

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Comunicación a través del protocolo Zigbee con NIOS II

**TESINA DE SEMINARIO**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

Presentado por:

**LISSETTE ANDREA CABELLO WILSON**

**JOSÉ ANDRÉ JÁTIVA UBILLÚS**

Guayaquil – Ecuador

Año 2011

# AGRADECIMIENTO

En primer lugar quisiera agradecer a Dios, porque sin él nada fuera posible.

Gracias a mis padres, que siempre han sido y son ese pilar fundamental en mi vida, sin sus sabios consejos, apoyo y orientación no sería la persona que soy ahora.

A mis hermanos, por apoyarme en todo momento, en especial a Steven que siempre ha sido y es mi ejemplo a seguir, mi ejemplo de superación y mi apoyo incondicional.

Por último y no menos importante, a José, mi enamorado, mi compañero, mi amigo, que es siempre mi gran apoyo. Gracias por permitirme ser una mejor persona junto a ti.

***Lissette Andrea Cabello Wilson.***

Quiero agradecer a toda mi familia, en especial a mis padres ya que sin ellos, sin todo el apoyo, facilidades, motivación y amor no hubiera podido llegar a este momento en mi vida.

También agradezco a mi hermano que siempre es un apoyo incondicional y es el que me hace ver muchos defectos para superarme y las virtudes para seguirlas cultivando.

Agradezco a mi mejor amiga, compañera de tesis y enamorada Lissette Cabello por todos estos años en la universidad en los que fuimos creciendo profesionalmente, ha sido mi complemento de superación.

A todos mis compañeros y amigos que de una u otra manera formaron parte de mi vida universitaria, dando su granito de arena para haberme ayuda a llegar hasta aquí.

***José André Játiva Ubillús.***

# DEDICATORIAS

A toda mi familia y amigos, todos ellos son los responsables de que yo pudiera lograr con éxito todos mis objetivos planteados.

***Lisette Andrea Cabello Wilson***

A mis padres y mi hermano por toda su ayuda brindada ya que sin ellos nada de lo obtenido podría haber sido posible.

***José André Játiva Ubillús***

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ing. Ronald Ponguillo

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



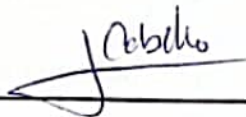
---

Ing. César Martín

PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL". (Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Lissette Andrea Cabello Wilson



José André Játiva Ubillús

# RESUMEN

La presente tesina pretende dar a conocer e implementar el protocolo Zigbee basado en comunicaciones inalámbricas con bajo consumo de energía.

Para la programación y procesamiento de información utilizamos la tarjeta de desarrollo ALTERA DE2, la cual posee el dispositivo Altera Cyclone II FPGA que ofrece memorias embebidas y Procesador NIOS II Integrado, esto nos permite implementar una variedad de proyectos de diseño para el desarrollo de sistemas digitales sofisticados.

El proyecto “Comunicación a través del protocolo Zigbee con NIOS II” tiene como objeto complementar estas dos tecnologías en una red de seguridad, debido a que en la actualidad estos sistemas son muy utilizados y tiene un alto índice de crecimiento en domótica.

Se lo ha estructurado en 4 capítulos que los detallamos a continuación:

En el capítulo 1, se explica de una manera muy general el problema que se busca atacar y cuáles serían las posibles soluciones con el uso de la tecnología previamente señalada.

En el capítulo 2, damos a conocer a fondo cada uno de los elementos que se han utilizado en este proyecto, de tal manera que sea mucho más fácil su comprensión y uso. Se dará información en detalle sobre las FPGAs y el protocolo Zigbee.

En el capítulo 3, trata de cómo se diseñó e implementó el proyecto, el cual da pautas de la forma en que se juntan los elementos, la manera en la que trabajan y finalmente de cómo poner a funcionar el sistema dentro del ámbito normal.

El capítulo 4, nos muestra resultados de pruebas realizadas, comparación de rendimientos y un cuadro de ventajas y desventajas de esta solución al problema planteado.



# INDICE GENERAL

RESUMEN.....	vii
INDICE GENERAL.....	ix
ABREVIATURAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INDICE DE TABLAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	1
1.1.1 Objetivos Generales.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2

1.3	METODOLOGÍA.....	3
	CAPITULO II.....	5
2.	MARCO TEORICO.....	5
2.1	TARJETAS DE DESARROLLO Y EDUCACIÓN DE ALTERA .....	5
2.1.1	DE2 de Altera.....	7
2.2	FPGA.....	9
2.2.1	Definición.....	9
2.2.2	Características.....	10
2.2.3	Aplicaciones .....	11
2.3	PROCESADORES EMBEBIDOS CONFIGURABLES.....	12
2.3.1	NIOS II.....	13
2.4	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-232 .....	14
2.5	TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS .....	15
2.5.1	Tipos de tecnologías inalámbricas .....	15
2.5.2	Redes inalámbricas de área personal .....	17

2.5.3	Protocolo Zigbee .....	19
2.5.3.1	Módulos de transmisión inalámbrica Xbee .....	22
CAPITULO III.....		25
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACION .....	25
3.1	BLOQUE EMISOR.....	26
3.2	BLOQUE RECEPTOR.....	29
3.3	BLOQUE PROCESADOR .....	33
3.3.1	Código del Programa Principal.....	36
3.3.2	Pistas del PCB.....	47
3.4	BLOQUE DE SALIDA.....	49
CAPITULO IV.....		50
4.	Resultados.....	50
4.1	COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS XBEE .....	50
4.2	INTERACCION ENTRE EL USUARIO Y LA TARJETA.....	51
CONCLUSIONES		

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

# ABREVIATURAS

FPGA	Field Programmable Gate Array
DE2	Development and Education Board
RS-232	Recommended Standard 232
Km/h	Kilómetros por hora
E/S	Entrada y Salida
JP1	Expansion Header
GPIO	General Purpose Input/Output
USB	Universal Serial Bus
LCD	Liquid Crystal Display
JTAG	Joint Test Action Group
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

ASIC	Application Specific Integrated Circuit
SOPC	System on a Programmable Chip
Mbits	Megabits
ADC	Analog-to-Digital Converter
EIA	Electronics Industry Association
TTL	Transistor-Transistor Logic
CMOS	Complementary metal–oxide–semiconductor
GUIDE	Graphical User Interfase Development Environment
PIC	Peripheral Interface Controller
PCB	Printed Circuit Board
LED	Light-Emitting Diode

# INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Tarjeta DE2 ALTERA.....	9
Figura 2-2 FPGA de Altera .....	12
Figura 2-3 NIOS II.....	13
Figura 2-3 Adaptador 5V/3.3V .....	23
Figura 3-1 Diagrama de Bloques Simplificado .....	25
Figura 3-2 Circuito del Sensor de Movimiento .....	26
Figura 3-3 Alcance del Sensor de Movimiento .....	27
Figura 3-4 Dispositivo electrónico del Bloque Emisor .....	28
Figura 3-5 Diagrama Circuito Emisor de Trama.....	28
Figura 3-6 Diagrama de flujo del microcontrolador .....	29
Figura 3-7 Dispositivo electrónico del Bloque Receptor.....	33
Figura 4-1 Comunicación a través del protocolo Zigbee.....	51
Figura 4-2 Hardware correctamente cargado en la tarjeta DE2.....	52

Figura 4-3 Mensaje de bienvenida al sistema.....	52
Figura 4-4 Solicitud de ingreso de contraseña.....	53



# INDICE DE TABLAS

Tabla I - Diferentes tipo de Tarjetas de Desarrollo de Altera .....	6
Tabla II - Información sobre la tarjeta DE2 de Altera .....	8
Tabla III - Pines más importantes del conector DB9 .....	14
Tabla IV - Pines más importantes del conector DB25.....	15
Tabla V - Tabla comparativa de módulos Xbee .....	24

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología ha avanzado de tal manera que busca la implementación de sistemas que trabajen a una mayor velocidad, procesen mayor cantidad de información y que faciliten la interacción con el usuario.

Es por esto que actualmente se trabaja con los sistemas basados en FPGA (Field Programmable Gate Array), las cuales permiten a los usuarios programarlas de tal forma que cumplan especificaciones definidas por los mismos y no exista la atadura definida por fabricantes de diversas soluciones.

Con este dispositivo nos podemos valer de nuestra creatividad e ingenio para desarrollar soluciones o también podemos incorporar soluciones de terceros, que complementándolas tendremos un sistema más poderoso personalizado para nuestras necesidades.

Al juntarla con otra tecnología como es Zigbee, que hoy se está utilizando mucho en lo que es domótica, podremos encontrar diversas soluciones a problemas tales como seguridad, comunicación, comodidades y muchas otras necesidades de la vida cotidiana.

En este proyecto se busca encontrar una solución sencilla pero a la vez muy necesaria a lo que es la seguridad en nuestros hogares, tal como es el ingreso de intrusos a las mismas.

# CAPITULO I

## 1. GENERALIDADES

En este capítulo se explica de una manera muy general el problema que se busca resolver y cuáles serían las posibles soluciones con el uso de la tecnología previamente señalada.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivos Generales

Se desea realizar la implementación de un sistema, el cual contenga un hardware capaz de realizar comunicación inalámbrica por medio del protocolo Zigbee, para poder transferir señales provenientes de un sistema de seguridad.

Estas señales enviadas por el sistema Zigbee serán enviadas a nuestro procesador embebido NIOS II para finalmente encender una alarma.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Obtener conocimientos acerca del funcionamiento de los FPGA, con la finalidad de utilizarlo como controlador del sistema de seguridad.
- Aprender cómo realizar una comunicación y enviar una trama entre dispositivos por medio del protocolo Zigbee.
- Configurar y acoplar de sensores de movimiento a un módulo X-bee.
- Diseñar un sistema de detección de movimiento que emita una señal de respuesta a manera de alarma.

## 1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El índice de inseguridad en nuestra ciudad ha aumentado de manera considerable, llegando a tal punto en que los ciudadanos no nos sentimos seguros ni en nuestros hogares, por lo que tratando de buscar cierta ayuda para disminuir este tipo de inseguridad buscamos la implementación de un sistema que nos permitirá saber sobre el ingreso de intrusos a nuestros hogares, utilizando tecnología actual, buscando la eficiencia del mismo.

Actualmente existen sistemas de seguridad que identifican el ingreso de intrusos, pero aparte de que son muy costosos, deben realizarse

varios cambios de infraestructura en nuestros hogares para poder implementarlos.

Al utilizar un sistema de sensor y la transmisión de información por medio del protocolo Zigbee evitaremos lo anteriormente mencionado. También al trabajar con una tarjeta FPGA se dará una mayor apertura a posibles mejoras a futuro ya que este es un sistema de gran escalabilidad.

### **1.3 METODOLOGÍA**

Nuestra red de seguridad cuenta con un sistema infrarrojo de movimientos el cual, al estar combinado con un transmisor inalámbrico de tecnología Zigbee nos evita realizar ciertas variaciones en la infraestructura de la casa, ya que solo es necesario seleccionar el lugar y colocarlos, de igual manera estos transmisores economizan el uso de energía y solo requieren de una batería de 3.3 v.

El transmisor está configurado de tal forma que envía dos tipos de respuestas diferentes, dependiendo estas de la variación que exista en el sensor de movimiento.

Estos transmisores inalámbricos tienen un alcance aproximado de 300 mts. dentro del hogar, por lo que da la ventaja de tener varios sensores y un solo procesador de información.

Acoplado a nuestro procesador de información, la tarjeta FPGA, se encuentra un receptor Zigbee el cual capta la señal enviada por los transmisores y la pasa a la tarjeta FPGA.

Nuestra tarjeta ahora hace las veces de procesador de información y toma las diferentes decisiones dependiendo de los datos que sean recibidos por medio del receptor Zigbee. A la tarjeta se encuentra acoplada una alarma, la cual si es el caso, empieza a funcionar para notificar que existe algo detectado por el sensor de movimiento.

Para desactivar el sistema de alarma, se debe introducir la contraseña que ha sido previamente validada por el dueño del hogar la primera vez que se inicializa el sistema de seguridad.

