oscillator support for crystals and resonators
- Power-saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low-voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range (2.0-5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High-Endurance Flash/EEPROM cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - 40 year data retention

Low-Power Features:

- Standby Current:
 - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 12 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 120 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
 - 1 μ A @ 2.0V, typical
- Timer1 Oscillator Current:
 - 1.2 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual-speed Internal Oscillator:
 - Run-time selectable between 4 MHz and 48 kHz
 - 4 μ s wake-up from Sleep, 3.0V, typical

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Selectable internal or external reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
 - 16-bit Capture/Compare
 - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

PIC16F627A/628A/648A

17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Absolute Maximum Ratings(†)

Ambient temperature under bias.....	-40 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on VDD with respect to VSS	-0.3 to +6.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ and RA4 with respect to VSS	-0.3 to +14V
Voltage on all other pins with respect to VSS	-0.3V to VDD + 0.3V
Total power dissipation ⁽¹⁾	800 mW
Maximum current out of VSS pin	300 mA
Maximum current into VDD pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > VDD).....	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > VDD).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA and PORTB (Combined).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA and PORTB (Combined).....	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{DIS} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

DIAGRAMA DE PINES PIC 16F627A

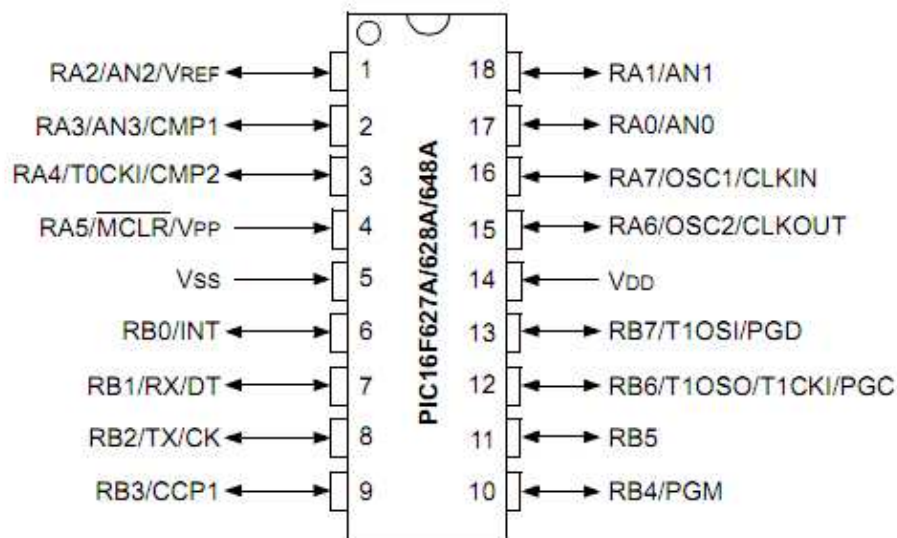
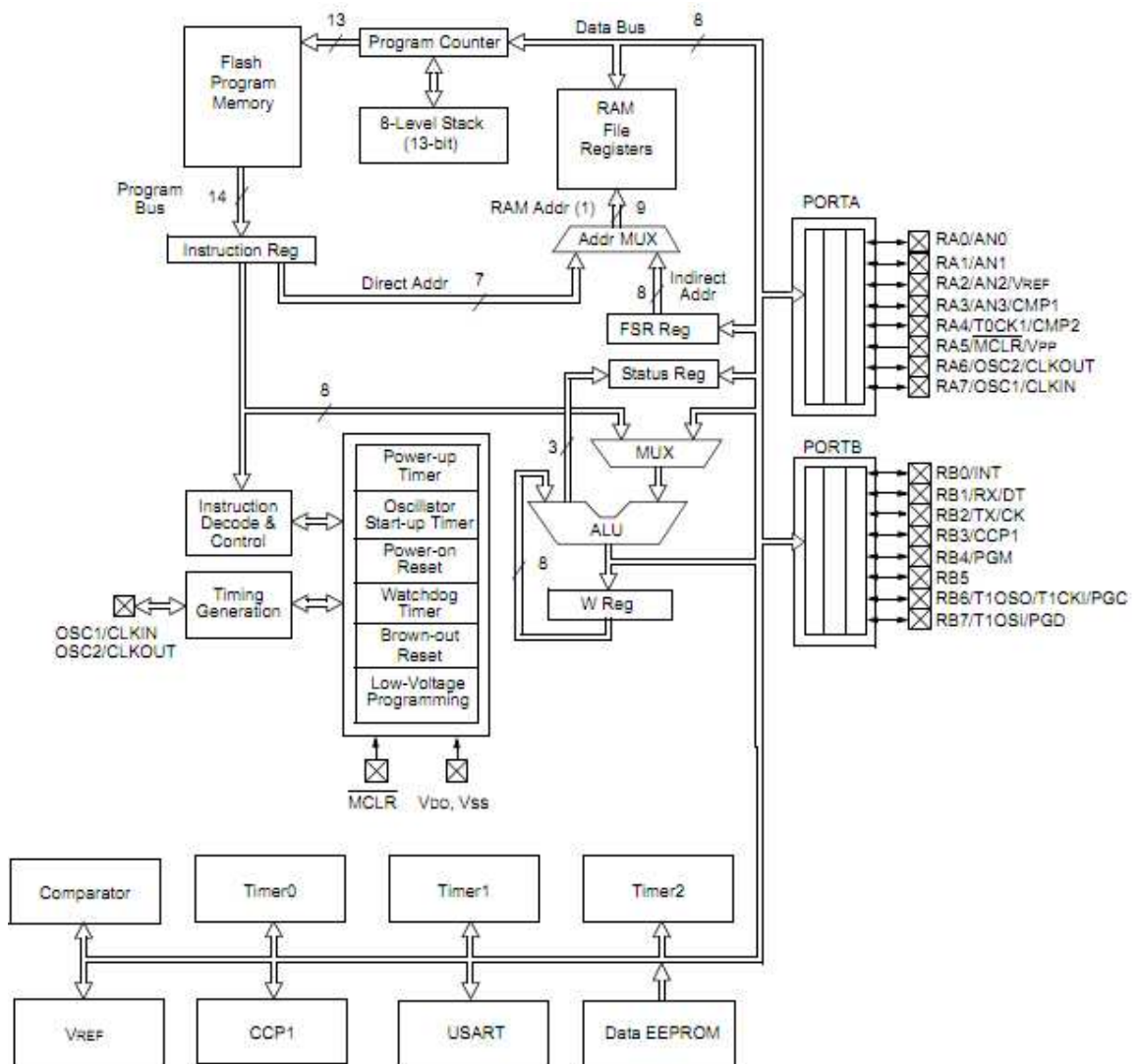


