

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN EL PROTOCOLO IEEE 802.15.4 ZIGBEE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**CARRERA IZURIETA MIGUEL ÁNGEL**  
miguelciz@hotmail.com

**PRADO ROMO ÁLVARO JAVIER**  
javi\_javi2007@hotmail.com

**DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES**  
luisco5029@yahoo.com

**QUITO, DICIEMBRE 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Miguel Ángel Carrera Izurieta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis 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.

---

Miguel Ángel Carrera Izurieta

## **DECLARACIÓN**

Yo, Álvaro Javier Prado Romo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis 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.

---

Álvaro Javier Prado Romo

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Ángel Carrera Izurieta y Álvaro Javier Prado Romo, bajo mi supervisión.

Dr. Luis Corrales  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos, ustedes son el motivo de mi esfuerzo y sacrificio.

Miguel Ángel

## DEDICATORIA

*El presente proyecto está dedicado primeramente a Dios, quien fue el verdadero valor e impulso en mis caídas, fue él quien con sus ojos infinitos cubrió de protección mi vida durante toda mi carrera.*

*Dedico este esfuerzo y entrega a toda mi familia quien directa o indirectamente me supo guiar en el duro camino de la vida...*

*Dedico en especial, los días de esfuerzo y sacrificio a mi madre; solo ella sabe los días difíciles que pasamos y los duros golpes de la vida, a ti mami, que has sacado fuerzas de donde es imposible sacarlas para ver a tu hijo triunfar.*

*Javier P.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida, a mis padres por su infinita comprensión, a mis hermanos por su incondicional apoyo, a mis amigos por su alegre compañía y a mis maestros por compartir sus conocimientos.

Miguel Ángel

## AGRADECIMIENTO

Gracias a toda mi familia; padres, hermanas, sobrinos, cuñados, etc, quienes supieron soportarme todas mis rabietas y malcriadeces, y me supieron apoyar, gracias por todos los lindos momentos que hemos pasado juntos, gracias por seguir apoyándome en mis decisiones, gracias por comprender mi mal humor, pero ustedes saben que dentro de mí hay una persona buena, gracias por todo....

Gracias mami, no sé como agradecértelo, es que tu eres todo lo que un hijo quisiera tener, te quiero.

Gracias papi, por los momentos en que siempre llegabas a la casa para ver si estamos bien, y por salvarnos de nuestras malas comidas y hacer las tuyas que son muy ricas, te quiero.

Gracias Yoli. El sostén de toda la familia, la hermana que es un ejemplo a seguir, la hermana quien con su sacrificio ve por todos, te quiero.

Gracias Paty por haberme ayudado durante toda mi carrera sea de una manera u otra, gracias por haberme aconsejado en situaciones que nunca me hubiera imaginado, te quiero.

Gracias Jacke, tú fuiste la inspiración de mi carrera, la que me dijo siempre que hay que ser el primero. Ahora mírame aquí he dado un paso más, te quiero.



Gracias Pili, tu eres mi inspiración de mi presente, se que eres buena para los negocios, allá voy, te quiero.

Gracias Ire, me ayudabas a ver las cosas desde otro punto de vista, eres la hermana con quien siempre peleamos pero sabemos que nos queremos, te quiero mucho.

Gracias a mis sobrinos, quien con su dulzura y travesura hacen los momentos más agradables, los quiero.

Gracias a toda esa gente que me supo apoyar y me daban palabras de aliento y confiaban en mi capacidad, y a las que no también, ya que ellas fueron quienes me dieron fuerzas para continuar y luchar por mis ideales.

Gracias a mis mejores amigos, que a pesar de la distancia y el poco tiempo que nos ha quedado libre, hemos tratado de disfrutarlo, ellos saben que los llevo presente y siempre estaremos para apoyarnos. Te debía una José; mi amigo

Gracias a Giss, por los lindos momentos que hemos pasado juntos y que me han ayudado a aprender más de la vida, te quiero.

Gracias a toda esa gente pobre quien fue, es y será mi inspiración para seguir adelante, gracias “La Palma”, lugar en el cual guardo dentro de mi corazón gratos momentos y situaciones que me hacen recordar el objetivo de estar aquí....