# CAPITULO II

## 2. MARCO TEORICO

En este capítulo damos a conocer a fondo cada uno de los elementos que se han utilizado en este proyecto, de tal manera que sea mucho más fácil su comprensión y uso. Se dará información en detalle sobre la Tarjeta DE2 de Altera, FPGAs, Procesadores Embebidos, Protocolo RS-232 y Protocolo Zigbee.

### 2.1 TARJETAS DE DESARROLLO Y EDUCACIÓN DE ALTERA

Para satisfacer las necesidades educativas, Altera diseñó algunas tarjetas de Desarrollo capaces de proveer lo detallado a continuación:

- El conjunto adecuado de elementos de entrada y salida, tales como interruptores, switches, LED, displays de siete segmentos, LCD e interfaces E/S comúnmente utilizadas.



- FPGAs modernas, eficaces para implementar diseños digitales de circuitos de lógica simple hasta sistemas más complejos.
- Funciones más avanzadas que incluyen una variedad de dispositivos de memoria, de audio y vídeo, así como conectividad Ethernet y USB.
- PCBs de alta calidad con circuitos de protección en todos los conectores de E/S.

Nombre	Uso Recomendado	Características
DE2-115	Clases y proyectos de graduación	Cyclone® IV 4C115 FPGA y muchos puertos E/S
DE1	Clases	Cyclone® II 2C20 FPGA y puertos E/S reducidos (versión menor de la DE2)
DE0-Nano	Clases y proyectos de graduación	Cyclone® IV E 4CE22 FPGA, puertos E/S adecuados para proyectos móviles, incluyen convertidor A/D y acelerómetro
DE2	Clases y proyectos de graduación	Cyclone® II 2C35 FPGA y muchos puertos E/S
DE2-70	Clases y proyectos de graduación	Cyclone® II 2C70 FPGA y muchos puertos E/S
DE0	Estudiantes no graduados que estudian en casa	Cyclone® III 3C16 FPGA y puertos E/S reducidos (versión menor de la DE1)
DE3	Investigación y proyectos de graduación	Alto rendimiento Stratix® III FPGA y puertos E/S de gran velocidad
DE4	Investigación y proyectos de graduación	Alto rendimiento Stratix® IV FPGA y puertos E/S de gran velocidad

**Tabla I - Diferentes tipo de Tarjetas de Desarrollo de Altera**

### 2.1.1 DE2 de Altera

La Tarjeta DE2 de Altera fue diseñada por profesores para profesores. Es un vehículo ideal para el aprendizaje de la lógica digital, la organización de computadores y FPGAs.

Con un Altera FPGA Cyclone ® II 2C35, la tarjeta está diseñada para la universidad y su uso en los laboratorios. Es adecuado para una amplia gama de ejercicios en los cursos sobre lógica digital y la organización ordenador, desde tareas simples que ilustran los conceptos fundamentales de diseños hasta los más avanzados.

La DE2 viene con:

- La tarjeta DE2 de 8x6' junto con la FPGA Cyclone II EP2C35 (672-pin).
- Adaptador 9V AC/DC.
- Cable USB.
- Cobertor Plexiglás para la tarjeta.
- Guía de instalación.

Características	Descripción
<b>FPGA</b>	Cyclone II EP2C35F672C6 con EPCS16 16-Mbit configuración serial del dispositivo
<b>Interfaces E/S</b>	USB-Blaster para la configuración FPGA Linea In/Out, Micrófono (24-bit Audio CODEC) Video Out (VGA 10-bit DAC) Video In (NTSC/PAL/Multi-format) RS232 Puerto Infrarrojo PS/2 puerto para el mouse o el teclado 10/100 Ethernet USB 2.0 (tipo A y tipo B) Cabecera de Expansión (Dos de 40 pines)
<b>Memoria</b>	8 MB SDRAM, 512 KB SRAM, 4 MB Flash Puerto para la tarjeta SD
<b>Displays</b>	Ocho displays de 7-segmentos Display LCD de 16 x 2
<b>Switches y LEDs</b>	18 switches 18 LEDs rojos 9 LEDs verdes 4 botoneras
<b>Clocks</b>	50 MHz clock 27 MHz clock Entrada SMA de clock

**Tabla III - Información sobre la tarjeta DE2 de Altera**



Fuente: <http://www.altera.com>

**Figura 2-1** Tarjeta DE2 de ALTERA

## 2.2 FPGA

### 2.2.1 Definición

Es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser configurada 'in situ' mediante un lenguaje de programación especializado. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinatorial, hasta complejos sistemas en un chip.

Las FPGAs se utilizan en aplicaciones similares a los ASICs sin embargo son más lentas, tienen un mayor consumo de potencia y no pueden abarcar sistemas tan complejos como ellos. A pesar de esto, las FPGAs tienen las ventajas de ser reprogramables (lo que añade una enorme flexibilidad al flujo de diseño), sus costes de desarrollo y adquisición son mucho menores para pequeñas cantidades de dispositivos y el tiempo de desarrollo es también menor.

### **2.2.2 Características**

Una jerarquía de interconexiones programables permite a los bloques lógicos de un FPGA ser interconectados según la necesidad del diseñador del sistema, algo parecido a un breadboard (es una placa de uso genérico reutilizable o semi permanente) programable. Estos bloques lógicos e interconexiones pueden ser programados después del proceso de manufactura por el usuario/diseñador, así que el FPGA puede desempeñar cualquier función lógica necesaria.

Una tendencia reciente ha sido combinar los bloques lógicos e interconexiones de los FPGA con microprocesadores y periféricos relacionados para formar un «Sistema programable en un chip». Ejemplo de tales tecnologías híbridas pueden ser

encontradas en los dispositivos Virtex-II PRO y Virtex-4 de Xilinx, los cuales incluyen uno o más procesadores PowerPC embebidos junto con la lógica del FPGA. El FPSLIC de Atmel es otro dispositivo similar, el cual usa un procesador AVR en combinación con la arquitectura lógica programable de Atmel. Otra alternativa es hacer uso de núcleos de procesadores implementados haciendo uso de la lógica del FPGA. Esos núcleos incluyen los procesadores MicroBlaze y PicoBlaze de Xilinx, Nios y Nios II de Altera, y los procesadores de código abierto LatticeMicro32 y LatticeMicro8.

Muchos FPGA modernos soportan la reconfiguración parcial del sistema, permitiendo que una parte del diseño sea reprogramada, mientras las demás partes siguen funcionando. Este es el principio de la idea de la «computación reconfigurable», o los «sistemas reconfigurables».

### **2.2.3 Aplicaciones**

Cualquier circuito de aplicación específica puede ser implementado en un FPGA, siempre y cuando esta disponga de los recursos necesarios. Las aplicaciones donde más comúnmente se utilizan los FPGA incluyen a los DSP (procesamiento digital de señales), radio definido por

software, sistemas aeroespaciales y de defensa, prototipos de ASICs, sistemas de imágenes para medicina, sistemas de visión para computadoras, reconocimiento de voz, bioinformática, emulación de hardware de computadora, entre otras. Cabe notar que su uso en otras áreas es cada vez mayor, sobre todo en aquellas aplicaciones que requieren un alto grado de paralelismo.



Fuente: <http://ca.digikey.com>

**Figura 2-2** FPGA de Altera

### **2.3 PROCESADORES EMBEBIDOS CONFIGURABLES**

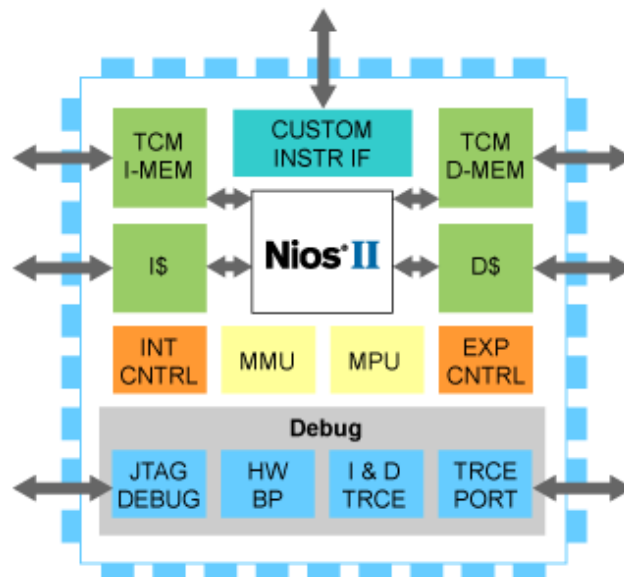
Un sistema embebido es un sistema diseñado para realizar una o algunas funciones dedicadas. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base (la tarjeta de vídeo, audio, módem, etc.)

Por lo general los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador

incorporado sobre el mismo o bien, utilizando algún compilador específico, suelen utilizarse lenguajes como C, C++ y hasta en algunos casos BASIC.

### 2.3.1 NIOS II

Con NIOS II se puede crear una mezcla exacta de los periféricos, interfaces de memoria, y los aceleradores de hardware para su aplicación. Este procesador es uno de los integrados más versátiles en el mundo. Su conjunto de características sin precedentes proporciona control en tiempo real para su sistema personalizado en un chip.



Fuente: <http://www.altera.com>

**Figura 2-3 NIOS II**



## 2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-232

El RS-232C consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9, más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos. Las señales con las que trabaja este puerto serial son digitales, los pines que portan los datos son RXD y TXD, los demás se encargan de otros trabajos, DTR indica que el ordenador está encendido, DSR que el aparato conectado a dicho puerto está encendido, RTS que el ordenador puede recibir datos, CTS que el aparato conectado puede recibir datos y DCD detecta que existe una comunicación, presencia de datos.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 9
1			Tierra de Chasis	
2	RXD	E	Recibir Datos	
3	TXD	S	Transmitir Datos	
4	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
5	SG		Tierra de señal	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	RTS	S	Solicitud de Envío	
8	CTS	E	Libre para Envío	
9	RI	S	Timbre Telefónico	

Tabla III - Pines más importantes del conector DB9

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 25
1			Tierra de Chasis	
2	TXD	S	Transmitir Datos	
3	RXD	E	Recibir Datos	
4	RTS	S	Solicitud de Envío	
5	CTS	E	Libre para Envío	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	SG		Tierra de señal	
8	CD/DCD	E	Detector de Portadora	
15	TxC	S	Transmitir Reloj	
17	RxC	E	Recibir reloj	
20	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
22	RI	S	Timbre Telefónico	
24	RTxC	S/E	Transmitir/Recibir Reloj	

Tabla IV - Pines más importantes del conector DB25

## 2.5 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

### 2.5.1 Tipos de tecnologías inalámbricas

- **WPAN**

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF, estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central; Bluetooth, protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1; Zigbee, basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que

requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías y bajo consumo; RFID, sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto similar a un número de serie único mediante ondas de radio.

- **WLAN**

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN, del inglés High Performance Radio LAN, un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

- **MAN**

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También

podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service).

- **WAN**

En estas redes encontramos tecnologías como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM (para móviles 2G), o también la tecnología digital para móviles GPRS (General Packet Radio Service).

### **2.5.2 Redes inalámbricas de área personal**

Red de área personal o Personal Area Network, es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal, así como fuera de ella.

El espacio personal abarca toda el área que puede cubrir la voz. Puede tener una capacidad en el rango de los 10 bps hasta los 10 Mbps. Existen soluciones (ejemplo, Bluetooth) que operan en la frecuencia libre para instrumentación, ciencia y

medicina de sus siglas en inglés (instrumental, scientific, and medical ISM) en su respectiva banda de frecuencia de 2.4 GHz. Los sistemas PAN podrán operar en las bandas libres de 5 GHz o quizás mayores a éstas. PAN es un concepto de red dinámico que exigirá las soluciones técnicas apropiadas para esta arquitectura, protocolos, administración, y seguridad.

PAN representa el concepto de redes centradas en las personas, y que les permiten a dichas personas comunicarse con sus dispositivos personales (ejemplo, PDAs, tableros electrónicos de navegación, agendas electrónicas, computadoras portátiles) para así hacer posible establecer una conexión inalámbrica con el mundo externo.