DIAGRAMA DE BLOQUES PIC 16F627A



DATA SHEET PIC 16F877A

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A •PIC16F876A
- PIC16F874A •PIC16F877A

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
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

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
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - 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
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I2C™ (Master/Slave)
- 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)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

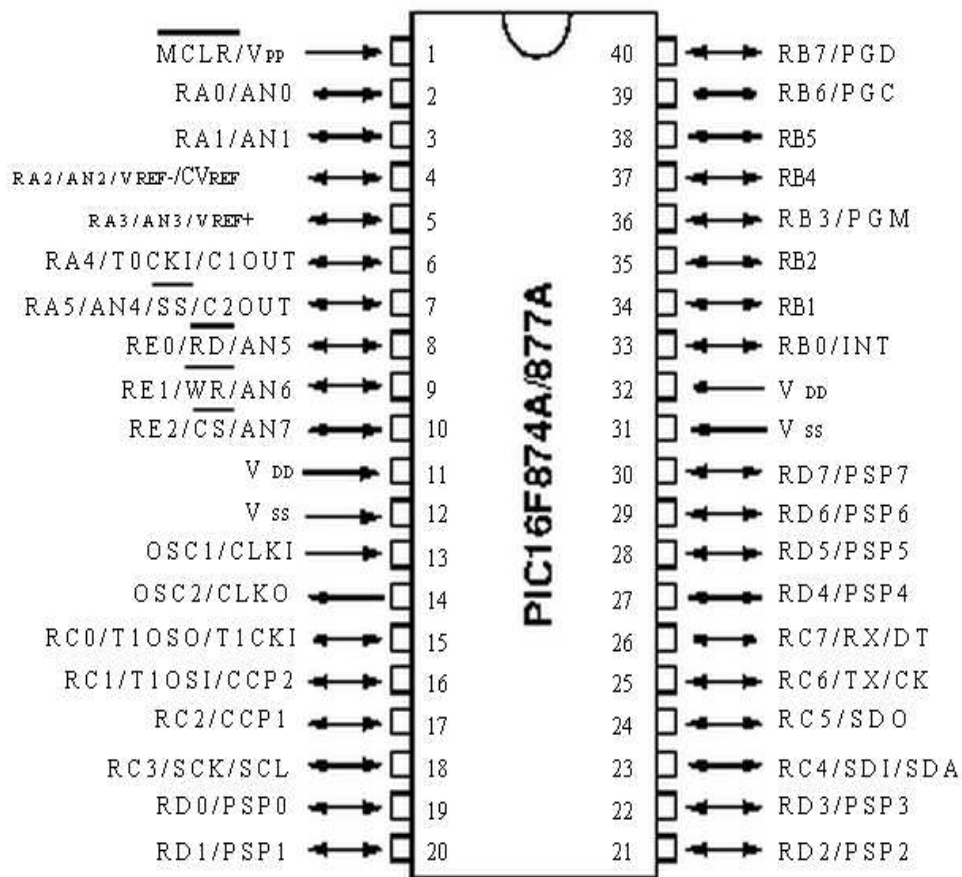
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I2C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A 14-pin	13K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A 14-pin	13K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

DIAGRAMA DE PINES PIC 16F877A

40-Pin PDIP

ANEXO B

Data Sheets

Datos Técnicos del Chip de voz

DATA SHEET CHIP DE VOZ ISD25120

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD2500 series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD2560/75/90/120 Product Summary table on page 41 to compare filter pass band and product durations.