**Javier P.**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
CONTENIDO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
PRESENTACIÓN.....	XIV
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 DOMÓTICA [2] .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Tecnologías Inalámbricas WPAN.....	3
<b>1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO IEEE 802.15.4, ZIGBEE.....</b>	<b>5</b>
1.4.1 Origen del Nombre ZigBee.....	6
1.4.2 Tipos de Dispositivos ZigBee [16] .....	7
1.4.2.1 Coordinador .....	7
1.4.2.2 Dispositivo Ruteador .....	7
1.4.2.3 Dispositivo Final.....	7
1.4.2.4 FFD (Full Function Device).....	8
1.4.2.5 RFD (Reduced Function Device).....	8
<b>1.5 ARQUITECTURA ZIGBEE.....</b>	<b>8</b>
1.5.1 Capa Física IEEE 802.15.4 [17] .....	9
1.5.1.1 Distancia de Cobertura.....	9
1.5.1.2 Canales de Operación ZigBee.....	9
1.5.1.3 Topología [19] .....	9
1.5.1.3.1 Topología Tipo Estrella.....	9
1.5.1.3.2 Topología Tipo Malla.....	10
1.5.1.3.3 Topología Tipo Árbol.....	10
1.5.1.4 Detección de Energía.....	11
1.5.1.5 Indicación de Calidad de Enlace.....	11
1.5.1.6 Evaluación de Canales Libres.....	11
1.5.2 Capa de Enlace IEEE 802.15.4 .....	11
1.5.2.1 Asociación y Disociación de Dispositivos ZigBee .....	13
1.5.2.2 Seguridad.....	14
1.5.2.3 Encriptación.....	14
1.5.2.4 Asignación de Direcciones.....	15
1.5.3 Capa de Red ZigBee .....	15
<b>1.6 DESCRIPCIÓN DE UNA PANTALLA TÁCTIL [25] .....</b>	<b>15</b>
1.6.1 Pantalla Táctil De Onda Acústica Superficial .....	16
1.6.2 Pantalla Táctil Capacitiva.....	16
1.6.3 Pantalla Táctil con Infrarrojo .....	16
1.6.4 Pantalla Táctil con Galga Extensiométrica .....	16
1.6.5 Pantalla Táctil con Imagen Óptica.....	16
1.6.6 Pantalla Táctil Resistiva de 4 Hilos.....	17
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>19</b>
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b>	
2.1 DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED.....	20
2.2 DETERMINACIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE LA RED.....	21

<b>2.3</b>	<b>SELECCIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>SELECCIÓN DEL MÓDULO ZIGBEE.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE LOS NODOS DE LA RED.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Diseño del hardware del circuito central.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Diseño del hardware de los nodos esclavos .....</b>	<b>29</b>
2.5.2.1	Diseño del hardware del circuito de medición de temperatura.....	29
2.5.2.2	Diseño del hardware de control de acceso .....	34
2.5.2.3	Diseño del hardware de control de la lámpara incandescente .....	35
2.5.2.4	Diseño del hardware de control de cortina motorizada .....	38
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>.....</b>	<b>41</b>
<b>DESARROLLO DEL SOFTWARE</b>		
<b>3.1</b>	<b>CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS XBEE .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL FORMATO DE LA TRAMA DEL MICROCONTROLADOR .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Envío de datos en modo API .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Recepción de datos en modo API.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3</b>	<b>DESARROLLO DEL SOFTWARE DE LOS MICROCONTROLADORES....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Desarrollo del software del microcontrolador central.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Desarrollo del software de los microcontroladores terminales.....</b>	<b>50</b>
3.3.2.1	Programación del microcontrolador Temperatura.....	50
3.3.2.2	Programación del microcontrolador de Acceso .....	51
3.3.2.3	Programación del microcontrolador de control encendido/apagado del Foco.....	53
3.3.2.4	Programación del microcontrolador Dimmer.....	54
3.3.2.5	Programación del microcontrolador Cortina Motorizada.....	55
<b>3.4</b>	<b>DESARROLLO DE LA HMI [47].....</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>.....</b>	<b>61</b>
<b>PRUEBAS DEL PROTOTIPO</b>		
<b>4.1</b>	<b>PRUEBA DE CONSUMO DE POTENCIA EN DISPOSITIVOS XBEE .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>PRUEBA DE DISTANCIAS DE ALCANCE DE LOS MÓDULOS XBEE .....</b>	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>PRUEBAS DE INTERFERENCIA.....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Prueba de interferencia con un horno de microondas .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Prueba de interferencia con un teléfono celular con transmisión Bluetooth ....</b>	<b>65</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Prueba de interferencia con un teléfono inalámbrico.....</b>	<b>66</b>
<b>4.4</b>	<b>PRUEBA GENERAL DEL PROTOTIPO.....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>.....</b>	<b>68</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Conclusiones Generales .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Conclusiones de los nodos de la red .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Conclusiones de los módulos ZigBee .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Conclusiones del hardware del prototipo .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Conclusiones del software del prototipo .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1.6</b>	<b>Conclusiones de la pantalla táctil .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		
<b>ANEXOS.....</b>		