Las diferentes demandas del servicio y los panoramas de uso hacen que PAN acumule distintos acercamientos hacia las funciones y capacidades que pueda tener. Algunos dispositivos, como un simple sensor, pueden ser muy baratos, y tener a su vez funciones limitadas. Otros pueden incorporar funciones avanzadas, tanto computacionales como de red, lo cual los harán más costosos. Deben tomarse en cuenta los siguientes puntos como importantes para su fácil escalabilidad:

- Funcionalidad y Complejidad.
- Precio.
- Consumo de energía.
- Tarifas para los datos.
- Garantía.
- Soporte para las interfaces.

Los dispositivos más capaces pueden incorporar funciones multimodo que permiten el acceso a múltiples redes.

Algunos de estos dispositivos pueden estar adheridos o usados como vestimenta para la persona (ejemplo, sensores); otros podrían ser fijos o establecidos temporalmente con el espacio personal (ejemplo, sensores, impresoras, y PDAs).

### **2.5.3 Protocolo Zigbee**

Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras

con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

En principio, el ámbito donde se prevé que esta tecnología cobre más fuerza es en domótica, como puede verse en los documentos de la Zigbee Alliance, en las referencias bibliográficas que se dan más abajo en el documento «Zigbee y Domótica». La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

- Su bajo consumo
- Su topología de red en malla
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

Los protocolos Zigbee están definidos para su uso en aplicaciones encastradas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pretende su uso en aplicaciones de propósito general con características auto-organizativas y bajo costo (redes en malla, en concreto). Puede utilizarse para realizar control industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, ejercer labores de detección de humo o intrusos o domótica. La red en su

conjunto utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.

Se definen tres tipos distintos de dispositivo Zigbee según su papel 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.

Router Zigbee (Zigbee Router ZR) interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.

Dispositivo final (Zigbee End Device ZED) posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. 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



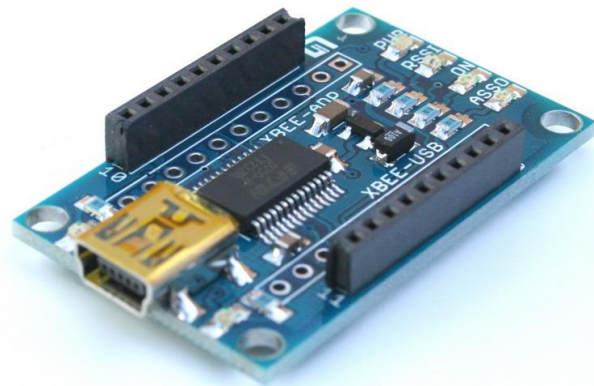
requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

Como ejemplo de aplicación en Domótica, en una habitación de la casa tendríamos diversos Dispositivos Finales (como un interruptor y una lámpara) y una red de interconexión realizada con Routers Zigbee y gobernada por el Coordinador.

### **2.5.3.1 Módulos de transmisión inalámbrica Xbee**





Una buena forma de agregar conectividad inalámbrica al proyecto es utilizando los módulos Xbee de MaxStream. Los módulos Xbee proveen 2 formas amigables de comunicación: Transmisión serial transparente (modo AT) y el modo API que provee muchas ventajas. Los módulos Xbee pueden ser configurados desde la PC, los Xbee pueden comunicarse en arquitecturas punto a punto, punto a multi punto o en una red mesh. La elección del módulo XBee correcto pasa por escoger el tipo de antena (chip, alambre o conector SMA) y la potencia de transmisión (2mW para 300 pies o 60mW para hasta 1 milla).

Debido a que los módulos Xbee tienen una separación de pines de 2mm recomendamos utilizar tarjetas adaptadoras. Estas tarjetas permiten conectar los módulos Xbee en cualquier protoboard estándar con separación de 0.1 pulgadas. Para comunicar un módulo Xbee con una PC recomendamos utilizar el adaptador USB que nos permite configurar el módulo fácilmente y probar la configuración antes de utilizarlo en una red punto a punto.



Fuente: <http://www.ptrobotics.com>

**Figura 2-3 Adaptador 5V/3.3V**

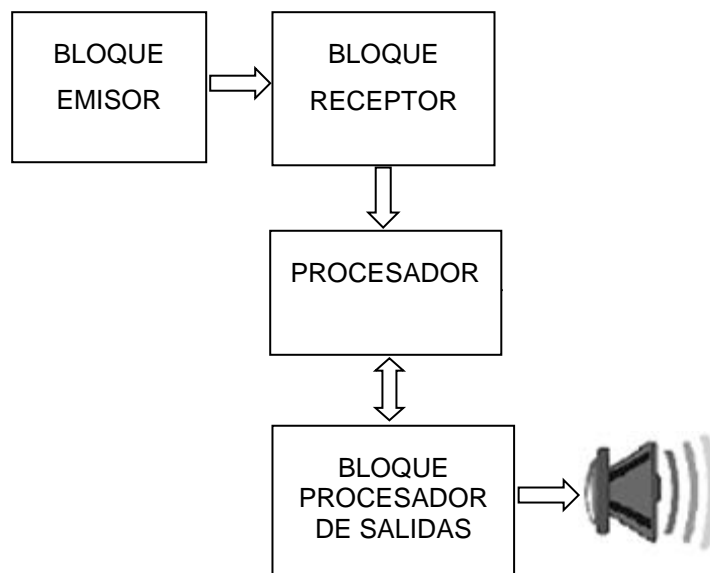
				
	<b>XBee 1mW 802.15.4 Chip Antenna</b>	<b>XBee 1mW 802.15.4 Wire Antenna</b>	<b>XBee PRO 60mW 802.15.4 Chip Antenna</b>	<b>XBee PRO 60mW 802.15.4 Wire Antenna</b>
<b>Generalidades</b>				
<b>Digi Part #</b>	XB24-ACI-001	XB24-AWI-001	XBP24-ACI-001	XBP24-AWI001
<b>MCI Part #</b>	32404	32405	32406	32407
<b>Antenna</b>	Chip	Wire	Chip	Wire
<b>RF Data Range</b>	250 kbps/up to 115 kbps		250 kbps/up to 115 kbps (1)	
<b>Rendimiento</b>				
<b>Indoor Range</b>	100 ft (30 m) (2)		300 ft (100 m) (2)	
<b>Outdoor Range (Line Of Sight)</b>	300 ft (100 m) (2)		1 mile (1.6 km) (2)	
<b>Transmit Power</b>	1 mW (+0 dBm)		60 mW (+18 dBm)	
<b>Receiver Sensitivity (1% PER)</b>	-92 dBm		-100 dBm	
<b>Características</b>				
<b>Serial Data Interface</b>	CMOS UART tolerante a 5V			
<b>Configuration Method</b>	API or AT Commands			
<b>Frequency Band</b>	2.4 GHz			
<b>ADC Inputs</b>	(7) 10-bit ADC inputs			
<b>Digital E/S</b>	(8) digital E/S			

**Tabla V - Tabla comparativa de módulos Xbee**

# CAPITULO III

## 3. DISEÑO E IMPLEMENTACION

Este capítulo trata de cómo se diseñó e implementó el proyecto, el cual da pautas de la forma en que se juntan los elementos, la manera en la que trabajan y finalmente de cómo poner a funcionar el sistema dentro del ámbito normal.



**Figura 3-1 Diagrama de Bloques Simplificado**

La Figura3-1 nos muestra un diagrama general de nuestro sistema, los bloques que lo conforman y como van conectados entre sí.

### 3.1 BLOQUE EMISOR

En este bloque se combinan el sensor de movimiento y el emisor Zigbee. Este sensor de movimiento tiene un circuito tipo relé, el cual nos sirve para identificar el momento en el que se detecta algún movimiento dentro del área que este cubre.

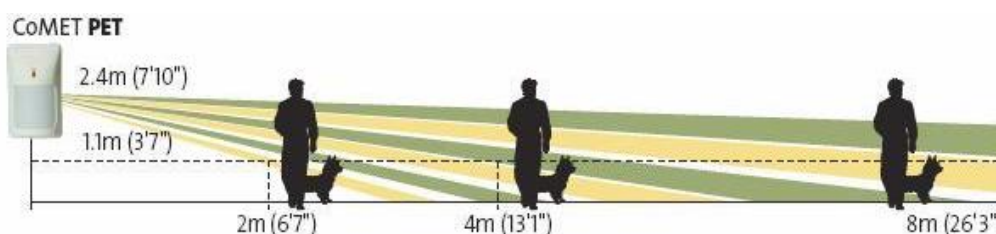


**Figura 3-2 Circuito del Sensor de Movimiento**

En la Figura 3-2 apreciamos el circuito del Sensor de movimiento que estamos utilizando, los componentes del mismo y los puertos de los cuales tomamos la señal para procesarla.

Este sensor tiene ciertas características de alcance y de reconocimiento de objetos, como por ejemplo, este alcanza una distancia máxima de hasta 8 metros, cubriendo un radio de 90°, de

igual manera cuenta con un sensor Infrarrojo pasivo antimascotas de hasta 20 kg (42 lbs), estamos hablando de animales domésticos, lo cual lo convierte en un sensor ideal para domótica, también tiene protección contra la luz blanca, contador de pulsos seleccionables y un prisma óptico LED.



**Figura 3-3 Alcance del Sensor de Movimiento**

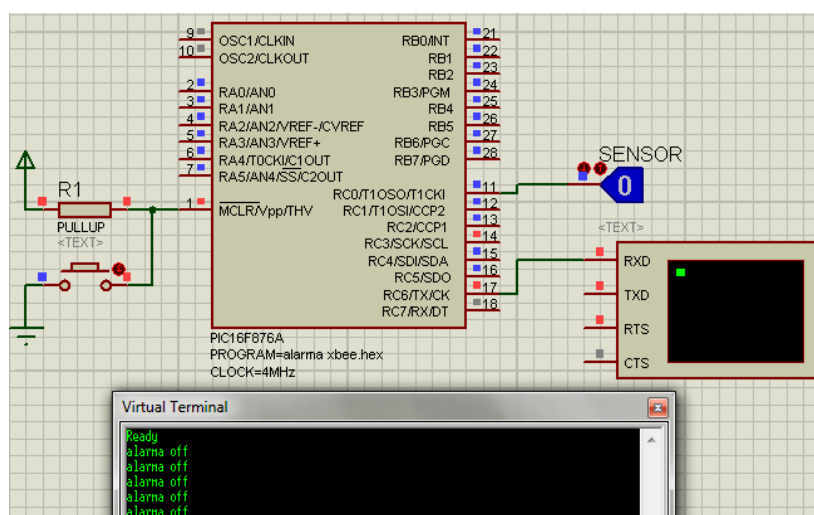
Para unir el circuito del sensor y poder ser interpretado por nuestro emisor Zigbee se requiere de un microcontrolador, este es el encargado de recibir la señal proveniente del sensor y generar una trama solicitada por el emisor el cual, al recibirla, la transmite inmediatamente al coordinador.

En la Figura 3-4 podemos apreciar el bloque emisor completamente ensamblado y los elementos que lo conforman, es decir, el sensor de movimiento, el microcontrolador y el emisor Zigbee.



**Figura 3-4** Dispositivo electrónico del Bloque Emisor

A continuación se muestra el esquemático del circuito encargado de generar la trama que va a ser enviada al emisor Zigbee para la correcta transmisión.



**Figura 3-5** Diagrama Circuito Emisor de Trama

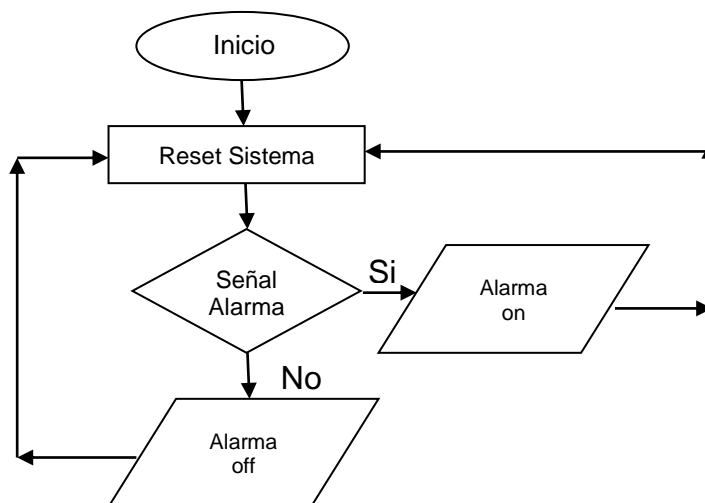


Figura 3-6 Diagrama de flujo del microcontrolador

### 3.2 BLOQUE RECEPTOR

En este bloque se combinan el receptor Zigbee y el procesador de información DE2. Nuestro receptor se encuentra todo el tiempo transmitiendo la información recibida a la tarjeta DE2 por medio de una comunicación serial.