The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD2500 series offers single-chip solutions at 60, 75, 90, and 120 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

MICROCONTROLLER INTERFACE

In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

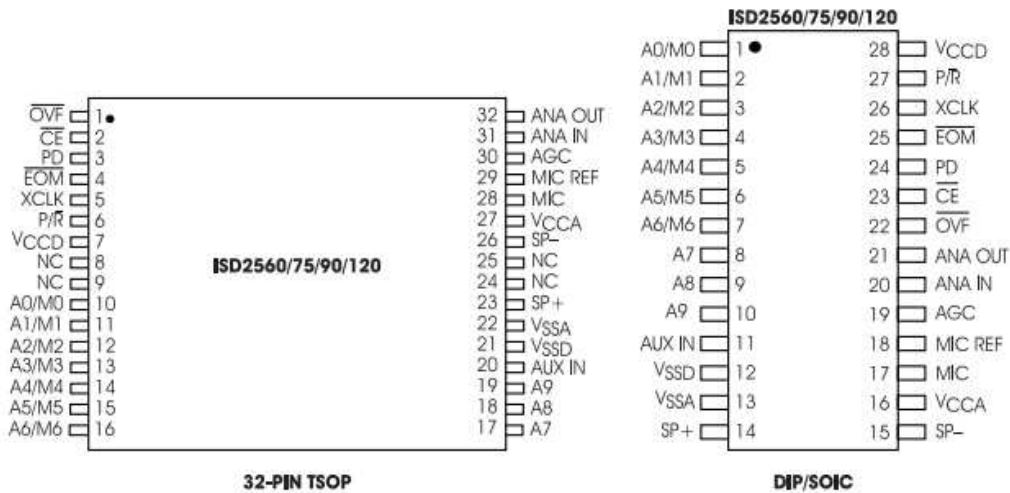
PROGRAMMING

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

DIAGRAMA DE PINES

ISD2560/75/90/120 Products

Figure 1: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



PIN DESCRIPTIONS

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA} , V_{CCD})

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

GROUND INPUTS (V_{SSA} , V_{SSD})

The ISD2500 series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground.

POWER DOWN INPUT (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see I_{SB} specification). When overflow (OVF) pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the record/playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

CHIP ENABLE INPUT (\overline{CE})

The \overline{CE} pin is taken LOW to enable all playback and record operations. The address inputs and playback/record input (P/R) are latched by the falling edge of \overline{CE} . \overline{CE} has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

The $\overline{P/\overline{R}}$ input is latched by the falling edge of the \overline{CE} pin. A HIGH level selects a playback cycle while a LOW level selects a record cycle. For a record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or \overline{CE} is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or \overline{CE} HIGH, an End-Of-Message (\overline{EOM}) marker is stored at the current address in memory. For a playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an \overline{EOM} marker is encountered. The device can continue past an \overline{EOM} marker in an Operational Mode, or if \overline{CE} is held LOW in address mode. (See page 5 for more Operational Modes).

END-OF-MESSAGE / RUN OUTPUT (\overline{EOM})

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The \overline{EOM} output pulses LOW for a period of T_{EOM} at the end of each message.

In addition, the ISD2500 series has an internal V_{CC} detect circuit to maintain message integrity should V_{CC} fall below 3.5 V. In this case, \overline{EOM} goes LOW and the device is fixed in playback-only mode.

When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a record or playback operation in process.

OVERFLOW OUTPUT (\overline{OVF})

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The \overline{OVF} output then follows the \overline{CE} input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase record/playback durations.

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ω resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 18) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μ F give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

ANALOG INPUT (ANA IN)

The analog input pin transfers its signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 k Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices has an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ± 1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ± 2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ± 5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Table 1: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD2560	8.0 KHz	1024 KHz
ISD2575	6.4 KHz	819.2 KHz
ISD2590	5.3 KHz	682.7 KHz
ISD25120	4.0 KHz	512 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. **If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+ /SP-)

All devices in the ISD2500 series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 mW into 16 Ω from AUX IN (12.2 mW from memory).

The speaker outputs are held at V_{SSA} levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

NOTE Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.

A single output may be used alone (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. Using the differential outputs results in a 4 to 1 improvement in output power.

NOTE Never ground or drive an unused speaker output.

AUXILIARY INPUT (AUX IN)

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when \overline{CE} is HIGH, P/\overline{R} is HIGH, and playback is currently not active or if the device is in playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.