<b>ANEXO A</b>	<b>ESQUEMÁTICOS DE LOS CIRCUITOS DE LOS NODOS DEL SISTEMA.</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>RUTEADOS DE LOS CIRCUITOS DE LOS NODOS DEL SISTEMA.</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>HOJAS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA.</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>COSTO DEL PROTOTIPO.</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN EN LOS MICROCONTROLADORES.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.- Domótica en una residencia [1] .....	1
Figura 1-2.- Comparación de consumo de energía entre ZigBee y Bluetooth [9] .....	4
Figura 1-3.- Empresas que constituyen la ZigBee Alliance .....	5
Figura 1-4.- Aplicaciones de ZigBee [13] .....	6
Figura 1-5.- Danza de las abejas melíferas [15] .....	6
Figura 1-6.- Protocolo IEEE 802.15.4 .....	8
Figura 1-7.- Canales de comunicaciones disponibles para ZigBee [18].....	9
Figura 1-8.- Topología tipo estrella [20] .....	10
Figura 1-9.- Topología tipo malla [21] .....	10
Figura 1-10.- Topología tipo árbol [22].....	11
Figura 1-11.- Servicios de enlace de la subcapa MAC.....	12
Figura 1-12.- Etapas en la comunicación ZigBee.....	13
Figura 1-13.- Pantalla táctil del tipo resistiva [26] .....	17
Figura 1-14.- Esquema resistivo de una pantalla táctil [27] .....	18
Figura 2-1.- Prototipo implementado .....	19
Figura 2-2.- Trama de envío de datos .....	20
Figura 2-3.- ATmega128 tipo SMD [30].....	21
Figura 2-4.- ATmega16 tipo DIP [31] .....	22
Figura 2-5.- Dispositivos XBee Serie 1 [32] .....	22
Figura 2-6.- Esquema general del hardware de los nodos de la red .....	23
Figura 2-7.- Diagrama de bloques del hardware del control central .....	24
Figura 2-8.- Conexión de la lámina táctil con el microcontrolador .....	25
Figura 2-9.- Conexión de la pantalla GLCD .....	26
Figura 2-10.- Conexión del módulo XBee .....	27
Figura 2-11.- Diagrama de bloques del hardware del circuito medición de temperatura.....	29
Figura 2-12.- Sensor de temperatura LM35 .....	29
Figura 2-13.- Amplificador No Inversor .....	30
Figura 2-14.- Etapa de acondicionamiento de la señal del sensor de temperatura .....	31
Figura 2-15.- Conexión del LCD con el microcontrolador .....	33

Figura 2-16.- Diagrama de bloques del hardware de control de acceso .....	34
Figura 2-17.- Control de una cerradura eléctrica.....	34
Figura 2-18.- Diagrama de bloques del hardware del control dimmer .....	36
Figura 2-19.- Modulación por ancho de pulso.....	36
Figura 2-20.- Acondicionamiento de la señal de alimentación del foco .....	37
Figura 2-21.- Diagrama de bloques del hardware de la cortina motorizada.....	38
Figura 2-22.- Driver para manejar el motor.....	39
Figura 3-1.- Software X-CTU .....	41
Figura 3-2.- Confirmación en modo activo del módulo XBee .....	42
Figura 3-3.- Configuración del módulo XBee del control central.....	42
Figura 3-4.- Formato de trama en el microcontrolador .....	43
Figura 3-5.- Formato de trama API para envío de datos [46].....	44
Figura 3-6.- Diagrama de flujo de envío de datos en modo API.....	45
Figura 3-7.- Diagrama de flujo de recepción de datos en modo API .....	47
Figura 3-8.- Diagrama de flujo del control central .....	48
Figura 3-9.- Diagrama de flujo de medición de temperatura.....	51
Figura 3-10.- Diagrama de flujo del control de acceso.....	52
Figura 3-11.- Diagrama de flujo de encendido/apagado del foco.....	54
Figura 3-12.- Diagrama de flujo del control dimmer .....	55
Figura 3-13.- Diagrama de flujo del control de cortina motorizada .....	56
Figura 3-14.- Pantalla del Menú Principal.....	57
Figura 3-15.- Pantalla para Despliegue de Temperatura .....	58
Figura 3-16.- Pantalla para Control On/Off.....	58
Figura 3-17.- Pantalla de Control Dimmer .....	59
Figura 3-18.- Pantalla para el Control del Movimiento de Cortina .....	59
Figura 3-19.- Pantalla Bloqueada .....	59
Figura 3-20.- Submenú para simulación de presencia.....	60
Figura 3-21.- Pantalla de control de activación de alarma .....	60
Figura 4-1.- Medición del consumo de potencia .....	62
Figura 4-2.- Prueba de distancia de alcance de los módulos XBee .....	63
Figura 4-3.- Prueba de interferencia con el horno de microondas.....	65
Figura 4-4.- Prueba de interferencia con Bluetooth.....	65
Figura 4-5.- Prueba de interferencia con el teléfono inalámbrico .....	66
Figura 4-6.- Prueba general del prototipo.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.- Tabla comparativa entre Bluetooth y ZigBee .....	4
Tabla 2-1.- Número total de bytes enviados.....	20
Tabla 2-2.- Elementos del hardware del control central.....	28
Tabla 2-3.- Elementos del hardware del circuito de medición de temperatura .....	33
Tabla 2-4.- Elementos del hardware del control de acceso .....	35
Tabla 2-5.- Elementos del hardware del control de la lámpara incandescente.....	38
Tabla 2-6.- Elementos del hardware del control de cortina motorizada.....	40
Tabla 3-1.- Configuración de parámetros de los módulos XBee.....	43
Tabla 3-2.- Comandos enviados por el control central.....	44
Tabla 3-3.- Descripción de bytes de la trama de envío.....	45
Tabla 3-4.- Descripción de bytes de la trama de recepción .....	46
Tabla 4-1.- Consumo de potencia DC .....	62
Tabla 4-2.- Distancias máximas de comunicación .....	64
Tabla 4-3.- Comunicación entre plantas del domicilio.....	64
Tabla 4-4.- Tabla de estado éxito/falla de envío de comandos.....	67