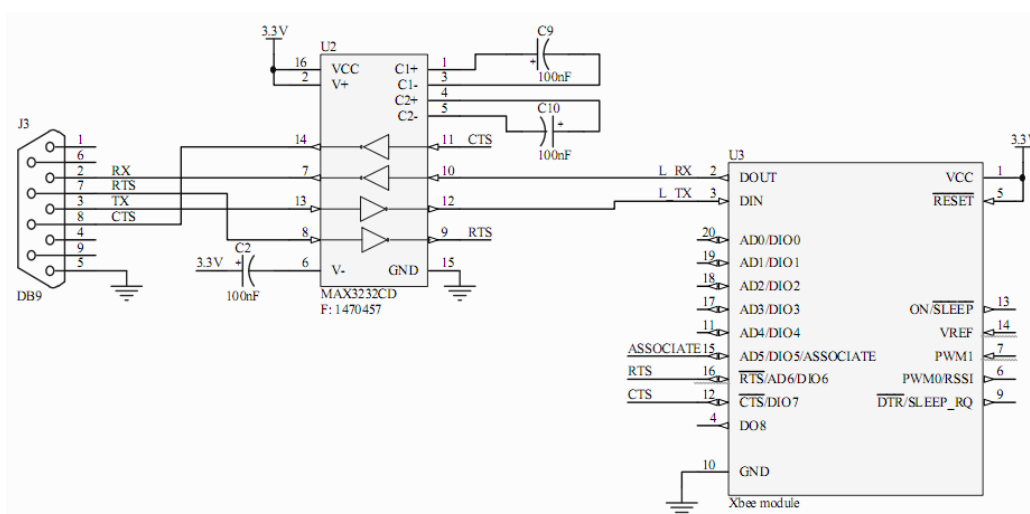


Figura 3-7 Circuito receptor Zigbee y DB9



En la Figura 3-7 observamos el diagrama detallado del circuito utilizado para la conexión serial, utilizando el puerto RS-232, además encontramos el receptor Zigbee, el integrado Max232 y el conector DB9 que es el encargado de transmitir la trama a la tarjeta.

Luego de que ya tenemos el circuito de conexión, se procede a realizar la configuración básica a cada módulo Zigbee por medio de la computadora. Es necesario configurarlos para que se pueda realizar la conexión entre ellos.

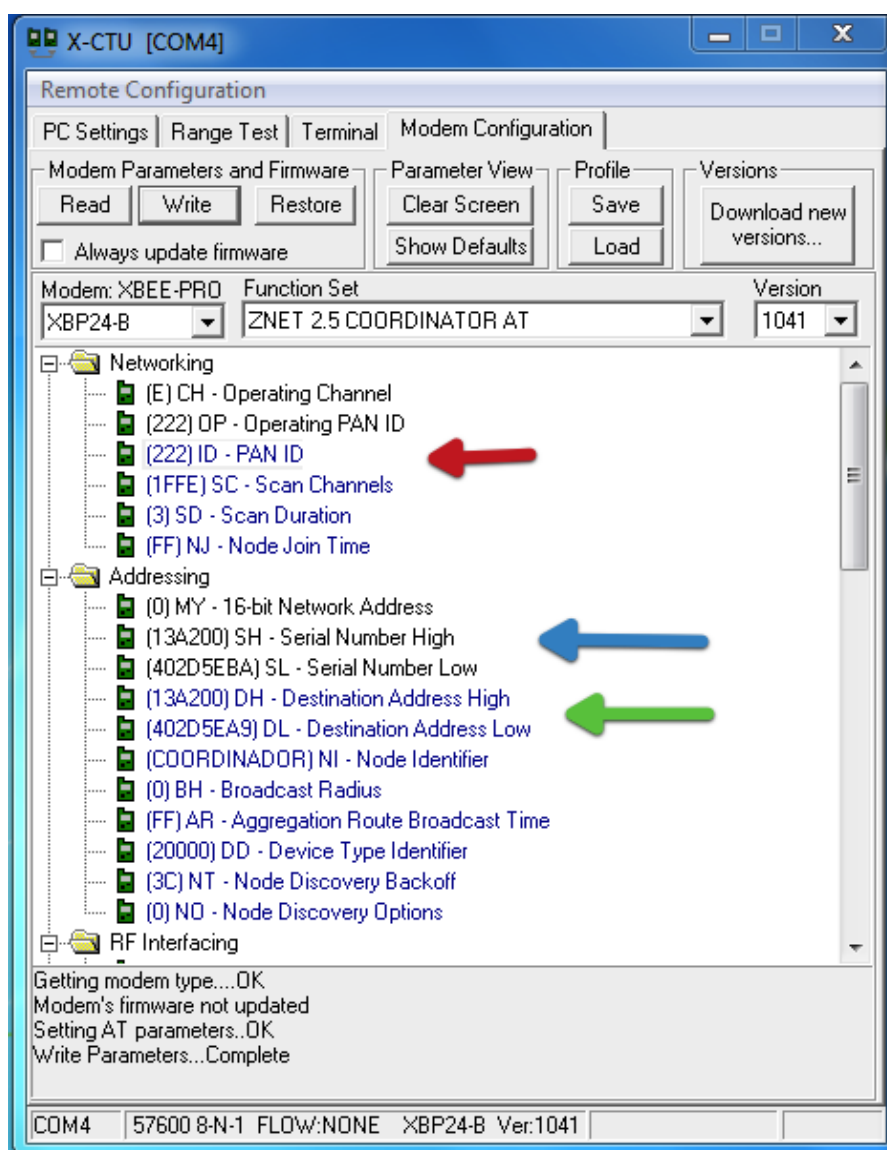
Una manera sencilla de hacerlo es utilizando el programa X-CTU, provisto por Digi, el cual se puede descargar de internet y es completamente gratuito. Este ayuda a configurar muchas de las características de los módulos XBee tales como velocidad de transmisión y canales, también puede actualizar sus firmwares y realizar todas las pruebas necesarias para verificar el buen funcionamiento de los mismos.

Existen 3 parámetros básicos que tienen que ser identificados:

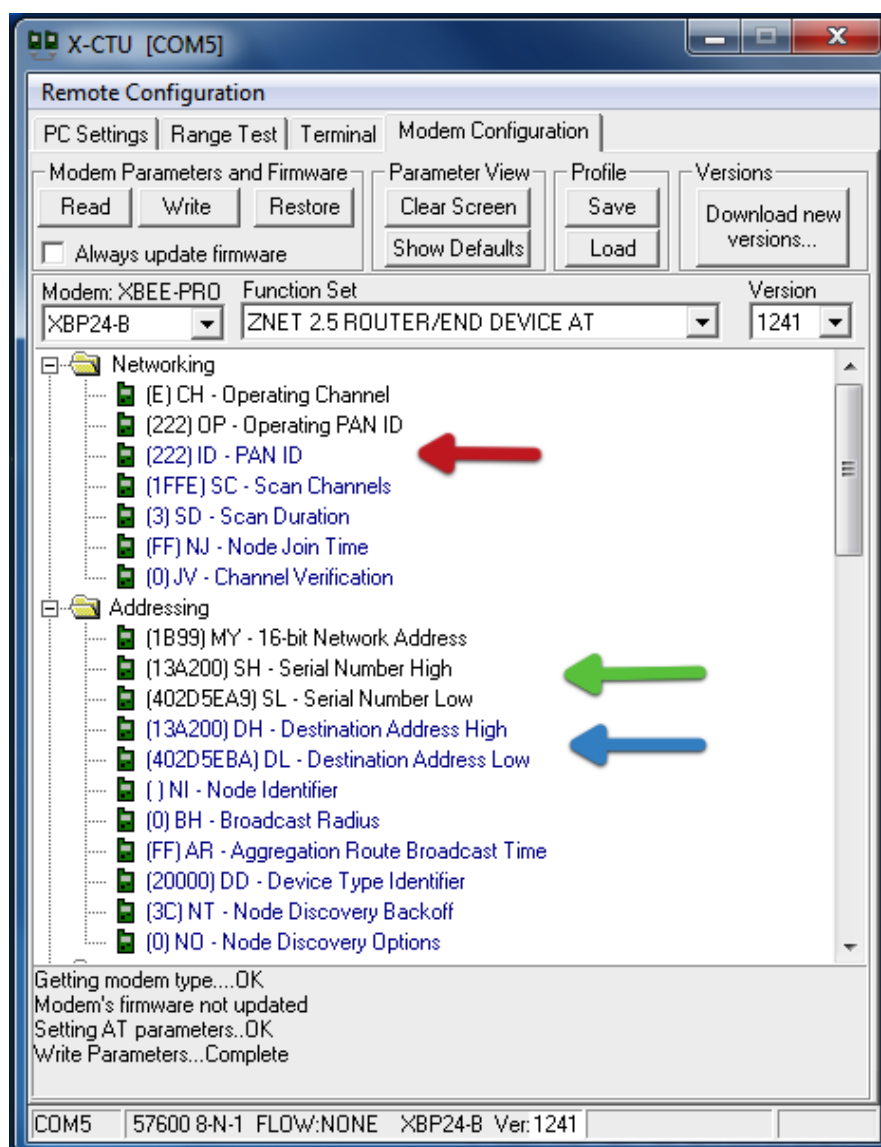
- MY: Dirección Origen
- DL: Dirección Destino
- BD: Baud Rate (velocidad de transmisión)

Para que el emisor y el receptor este conectados entre sí, las direcciones MY y DL deben estar intercambiados.

Los valores de BD deben ser los mismos, caso contrario no se podrá dar la transmisión entre los dispositivos.



**Figura 3-8** Configuración del Zigbee Coordinador



**Figura 3-9** Configuración del Zigbee Emisor

En las Figuras 3-8 y 3-9 podemos apreciar claramente la configuración de los parámetros relevantes para que se dé la comunicación entre ellos.

A continuación podremos observar el circuito del bloque receptor ya ensamblado y con todos los elementos necesarios para lograr la correcta comunicación con el bloque procesador.