SD2560/75/90/120 Device Block Diagram

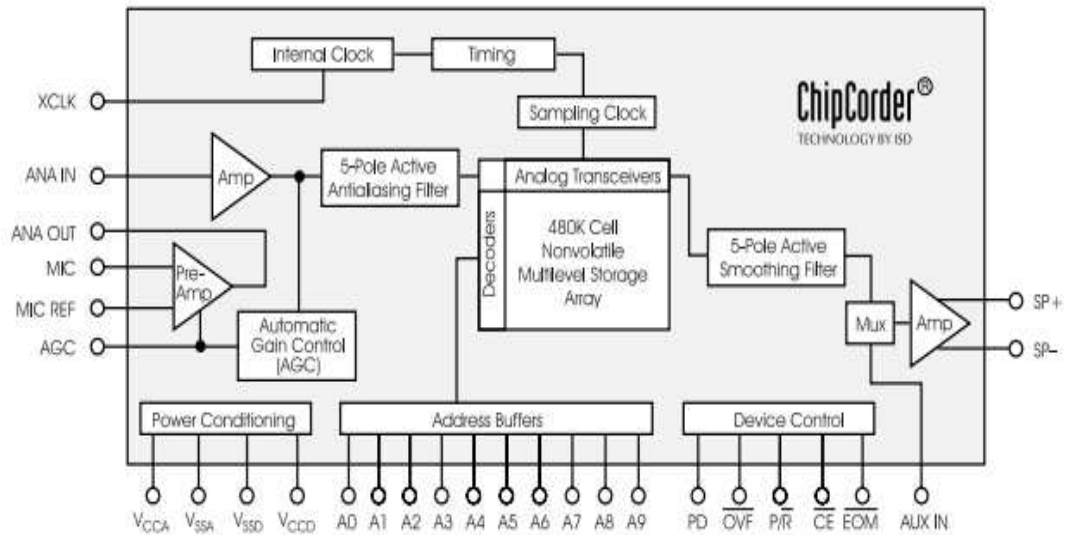
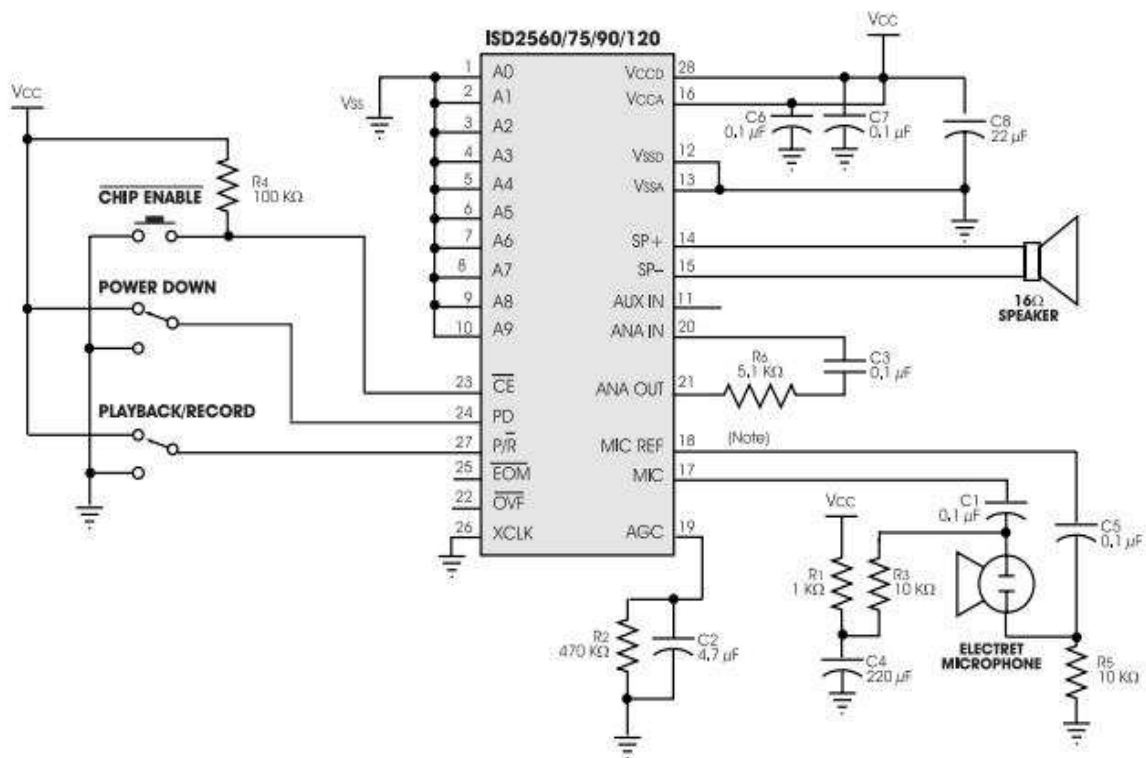


Table i: ISD2560/75/90/120 Product Summary

Part Number	Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD2560	60	8.0	3.4
ISD2575	75	6.4	2.7
ISD2590	90	5.3	2.3
ISD25120	120	4.0	1.7

ISD2560/75/90/120 Products

ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic



Application Example—Basic Device Control

Control Step	Function	Action
1	Power up chip and select record/playback mode	(1.) PD = LOW, (2.) P/ \bar{R} = As desired
2	Set message address for record/playback	Set addresses A0–A9
3A	Begin playback	P/ \bar{R} = HIGH, $\bar{C}E$ = Pulsed LOW
3B	Begin record	P/ \bar{R} = LOW, $\bar{C}E$ = LOW
4A	End playback	Automatic
4B	End record	PD or $\bar{C}E$ = HIGH