**Figura 3-10** Dispositivo electrónico del Bloque Receptor

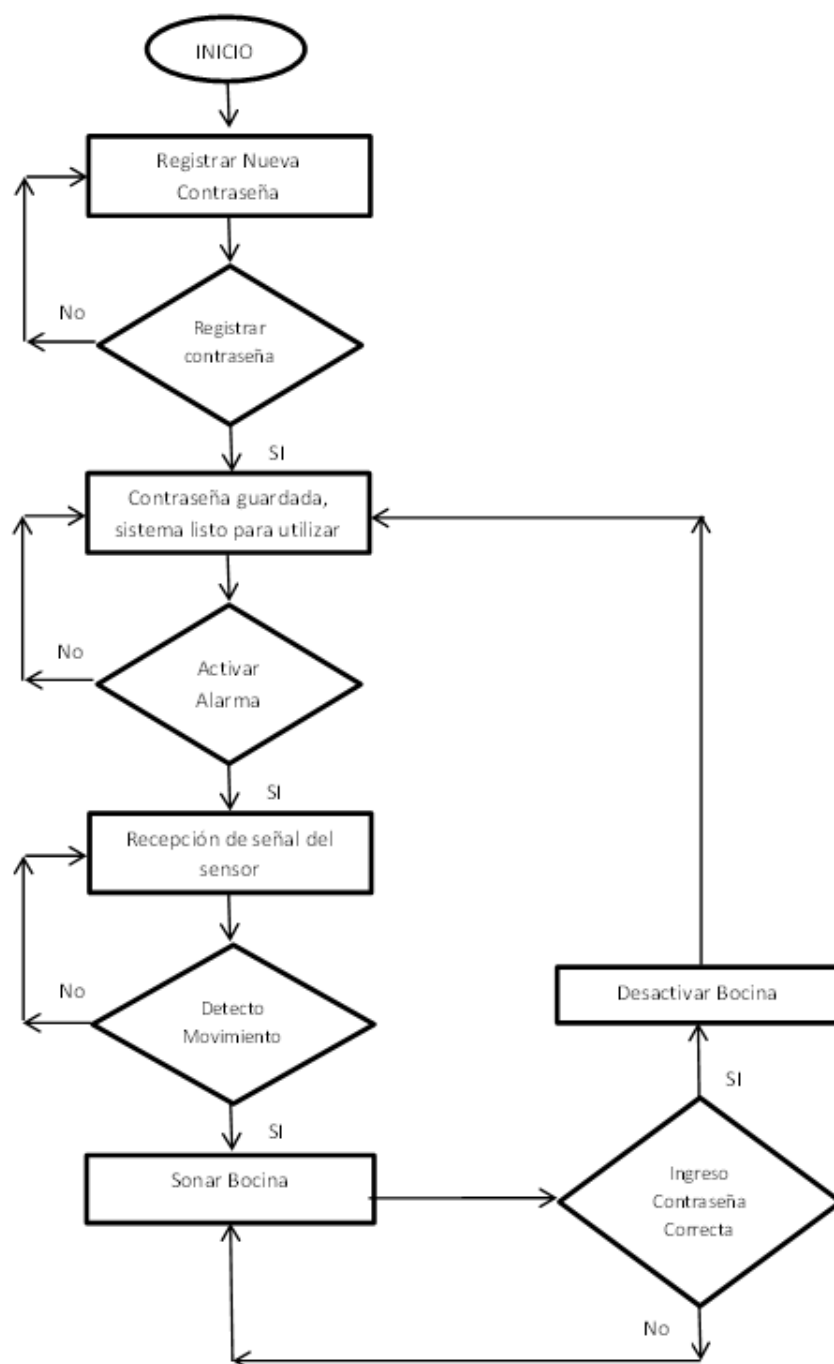
### 3.3 BLOQUE PROCESADOR

Este bloque es el encargado de recibir los datos enviados desde el Coordinador, procesar dicha información y tomar decisiones en cuanto a las acciones a realizarse.

La tarjeta DE2 de Altera tiene múltiples beneficios como ya lo hemos mencionado anteriormente. El procesador Nios II y la herramienta SOPC Builder trabajan en conjunto con la DE2, de manera que la generación del bloque “procesador” se consigue a través de la herramienta SOPC Builder del Quartus II de Altera, y se configuran todos los periféricos necesarios en dicho bloque para así utilizarlo, éste es probado con el entorno Nios II IDE.

Por tratarse de un lenguaje en alto nivel se simplifica en gran medida para el desarrollo de la programación en C, en contraste a esto aumentan los recursos a procesar, sin embargo por tratarse del dispositivo Cyclone II EP2C35F672C6 el porcentaje de recursos usados no es considerable, a lo que se consideraría en algoritmos más complejos.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del bloque procesador, el cual indica de una manera muy general el funcionamiento y las órdenes que espera del usuario para poder continuar con la secuencia.



**Figura 3-11** Diagrama de flujo del Bloque Procesador

### 3.3.1 Código del Programa Principal

```

/* librerias */
#include "address_map.h"
#include "nios2_ctrl_reg_macros.h"
#include "259macros.h"
#include "io.h"
#include "system.h"
#include "altera_up_avalon_character_lcd.h"
#include "altera_up_avalon_character_lcd_regs.h"

#define RIBBON_CABLE_INSTALLED 0

/* prototipos de las funciones */
void Update_red_LED(void);
void Update_UARTs(int);
void LimpiarLCD(int, char *);
void LucesAlarma(void);

#if RIBBON_CABLE_INSTALLED
int Test_expansion_ports(void);
#endif

/* variables globales */
volatile unsigned int *pLEDG = (volatile unsigned int *)0x10000010;
volatile unsigned int *pSWITCH = (volatile unsigned int *)0x10000040;
int green_LED_pattern = 0;
int display_toggle = 0;
int salir = 0;

int main(void)
{
volatile int * pushbutton_ptr = (int *)
PUSHBUTTON_BASE;

```

```

unsigned int contrasena=0;
unsigned int sw=0;
unsigned int ENTER=0;
unsigned int ENTER2=0;
unsigned int ENTER3=0;

while (1)
{
    *pLEDG=0;
    if (contrasena == 0)
    {
        LimpiarLCD(17, "Enter a New Pass");
        while (ENTER==0)
        {
            Update_red_LED ( );// lee el valor
            de los switches y enciende los LEDs
            rojos
            contrasena=*pSWITCH;
            ENTER = *pushbutton_ptr;
        }
        sw = *pSWITCH;

        LimpiarLCD(37, "Pass saved, Please Down
the Switch");
        while (sw > 0)
        {
            sw = *pSWITCH;
            Update_red_LED ( );
        }
        Update_red_LED ( );
    }
    else
    {
        ENTER2=0;
        Update_red_LED ( );
        LimpiarLCD(18, "Alarm Ready to Use");
    }
}

```



```

        while (ENTER2 == 0)
        {
            ENTER2 = *pushbutton_ptr;
        }
        ENTER3 = 0;
        LimpiarLCD(8, "Alarm On");
        *pLEDG=256;
        while (salir == 0)
        {
            Update_UARTs ( contraseña );
        }
        salir =0;
    }
}

return 0;
}

/*****
**
Actualiza el valor mostrado en los LEDs rojos.
El valor es tomado de los switches
*****/
void Update_red_LED( void )
{
    volatile int * slider_switch_ptr = (int *)
SLIDER_SWITCH_BASE;
    volatile int * red_LED_ptr = (int *) RED_LED_BASE;
    int sw_values;
    sw_values = *(slider_switch_ptr); // lee los valores
de los switches
    *(red_LED_ptr) = sw_values; // enciende los LEDs
rojos
    return;
}

```

```

/*****
**
Recibe los valores que llegan del RS-232 y se los
verifica para luego tomar decisiones
*****/
*/
void Update_UARTs( int contraseña )
{
    volatile int * JTAG_UART_ptr = (int *)
JTAG_UART_BASE;
    volatile int * UART_ptr = (int *) UART_BASE;
    volatile int * pushbutton_ptr = (int *)
PUSHBUTTON_BASE;
    int JTAG_data_register, JTAG_control_register;
    char JTAG_char;
    int UART_data_register, UART_control_register;
    char UART_char;
    int aux=0;
    unsigned int sw;
    unsigned int ENTER=0;
    UART_data_register = *(UART_ptr);
    if ( (UART_data_register & 0xFFFF0000) ) // verifica
si el dato es valido
    {
        UART_char = (char) (UART_data_register & 0xFF);
// extrae el caracter
        UART_control_register = *(UART_ptr + 1);
        if ( (UART_control_register & 0xFFFF0000) != 0)
        {
            sw=*pSWITCH;
            Update_red_LED ( );
            if (UART_char == '1')
            {
                LimpiarLCD(14, "!!!INTRUDER!!!");
                sw=*pSWITCH;
                while (ENTER==0)

```

```

{
    while (sw != contrasena)
    {
        sw=*pSWITCH;
        Update_red_LED ( );
        LucesAlarma();
    }
    LucesAlarma();
    ENTER = *pushbutton_ptr;
    Update_red_LED ( );
}
sw = *pSWITCH;
LimpiarLCD(37, "Alarm Off,Please Down
the Switch");
while (sw > 0)
{
    sw = *pSWITCH;
    Update_red_LED ( );
}
Update_red_LED ( );
salir = 1;
}
if (sw == contrasena)
{
    sw = *pSWITCH;
    LimpiarLCD(37, "Alarm Off,Please Down
the Switch");
    while (sw > 0)
    {
        sw = *pSWITCH;
        Update_red_LED ( );
    }
    Update_red_LED ( );
    salir = 1;
}
}

```

```

    }
    JTAG_control_register = *(JTAG_UART_ptr + 1);
    if ( (JTAG_control_register & 0xFFFF0000) != 0)
    {
        *(JTAG_UART_ptr) = UART_char;
    }
}
return;
}
/*****
**
Genera el texto que se muestra en el LCD
*****/
void LimpiarLCD (int i, char *texto)
{
    int j=0;

    IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_COMMAND(CHAR_LCD_16X2_BASE,
    0X38);
    usleep(2000);

    IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_COMMAND(CHAR_LCD_16X2_BASE,
    0x0C);
    usleep(2000);

    IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_COMMAND(CHAR_LCD_16X2_BASE,
    0X01);
    usleep(2000);

    IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_COMMAND(CHAR_LCD_16X2_BASE,
    0X06);
    usleep(2000);

    IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_COMMAND(CHAR_LCD_16X2_BASE,
    0X80);
    usleep(2000);

```

```

        for (j=0; j<i; j++)
        {
IOWR_ALT_UP_CHARACTER_LCD_DATA (CHAR_LCD_16X2_BASE, texto[
j]); usleep(2000);
        }
        return;
    }
/*****
**
Realiza el cambio de luces al momento de activarse la
alarma
*****/
void LucesAlarma (void)
{
    int aux=0;

    aux=0;
    *pLEDG=85;
    while (aux <100000)
    {aux++;}
    aux=0;
    *pLEDG=0;
    while (aux <100000){aux++;}
    return;
}
/*****
**
Confirma que todos los switches esten apagados
*****/
void verificarSalida (int pass)
{
    unsigned int sw;
    Update_red_LED ( );
    sw = *pSWITCH;
    if (sw==pass)

```

```

{
    sw = *pSWITCH;
    LimpiarLCD(36, "Alarm Off,Please", "
Down the Switch");
    while (sw > 0)
    {
        sw = *pSWITCH;
        Update_red_LED ( );
    }
    Update_red_LED ( );
    salir = 1;
}
else
{
    salir = 0;
}

return;
}
/*****
**
Hace un conteo de 5 segundos antes de activar la alarma
*****/
*/
void tiempoEspera (void)
{
    int i=0;
    LimpiarLCD(36, "5 seconds to Act", "
ivate the alarm");

    *pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT5<<0;
    while (i < 1000000)
    {
        i++;
    }
    i = 0;
}

```

```

    *pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT4<<0;
    while (i < 1000000)
    {
        i++;
    }
    i = 0;
    *pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT3<<0;
    while (i < 1000000)
    {
        i++;
    }
    i = 0;
    *pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT2<<0;

    while (i < 1000000)
    {
        i++;
    }
    i = 0;
    *pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT1<<0;
    while (i < 1000000)
    {
        i++;
    }
    *pHEX7SEG=DIGITD<<24|DIGITD<<16|DIGITD<<8|DIGITD<<0;
    return;
}
/*****
**
Hace un conteo de 5 segundos antes de hacer sonar la
sirena
*****/
void tiempoEsperaAlarma (void)
{
    int i=0;

```

```

LimpiaLCD(36, "5 seconds to Act", "
ivate the siren");
*pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT5<<0;
while (i < 1000000)
{
    i++;
}
i = 0;
*pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT4<<0;
while (i < 1000000)
{
    i++;
}
i = 0;
*pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT3<<0;
while (i < 1000000)
{
    i++;
}
i = 0;
*pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT2<<0;
while (i < 1000000)
{
    i++;
}
i = 0;
*pHEX7SEG=DIGIT0<<8|DIGIT1<<0;
while (i < 1000000)
{
    i++;
}
*pGPIO1=0xAAAAAAAA;
*pHEX7SEG=DIGITD<<24|DIGITD<<16|DIGITD<<8|DIGITD<<0;
return;
}

```



```
/******  
**  
Mensaje de bienvenida al inicializar el sistema  
*****  
*/  
void splashPresentacion(void)  
{  
    int i=0;  
    LimpiarLCD(36, "--Welcome to the", "  
    Alarm System--");  
    while (i < 1000000)  
    {  
        i++;  
    }  
    i = 0;  
    while (i < 1000000)  
    {  
        i++;  
    }  
    i = 0;  
    while (i < 1000000)  
    {  
        i++;  
    }  
    return;  
}
```

### 3.3.2 Pistas del PCB

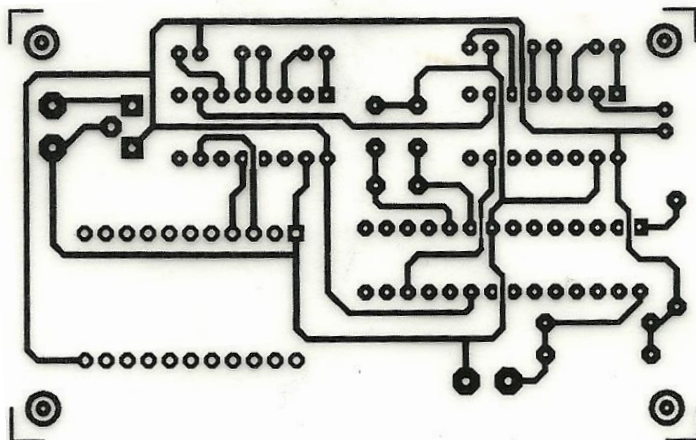


Figura 3-12 Vista inferior del Bloque Emisor

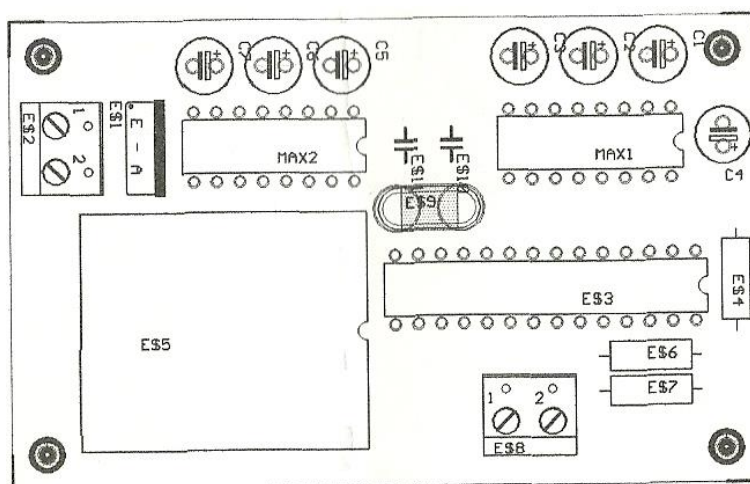
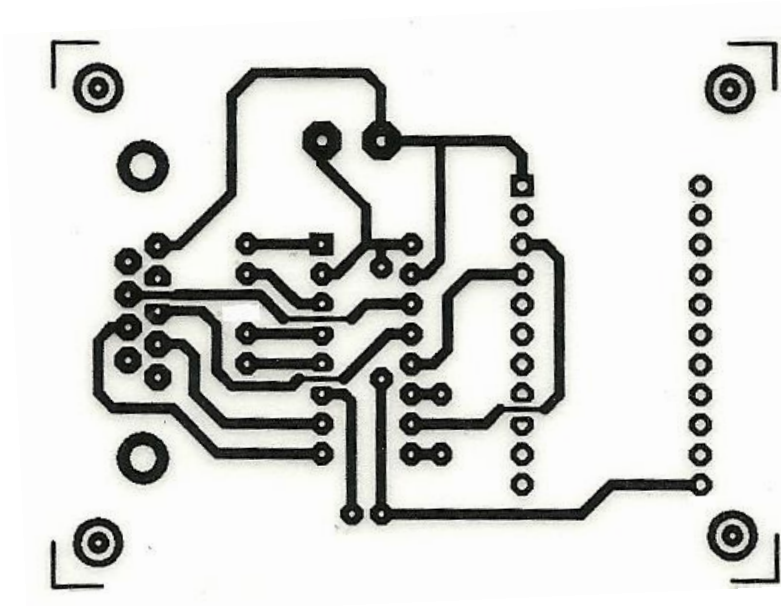
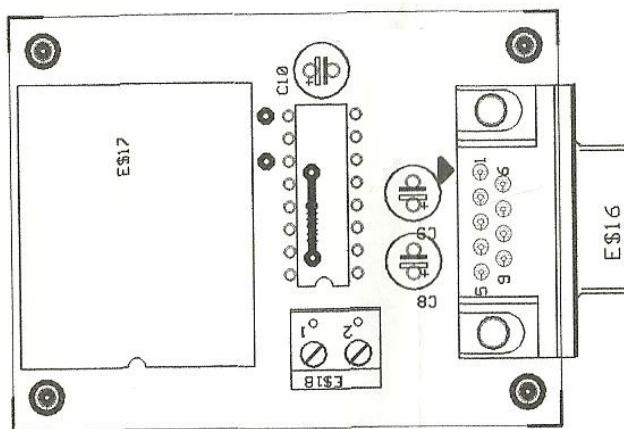


Figura 3-13 Vista superior del Bloque Emisor



**Figura 3-14** Vista inferior del Bloque Receptor



**Figura 3-15** Vista superior del Bloque Receptor

### **3.4 BLOQUE DE SALIDA**

Este bloque es el encargado activar las diferentes salidas del sistema dependiendo de los requerimientos, señales y datos ingresados al sistema, los cuales ya han sido previamente procesados.

En este sistema se manejan 2 dispositivos de salida. Al momento de detectar algún tipo de movimiento, mientras que el sistema de alarma se encuentra encendido, se activa un circuito de alarma junto con una serie de luces intermitentes, el cual se desactivará únicamente ingresando la clave correcta del sistema.

# **CAPITULO IV**

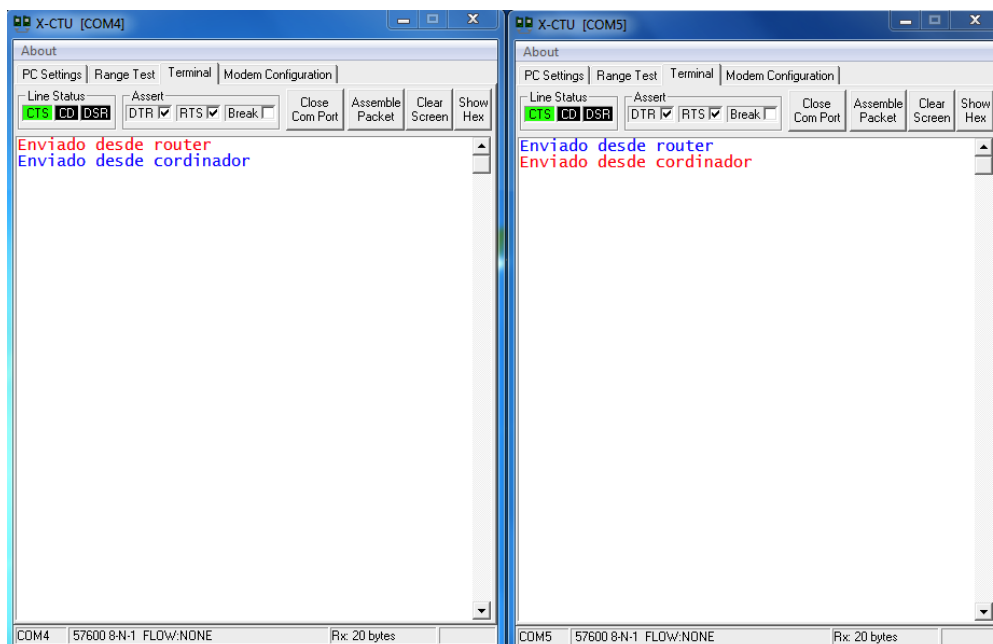
## **4. RESULTADOS**

Este capítulo nos muestra los resultados de las pruebas de comunicación realizadas con los dispositivos Xbee, la interacción del bloque procesador con el usuario y la generación de las salidas del proyecto.

### **4.1 COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS XBEE**

En la Figura 4-1 podemos apreciar la comunicación entre el Cordinador y el Router Zigbee.

Una vez configurados como lo vimos en las Figuras 3-8 y 3-9 del capítulo 3 están listos para empezar la transmisión de datos entre sí.

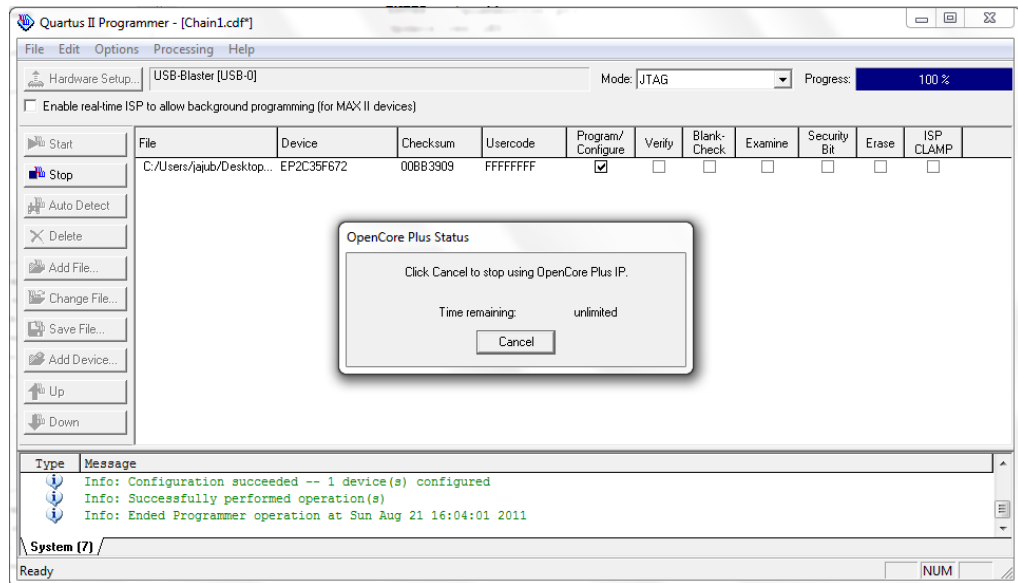


**Figura 4-1** Comunicación a través del protocolo Zigbee

## 4.2 INTERACCION ENTRE EL USUARIO Y LA TARJETA

A continuación mostramos una serie de tomas de la tarjeta durante todo el proceso de interacción con el usuario y vamos describiendo brevemente lo que está sucediendo.

Una vez cargado el hardware necesario en la tarjeta DE2 nos deberá aparecer un mensaje como el que se muestra en la Figura 4-2, indicándonos que la operación se llevó a cabo con éxito.



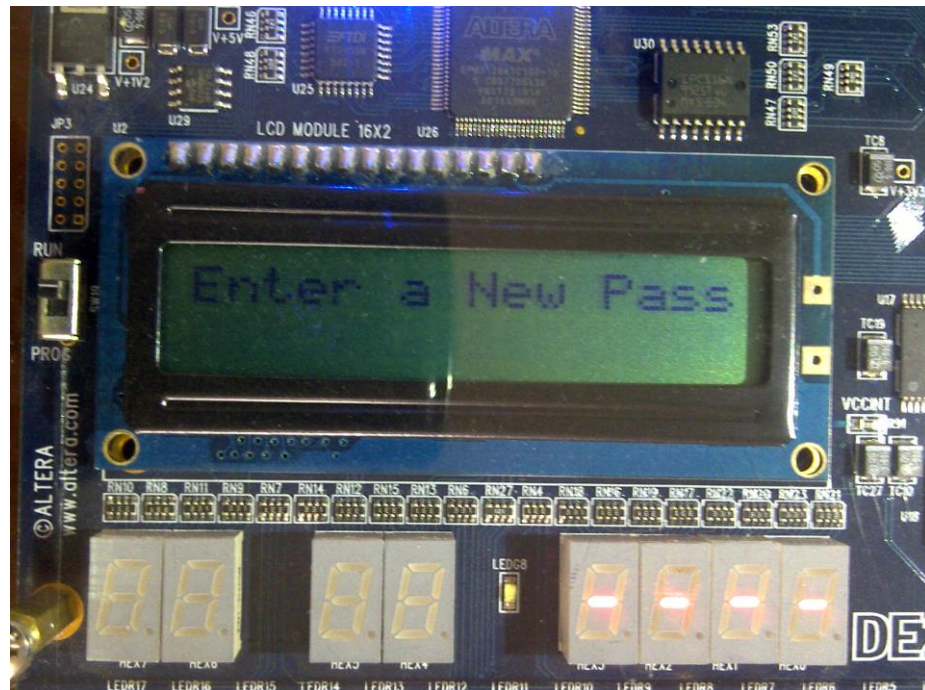
**Figura 4-2** Hardware correctamente cargado en la tarjeta DE2

A continuación procedemos a compilar el programa en NIOS II y una vez concluida la compilación aparecerá un mensaje de bienvenida en la tarjeta, lo cual solo ocurrirá al encenderla o resetearla.