Application Example—Passive Component Functions

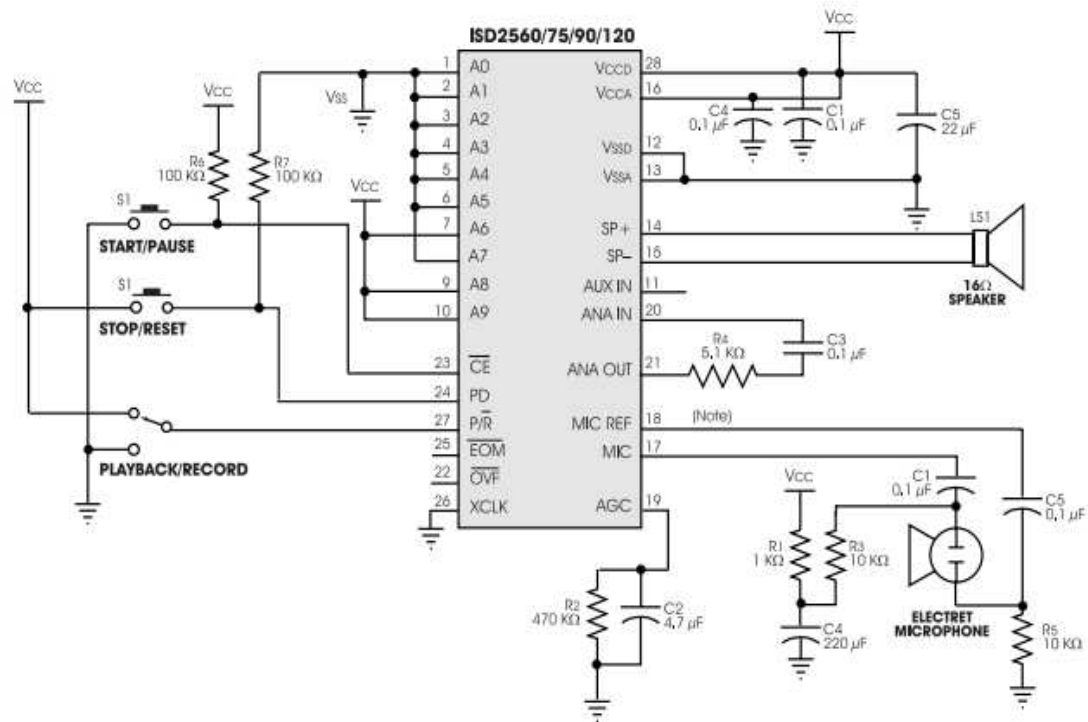
Part	Function	Comments
R1	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R3, R5	Microphone biasing resistors	Provides biasing for microphone operation
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages.
R6	Series limiting resistor	Reduces level to high supply voltages
C1, C5	Microphone DC-blocking capacitor Low-frequency cutoff	Decouples microphone bias from chip. Provides single-pole low-frequency cutoff and common mode noise rejection.
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff
C4	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
C6, C7, C8	Power supply capacitors	Filter and bypass of power supply

EXPLANATION

In this simplified block diagram of a microcontroller application, the Push-Button mode and message cueing are used. The microcontroller is a 16-pin version with enough port pins for buttons, an LED, and the ISD2500 series device. The software can be written to use three buttons: one each for play and record, and one for message selection. Because the microcontroller is interpreting the buttons and commanding the ISD2500 device, software can be written for any functions desired in a particular application.

NOTE *ISD does not recommend connecting address lines directly to a microprocessor bus. Address lines should be externally latched.*

ISD2500 Application Example—Push-Button



Application Example—Passive Component Functions

Part	Function	Comments
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages
R6, R7	Pull-up and pull-down resistors	Defines static state of inputs
C1, C4, C5	Power supply capacitors	Filters and bypass of power supply
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff

ANEXO C

Data Sheets

Datos Técnicos del ZigBee

DATA SHEET XBEE

Modulos de RF version OEM XBee & XBee-PRO 2.4 GHz

Especificaciones		 XBee	 XBee-PRO
Rendimiento	Alcance en ambientes interiores/zonas urbanas	hasta 100' (30 m)	hasta 300' (100 m)
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores	hasta 300' (100 m)	hasta 4000' (1200 m)
	Potencia de Salida en Transmisión	1 mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm), 100 mW EIRP
	Régimen RF de datos	250,000 bps	250,000 bps
	Sensibilidad del Receptor	-92 dBm (1% PER)	-100 dBm (1% PER)
Requerimientos de Potencia	Suministro de Voltaje	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
	Corriente de Transmisión (típico)	45 mA @ 3.3 V	270 mA @ 3.3 V
	Corriente de Recepción (típico)	50 mA @ 3.3 V	55 mA @ 3.3 V
	Corriente Power-Down	< 10 µA	< 10 µA
Información General	Frecuencia	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
	Dimensiones	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
	Temperatura de Operación	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
	Opciones de Antena	Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena	Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena
Trabajo en Red y Seguridad	Topologías permitidas en la Red	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh
	Número de Canales	16 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)	12 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)
	Capas de Filtración de la Red	PAN ID & Direcciones 64-bit	PAN ID & Direcciones 64-bit
Aprobaciones de la Agencia	FCC Parte 15.247	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
	Industry Canada (IC)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO
	Europe	ETSI	ETSI

Módulos RF versión OEM XBee™

Modulos de RF ZigBee™/802.15.4 versión OEM fabricados por MaxStream, Inc.
XBee™

Alcance para ambientes interiores/zonas urbanas:
hasta 100' (30 m)

Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores
(con antena dipolo): hasta 300' (100 m)

Potencia de Salida de Transmisión: 1 mW (0 dBm)
Corriente Power-Down: < 10 µA
Frecuencia de Operación: 2.4 GHz
Velocidad de datos en RF: 250,000 bps

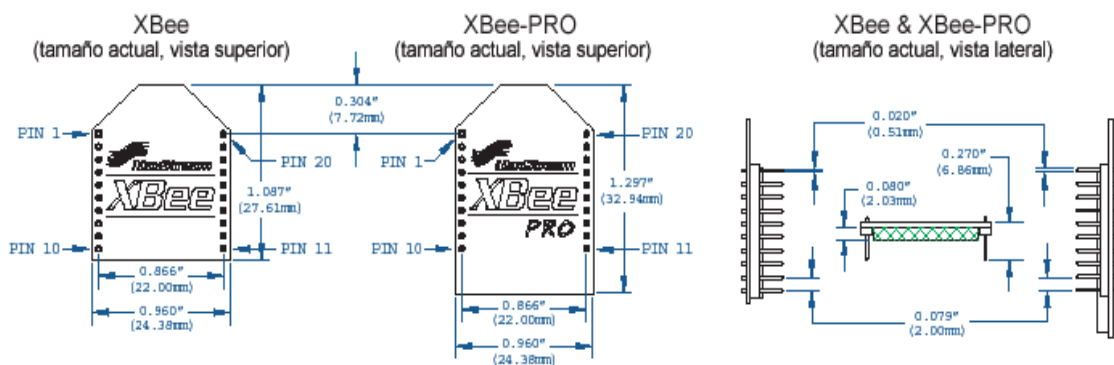
XBee-PRO™

Alcance para ambientes interiores / zonas urbanas:
hasta 300' (100 m)
Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores (con antena dipolo):
hasta 4000' (1200 m)

Potencia de Salida de Transmisión: 100 mW (20 dBm) EIRP
Corriente de Recepción: < 10 µA
Frecuencia de Operación: 2.4 GHz
Velocidad de datos en RF: 250,000 bps



Dibujos Mecánicos



Specifications of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	up to 100 ft. (30 m)	Up to 300' (100 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 300 ft. (100 m)	Up to 1 mile (1500 m)
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm) conducted, 100 mW (20 dBm) EIRP*
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	If PL=0 (10dBm): 137mA(@3.3V), 139mA(@3.0V) PL=1 (12dBm): 155mA (@3.3V), 163mA(@3.0V) PL=2 (14dBm): 170mA (@3.3V), 171mA(@3.0V) PL=3 (16dBm): 188mA (@3.3V), 195mA(@3.0V) PL=4 (18dBm): 215mA (@3.3V), 227mA(@3.0V)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 μ A	< 10 μ A
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (Industrial)	-40 to 85° C (Industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	n/a	005NYCA0378 (Max. 10 dBm transmit power output)**

Pin Signals

XBee/XBee-PRO RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

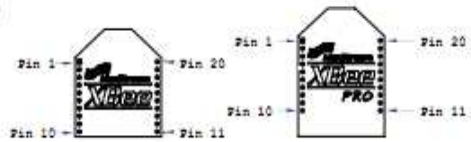


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / <u>CONFIG</u>	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	<u>RESET</u>	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	<u>DTR</u> / <u>SLEEP_RQ</u> / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	<u>CTS</u> / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	<u>ON</u> / <u>SLEEP</u>	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	<u>RTS</u> / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k Ω pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

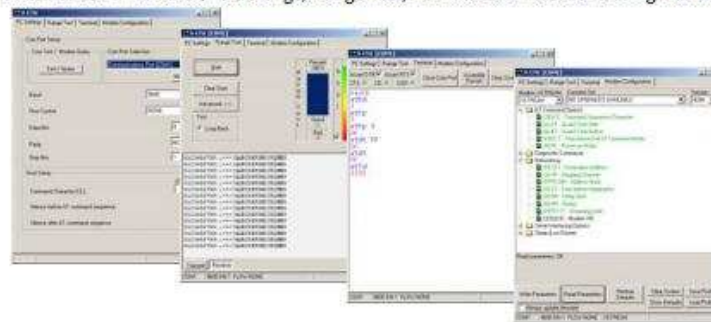
PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN DEL ZIGBEE

X-CTU Software

X-CTU is a MaxStream-provided software program used to interface with and configure MaxStream RF Modules. The software application is organized into the following four tabs:

- PC Settings tab - Setup PC serial ports for interfacing with an RF module
- Range Test tab - Test the RF module's range and monitor packets sent and received
- Terminal tab - Set and read RF module parameters using AT Commands
- Modem Configuration tab - Set and read RF module parameters

Figure B-13. X-CTU User Interface (PC Settings, Range Test, Terminal and Modem Configuration tabs)



NOTE: PC Setting values are visible at the bottom of the Range Test, Terminal and Modem Configuration tabs. A shortcut for editing PC Setting values is available by clicking on any of the values.

Installation

Double-click the "setup_X-CTU.exe" file and follow prompts of the installation screens. This file is located in the 'software' folder of the MaxStream CD and also under the 'Downloads' section of the following web page: www.maxstream.net/support/downloads.php

Setup

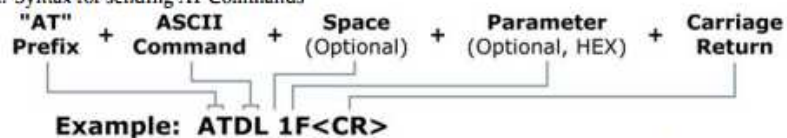
To use the X-CTU software, a module assembly (An RF module mounted to an interface Board) must be connected to a serial port of a PC.

NOTE: Failure to enter AT Command Mode is most commonly due to baud rate mismatch. The interface data rate and parity settings of the serial port ("PC Settings" tab) must match those of the module (BD (Baud Rate) and NB (Parity) parameters respectively).

Serial Communications Software

A terminal program is built into the X-CTU Software. Other terminal programs such as "HyperTerminal" can also be used to configure modules and monitor communications. When issuing AT Commands through a terminal program interface, use the following syntax:

Figure B-14. Syntax for sending AT Commands



NOTE: To read a parameter value stored in a register, leave the parameter field blank.