**Figura 4-3** Mensaje de bienvenida al sistema

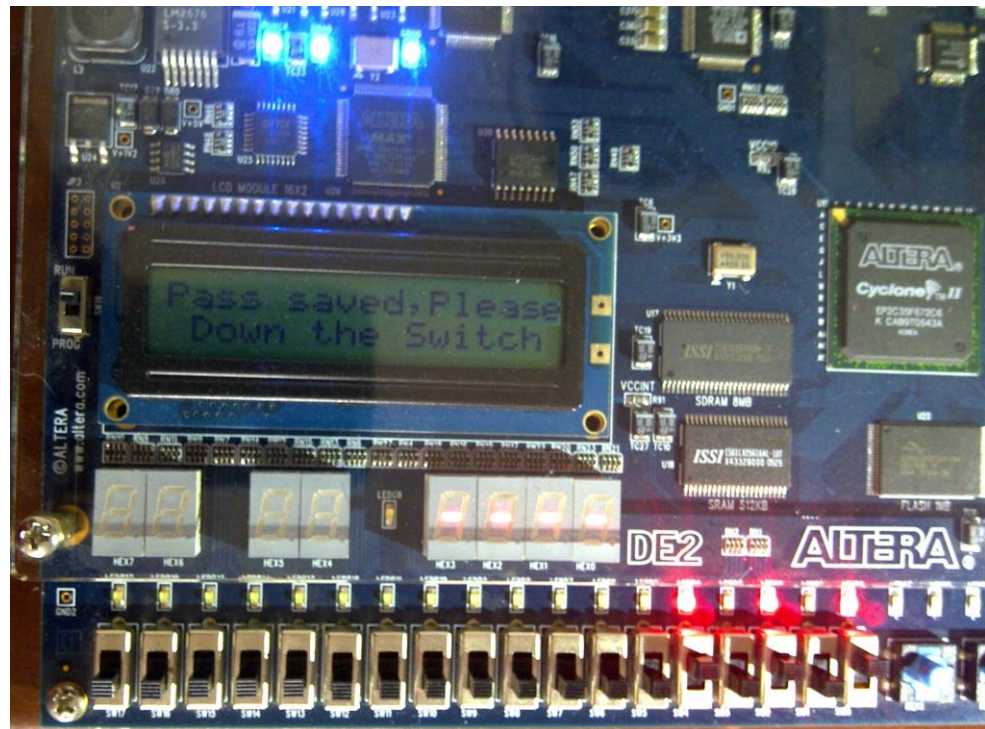
Este mensaje de bienvenida tiene una duración de 3 segundos, pasado este tiempo el sistema pide que se ingrese la clave por primera vez para grabarla en memoria.



**Figura 4-4** Solicitud de ingreso de contraseña

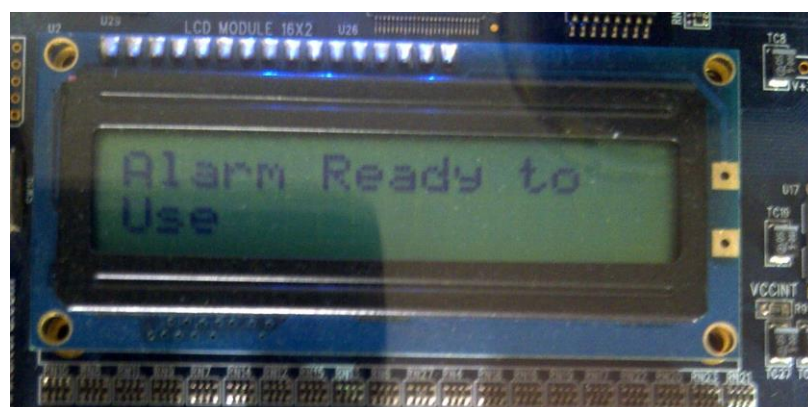
Esta contraseña es ingresada mediante los switches de la tarjeta por lo que se pueden utilizar hasta los 18 existentes para la creación de la contraseña. La manera de guardarla es levantando los switches seleccionados por el usuario y presionando el botón Enter, una vez hecho esto, aparecerá el mensaje mostrado en la siguiente figura.





**Figura 4-5** Indica que la contraseña ha sido guardada

Guardada la contraseña y bajado los switches la alarma queda lista para ser activada.



**Figura 4-6** Alarma lista para ser usada

Si deseamos activar el sistema de alarma debemos presionar el botón Enter y esperar 5 segundos, tiempo que se nos da para poder salir del lugar que estamos dejando asegurado sin que la alarma empiece a sonar detectándonos mientras salimos. Luego de esto el sistema se activa y se enciende un LED verde indicándolo.



**Figura 4-7** Contando 5 segundos antes de activar el sistema



**Figura 4-8** Sistema de alarma activado

Cuando el sensor detecta algún movimiento se enciende el LED y comienza la transmisión, en ese momento el sistema le da al usuario 5 segundos para poder desactivar la alarma antes de encender la sirena.



**Figura 4-9** Sensor de movimiento encendido



**Figura 4-10** Contando 5 segundos antes de activar la sirena

Si la alarma no es desactivada aparecerá un mensaje indicando que hay un intruso en el lugar, se encenderán los LEDs verdes de forma intermitente y empezará a sonar la sirena.

Para desactivar la alarma hay que ingresar la contraseña, en caso de que esté incorrecta el sistema presentará un mensaje de error.

Si la contraseña ingresada es correcta la sirena dejará de sonar, los LEDs se apagarán y aparecerá un mensaje indicando que el sistema está nuevamente disponible para ser activado.

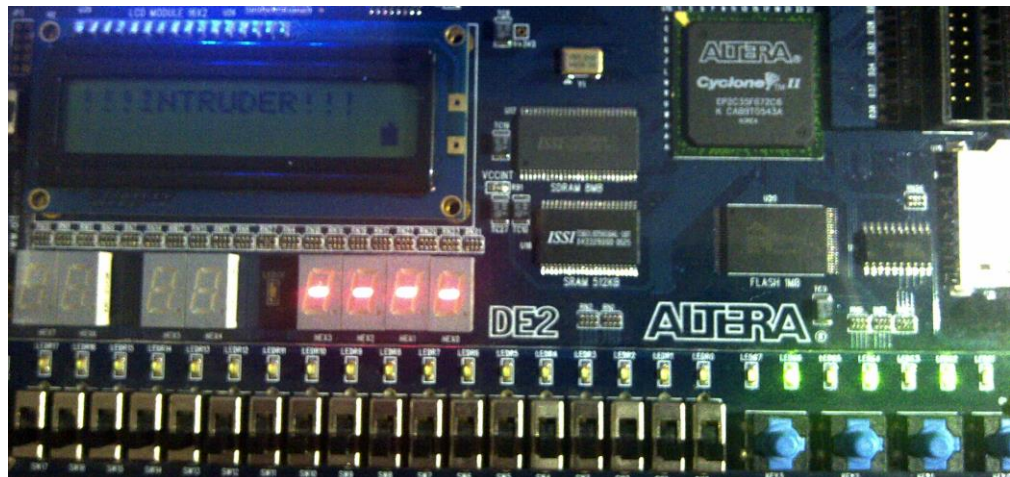


Figura 4-11 Sistema detectó algún intruso



Figura 4-12 Mensaje de error de contraseña



Figura 4-13 Sirena desactivada



Figura 4-14 Alarma lista para ser usada nuevamente

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

1. La tarjeta Altera DE2 puede ser utilizada como controlador principal del sistema de seguridad. Pudimos programarla para que realice la coordinación de la información receptada por el módulo Zigbee y dependiendo de esta trama ejecute el sistema de alarma. También se la pudo programar para que interactúe con el usuario de una manera muy sencilla gracias a sus botoneras, leds, display, lcd que incluye.
2. Podemos concluir que es posible realizar una comunicación entre dispositivos utilizando el protocolo Zigbee, lo que se necesita es la formación de una trama para que esta pueda ser emitida por un elemento emisor. En este caso puede ser generado por la tarjeta DE2 para realizar las pruebas.
3. Para acoplar el sensor de movimiento a módulos X-bee fue necesario

la utilización de un pequeño microcontrolador para generar la trama necesaria para que pueda ser enviado por el transmisor X-bee. Se debe realizar una configuración básica emisor-receptor para que funcione.

4. Se realizó el sistema de detección de movimiento con el sensor y el emisor X-bee. La tarjeta DE2 trabajo como controlador del sistema y dependiendo de la respuesta del sensor pudo manejar el encendido de un circuito de sirena acoplado a su E/S en el puerto de expansión.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el sensor se encuentre en una parte alta al momento de su instalación ya que el rango de “visión” del mismo es con una declinación.
2. Es recomendable la colocación de la tarjeta y el modulo receptor cerca de la salida del hogar debido al tiempo de espera antes de activarse el reconocimiento del sensor.
3. Se recomienda tener mucho cuidado con la contraseña y realizar un reseteo periódico ya que toda norma de seguridad lo indica.
4. Realizar un cambio de baterías por lo menos trimestral de tal forma que no vayan a existir percances de “fallos” en el sistema.
5. Este sistema de sensores y alarma tiene la facilidad de ir “creciendo”, ya que la configuración realizada en los módulos Zigbee se la pensó de tal manera que se puedan agregar más dispositivos emisores y el receptor. El receptor captará la información enviada por los nuevos módulos sin mayores configuraciones ni problemas, teniendo el mismo resultado al momento de identificar intrusos en diferentes habitaciones del hogar. La configuración necesaria para esto sería definir la trama del lado del emisor y programar en la tarjeta DE2 dándole a conocer

cuál es la trama que se le está enviando y que acción debe realizar posteriormente a su identificación.

# REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Miguel Ángel Freire Rubio, Introducción al lenguaje VHDL, Universidad Politécnica de Madrid Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control, Marzo 2010
- [2] EUITI Bilbao, Libro Electrónico de VHDL, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, Marzo 2010
- [3] Altera, Tarjeta DE2 Altera,  
[http://www.altera.com/education/univ/materials/boards/de2/unv-de2-board.html?GSA\\_pos=1&WT.oss\\_r=1&WT.oss=de2](http://www.altera.com/education/univ/materials/boards/de2/unv-de2-board.html?GSA_pos=1&WT.oss_r=1&WT.oss=de2), Abril 2011.
- [4] Configuración RS232 en proto (comunicación),  
<http://www.recercat.net/bitstream/2072/13081/1/PFC+Ivan+Barneda.pdf>, Abril 2011
- [5] Configuración de los módulos Xbee,  
<https://forja.rediris.es/docman/view.php/720/1132/Tutorial%20XBee.pdf>, Abril 2011

[6] Cableado emisor y receptor Zigbee

<http://www.forosdeelectronica.com/f24/comunicar-usb-zigbee-24120/> ,

Abril 2011

[7] Computadora básica, test de funcionamiento,

[http://www.altera.com/education/univ/support/examples/unv-example-systems.html?GSA\\_pos=9&WT.oss\\_r=1&WT.oss=example%20c%20c%20ode%20nios%20ii%20rs232](http://www.altera.com/education/univ/support/examples/unv-example-systems.html?GSA_pos=9&WT.oss_r=1&WT.oss=example%20c%20c%20ode%20nios%20ii%20rs232), Agosto 2011

# **ANEXOS**

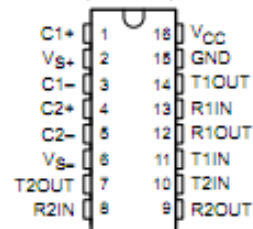
# ANEXO A

## MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- $\pm 30$ -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE  
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)



### description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept  $\pm 30$ -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

### ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tube	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232DR	MAX232
		Tube	MAX232DW	MAX232
	SOIC (DW)	Tape and reel	MAX232DWR	MAX232
SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tube	MAX232ID	MAX232I
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232IDR	MAX232I
		Tube	MAX232IDW	MAX232I
	SOIC (DW)	Tape and reel	MAX232IDWR	MAX232I

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).