The example above issues the DL (Destination Address Low) command to change destination address of the module to "0x1F". To save the new value to the module's non-volatile memory, issue WR (Write) command after modifying parameters.

RF Module Configuration

Programming the RF Module

Refer to the Command Mode section [p24] for more information about entering Command Mode, sending AT commands and exiting Command Mode. For information regarding module programming using API Mode, refer to the API Operation sections

Programming Examples

Setup

The programming examples in this section require the installation of MaxStream's X-CTU Software and a serial connection to a PC. (MaxStream stocks RS-232 and USB boards to facilitate interfacing with a PC.)

1. Install MaxStream's X-CTU Software to a PC by double-clicking the "setup_X-CTU.exe" file. (The file is located on the MaxStream CD and under the 'Software' section of the following web page: www.maxstream.net/support/downloads.php)
2. Mount the RF module to an interface board, then connect the module assembly to a PC.
3. Launch the X-CTU Software and select the 'PC Settings' tab. Verify the baud and parity settings of the Com Port match those of the RF module.

NOTE: Failure to enter AT Command Mode is most commonly due to baud rate mismatch. Ensure the 'Baud' setting on the 'PC Settings' tab matches the interface data rate of the RF module. By default, the BD parameter = 3 (which corresponds to 9600 bps).

Sample Configuration: Modify RF Module Destination Address

Example: Utilize the X-CTU "Terminal" tab to change the RF module's DL (Destination Address Low) parameter and save the new address to non-volatile memory.

After establishing a serial connection between the RF module and a PC [refer to the 'Setup' section above], select the "Terminal" tab of the X-CTU Software and enter the following command lines ('CR' stands for carriage return):

Method 1 (One line per command)

Send AT Command	System Response
+++	OK <CR> (Enter into Command Mode)
ATDL <Enter>	{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
ATDL1A0D <Enter>	OK <CR> (Modify Destination Address Low)
ATWR <Enter>	OK <CR> (Write to non-volatile memory)
ATCN <Enter>	OK <CR> (Exit Command Mode)

Method 2 (Multiple commands on one line)

Send AT Command	System Response
+++	OK <CR> (Enter into Command Mode)
ATDL <Enter>	{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
ATDL1A0D,WR,CN <Enter>	OK, OK, OK <CR> (Command execution is triggered upon each instance of the comma)

Sample Configuration: Restore RF Module Defaults

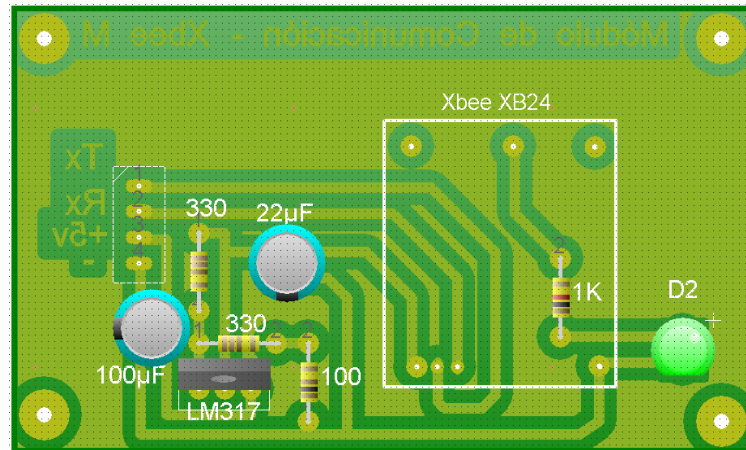
Example: Utilize the X-CTU "Modem Configuration" tab to restore default parameter values.

After establishing a connection between the module and a PC [refer to the 'Setup' section above], select the "Modem Configuration" tab of the X-CTU Software.

1. Select the 'Read' button.
2. Select the 'Restore' button.

ANEXO D

DIAGRAMAS PCB



Circuito final del Módulo de Radiofrecuencia (MM).

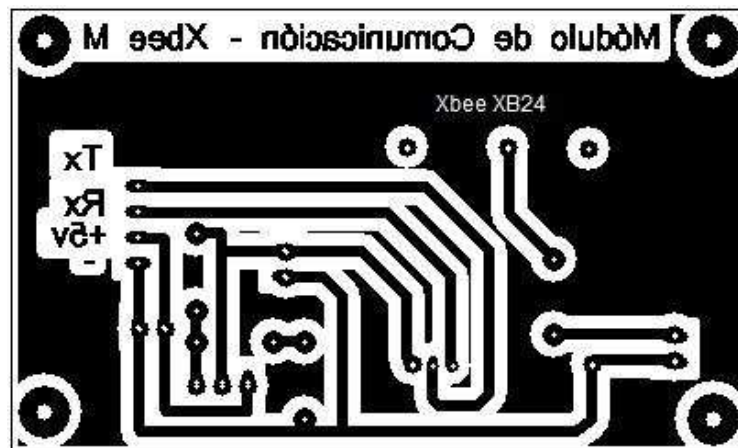
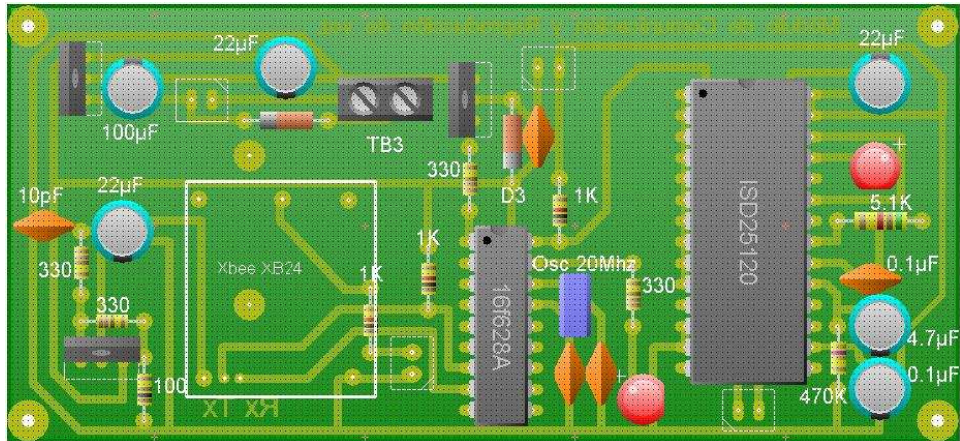