# PIC16F870/871

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

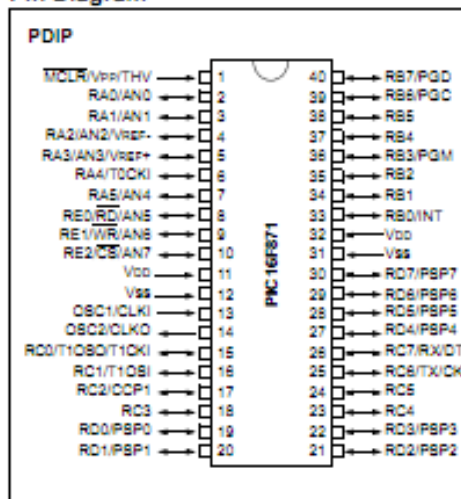
### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F870
- PIC16F871

### Microcontroller Core Features:

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

### Pin Diagram



### Peripheral Features:

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

## PIC16F870/871

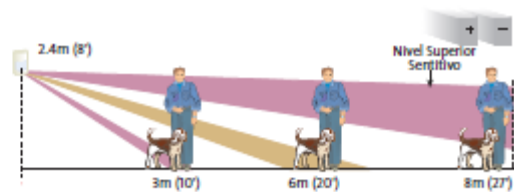
<b>Key Features</b> PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023)	PIC16F870	PIC16F871
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K	2K
Data Memory (bytes)	128	128
EEPROM Data Memory	64	64
Interrupts	10	11
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3
Capture/Compare/PWM modules	1	1
Serial Communications	USART	USART
Parallel Communications	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions



## ANEXO B

### ZoDIAC PET (RK410PT) Detector Inmune a Mascotas

El ZoDIAC PET con electrónica de avanzada, utiliza lentes particularmente diseñados para proveer inmunidad total a mascotas de 33Kg (70lb) en perros, y hasta 4 gatos sin disminuir su desempeño de captura. Este sofisticado detector es la solución ideal para instalaciones residenciales con mascotas. Para asegurar la elevada eficiencia de inmunidad a mascotas de este detector, el mismo viene sin el soporte móvil para techo o pared.



Especificaciones	ZODIAC PRO (RK410PR)	ZODIAC QUAD (RK410RO)	ZODIAC PET (RK410PT)
Inmunidad a mascotas	Roedores	Roedores	33Kg (70lb) en Perros, 4 gatos
Voltaje de Operación	9 a 16 VDC regulada	✓	✓
Consumo de corriente	12mA	12mA	15mA
Contactos de Alarma NC, 100mA, 24VDC máximo	✓	✓	✓
Contactos de Tamper NC, 100mA, 24VDC máximo	✓	✓	✓
Tiempo de Alarma	2,2 Segundos Mínimo	✓	✓
Contador de Pulsos Ajustable	1,2,3	✓	✓
Compensación de temperatura	Automática, controlada por termistor	✓	✓
Ajuste de soporte rotativo	Horizontal: ±25° Vertical: +5°, -20°	✓	No en este modelo
Filtrado Óptico	Protección contra la luz blanca- Lentes pigmentadas	✓	✓
Lentes largo alcance, Opcionales (RL407H)	✓	✓	No en este modelo
Inmunidad a la RF (10MHz to 1GHz)	20V/m	25V/m	20V/m
Temperatura de Operación	-10°C a 50°C (14°F a 122°F)	✓	✓
Temperatura de Almacenamiento	-20°C a 55°C (-4°F a 131°F)	✓	✓
Dimensiones	107x58x39mm (4.2x2.3x1.5in)	✓	✓



© 05/2008 ROKONET Electronics Ltd.

**ROKONET**  
R I S C O G R O U P

[www.rokonet.com](http://www.rokonet.com)

U.S.A - Rokonet Ind. U.S.A Inc.  
Toll Free: 1-800-344-2025, Tel: +305-592-3820, Fax: +305-592-3825, E-mail: [sales@rokonetusa.com](mailto:sales@rokonetusa.com)

UNITED KINGDOM - Rokonet UK Ltd.  
Free Phone: 0800-269-881, Tel: +44-1527-576765, Fax: +44-1527-576816, E-mail: [sales@rokonet.co.uk](mailto:sales@rokonet.co.uk)

ITALY - Rokonet Electronics S.R.L.  
Tel: +39 02 392 5354, Fax: +39 02 392 5131, E-mail: [info@rokonet.it](mailto:info@rokonet.it)

BRAZIL - Rokonet Brasil Ltda.  
Tel: +55-21-2496-3544, Fax: +55-21-2496-3547, E-mail: [rokonet@rokonet.com.br](mailto:rokonet@rokonet.com.br)

ISRAEL - Rokonet Electronics Ltd.  
Tel: +972(0)3-961-6555, Fax: +972(0)3-961-6584, E-mail: [info@rokonet.co.il](mailto:info@rokonet.co.il)

### 3 Circuito básico para el Xbee.

La Figura 3-1 muestra las conexiones mínimas que necesita el módulo Xbee para poder ser utilizado. Luego de esto, se debe configurar según el modo de operación que se desea para la aplicación requerida por el usuario.

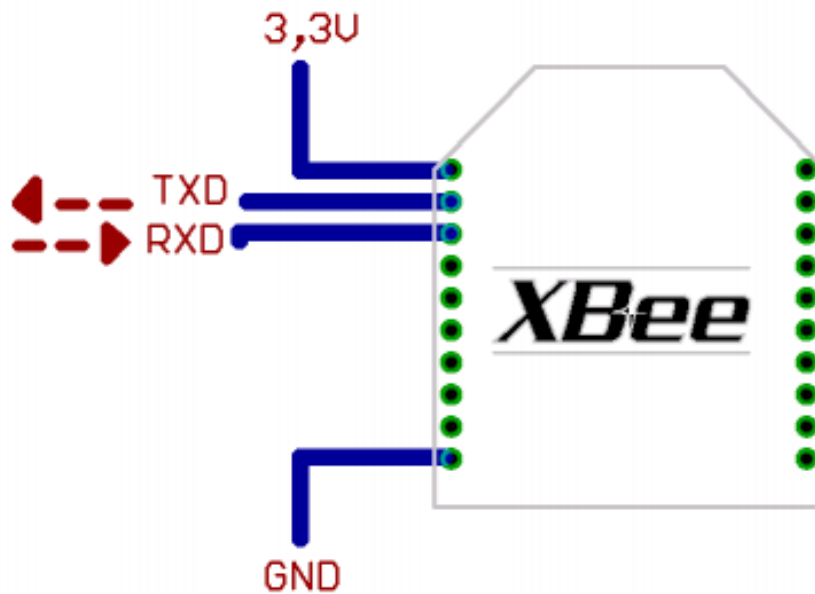


Figura 3-1 Conexiones mínimas requeridas para el XBEE.

El módulo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD y RXD) para comunicarse con un microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún convertor adecuado para los niveles de voltaje.

Esta configuración, no permite el uso de Control de Flujo (RTS & CTS), por lo que ésta opción debe estar desactivada en el terminal y en el módulo XBEE. En caso de que se envíe una gran cantidad de información, el buffer del módulo se puede sobrepasar. Para evitar existen dos alternativas:

- bajar la tasa de transmisión
- activar el control de flujo.

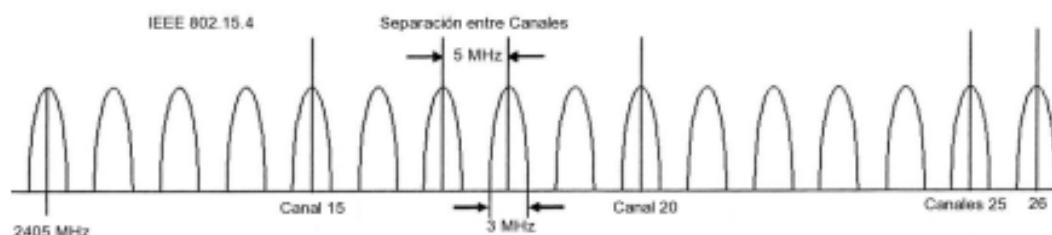


Figura 5-4 Canales disponibles para el protocolo IEEE 802.15.4

Se observa que hay 16 canales disponibles, sin embargo, los valores se asignan desde el 11 hasta el 26. Para calcular la frecuencia central se utiliza la siguiente fórmula:

$$Canal = 2.405 + (CH - 11) \times 0.005 \text{ [GHz]}$$

Donde CH equivale al número del canal entre 11 y 26. Así para cambiar de canal se utiliza el comando CH con el número de canal en formato hexadecimal. Es decir, si se desea ocupar el canal 15 (0x10), se ingresa ATCH10. La siguiente tabla muestra la frecuencia central de cada canal, así como su límite inferior y superior:

Frecuencia [GHz]					
canal	hexadecimal	inferior	central	superior	Comando AT
11	0x0B	2,4025	2,4050	2,4075	ATCH0B
12	0x0C	2,4075	2,4100	2,4125	ATCH0C
13	0x0D	2,4125	2,4150	2,4175	ATCH0D
14	0x0E	2,4175	2,4200	2,4225	ATCH0E
15	0x0F	2,4225	2,4250	2,4275	ATCH0F
15	0x10	2,4225	2,4250	2,4275	ATCH10
17	0x11	2,4325	2,4350	2,4375	ATCH11
18	0x12	2,4375	2,4400	2,4425	ATCH12
19	0x13	2,4425	2,4450	2,4475	ATCH13
20	0x14	2,4475	2,4500	2,4525	ATCH14
21	0x15	2,4525	2,4550	2,4575	ATCH15
22	0x16	2,4575	2,4600	2,4625	ATCH16
23	0x17	2,4625	2,4650	2,4675	ATCH17
24	0x18	2,4675	2,4700	2,4725	ATCH18
25	0x19	2,4725	2,4750	2,4775	ATCH19
26	0x1A	2,4775	2,4800	2,4825	ATCH1A
Frecuencia Base		2,405	GHz		

Tabla N° 5-1 Canales de Frecuencia y su respectivo Comando AT.

## ANEXO C

### *Características del Dispositivo*

Platform	XBee® 802.15.4 (Series 1)
Performance	
RF Data Rate	250 kbps
Indor/Urban Range	100 ft (30 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	300 ft (100 m)
Transmit Power	1 mW (+0 dBm)
Receiver Sensitivity (1% PER)	-92 dBm

### *Factores que Afectan el Dispositivo*

n	Entorno
2.0	Aire libre
1.6 hasta 1.8	Dentro de un edificio, visión directa
1.8	Supermercado
1.8	Fábrica
2.09	Sala de conferencias
2.2	Tienda
2 hasta 3	Dentro de una fábrica, sin visión directa
2.8	Dentro residencia
2.7 hasta 4.3	Dentro de un edificio de oficinas, sin visión directa

*Ecuación para la potencia dentro del hogar.*

$$P_d = P_0 - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(f) - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d) + 30 \cdot n - 32.44$$

<p style="text-align: center;">TABLA DE PRUEBAS</p> <p style="text-align: center;"><b>DISTANCIA VS POTENCIA</b></p> <p style="text-align: center;">(Vista Directa)</p>						
Distancia(m)	5	10	15	20	25	30
Pf(dBm)						
Pf(mW)						

<p style="text-align: center;">TABLA DE PRUEBAS</p> <p style="text-align: center;"><b>DISTANCIA VS POTENCIA</b></p> <p style="text-align: center;">(Sin Vista Directa)</p>						
Distancia(m)	5	10	15	20	25	30
Pf(dBm)						
Pf(mW)						

<p style="text-align: center;">TABLA DE PRUEBAS</p> <p style="text-align: center;"><b>FUERZA DE LA SEÑAL DE RECEPCION</b></p> <p style="text-align: center;">(X-ctu)</p>						
Distancia(m)	5	10	15	20	25	30
dBm						

<b>TABLA DE PRUEBAS</b> <b>FUNCIONAMIENTO OPTIMO</b>		
<b>Distancia en vista directa</b>	<b>&lt;= 15 mts</b>	
<b>Distancia sin vista directa</b>	<b>&lt;= 10 mts</b>	
<b>Altura del Sensor de Movimiento</b>	<b>&gt;= 2.5 mts</b>	
<b>Luces del X-bee funcionado</b>	<b>Verde Intermitente</b>	
	<b>Roja Intermitente</b>	
	<b>Azul Intermitente</b>	
<b>Luces Altera DE2</b>	<b>Led Azul Encendido</b>	
	<b>Led Verde Encendido</b>	