Imagen de la pista del circuito del Módulo de Radiofrecuencia (MM).

DIAGRAMAS PCB



Circuito final del Módulo de Alerta para retirar pedido (ME).

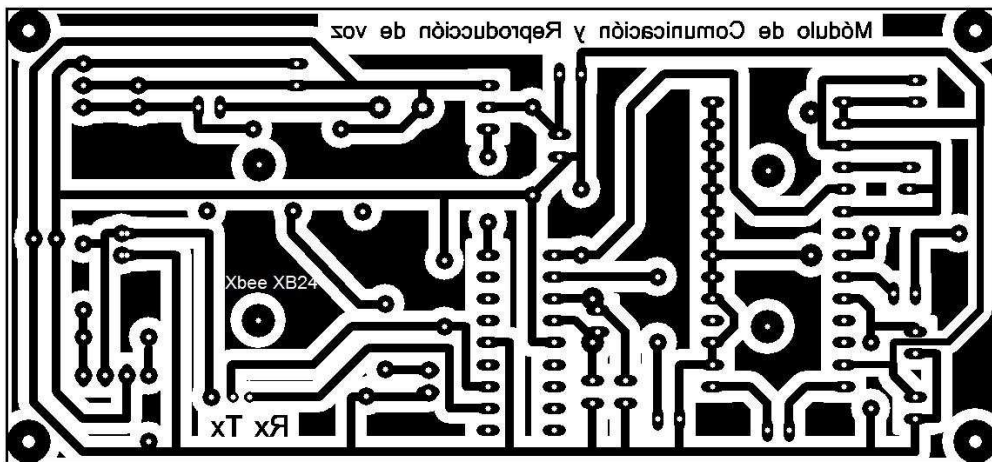


Imagen de la pista del circuito del Módulo de Radiofrecuencia (MM).

ANEXO E

Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO

El siguiente manual ayudará al usuario a conocer el funcionamiento de los dispositivos a utilizarse:

Inicio



Módulo Máster



Módulo Esclavo (ficha)

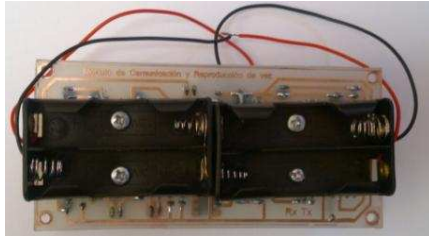
1. Colocar al módulo máster en el lugar estratégico para emitir la señal al módulo esclavo.
2. Conectar el cable de poder de módulo máster a un tomacorriente AC.



3. Pulsar el botón de encendido del dispositivo.

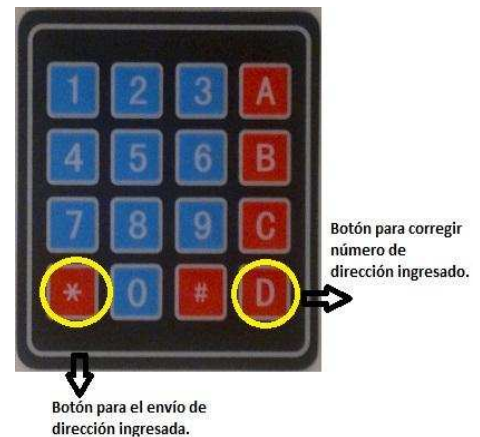


4. Colocar pilas AA2 al Módulo Esclavo y encenderlo.



5. Descripción del Funcionamiento del teclado

- a. Los botones 1-9 son usados para enviar el mensaje a la ficha que desee el usuario.
- b. La tecla * sirve para enviar la señal al módulo esclavo a la ficha deseada.
- c. La tecla D sirve para corregir el número de ficha o módulo esclavo en caso de haber una equivocación al ingresar el número.
- d. Las teclas A,B,C sirven para enviar al inicio del programa en el cual se observa *Escuela Politécnica Nacional* ”
- e. La tecla # está deshabilitada.



6. Para enviar la señal a una ficha o módulo esclavo, en la pantalla del Máster se nos mostrará lo siguiente:



7. Se presiona el número deseado seguido de la tecla *(asterisco)

8. El módulo esclavo o ficha recibe la orden y se activa el audio: “ ESTIMADO USUARIO SU ORDEN ESTA LISTA”