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es el diseño y construcción de un prototipo domótico mediante el uso de la comunicación ZigBee, basada en el estándar IEEE 802.15.4 para redes de área personal.

Con este objetivo se diseña y construye un prototipo para una aplicación domótica, con el fin de brindar seguridad, bienestar y confort de las personas.

Los controles domóticos elegidos para este prototipo son: medición de temperatura, control de acceso, control de encendido/apagado y dimmer de dos lámparas incandescentes y control de una cortina motorizada. Todos estos elementos constituyen los nodos de la red, los cuales son comandados desde un control central mediante una pantalla táctil.

Una vez diseñada la red, se adquieren módulos XBee Serie 1 y se los configura de acuerdo a la topología planteada, luego se investigan las características de este protocolo para transmitir los datos de manera direccionada entre microcontroladores mediante dispositivos ZigBee. Además, la función de los microcontroladores es adquirir señales de control para comandar actuadores y procesar señales de sensores.

Los resultados de las pruebas realizadas demuestran plenamente, que el uso de este estándar, es un método válido de comunicación para el sistema domótico. Se verifica que los módulos ZigBee proporcionan un alcance de hasta 25 metros con línea de vista y 16 metros sin línea de vista, en condiciones exigentes dentro de un domicilio.

## PRESENTACIÓN

La instalación de una vivienda domótica, proporciona un sinnúmero de beneficios y ventajas, inalcanzables frente a una vivienda tradicional. Las principales razones para instalar un sistema inteligente en la vivienda son: seguridad, comodidad, y ahorro energético.

El prototipo diseñado en este trabajo utiliza comunicación inalámbrica, mediante dispositivos ZigBee/XBee para la transferencia de comandos y datos. Este estándar es utilizado debido a que los dispositivos consumen poca cantidad de potencia en modo sleep, permiten la implementación de redes como estrella, árbol o mesh; además de su sencilla configuración facilita el uso de estos dispositivos, por lo que este estándar es apropiado para aplicaciones domóticas inalámbricas.

En el Primer Capítulo se describe el concepto de domótica, una introducción a comunicaciones inalámbricas de área personal, el estándar IEEE 802.15.4/ZigBee así como sus aplicaciones, tipos de dispositivos ZigBee, arquitectura del estándar, velocidad de transmisión, distancia teórica de alcance, canales de operación, topologías de red, tipos de pantallas táctiles, etc.; en este capítulo se explican los fundamentos para la construcción del prototipo domótico.

En el Segundo Capítulo se diseña la red en base a su tráfico, escogiendo la tecnología ZigBee como medio apropiado de comunicación, se seleccionan los microcontroladores y módulos ZigBee que se interconectan para el envío de datos. Se describen las etapas del hardware incluyendo el dimensionamiento de los componentes básicos así como una lista de los elementos del circuito.

En el Tercer Capítulo se explica la inicialización de la red mediante el desarrollo del software. Se configuran parámetros de los módulos XBee como: canal de operación, dirección de red, dirección origen, dirección destino, modo de operación (coordinador o dispositivo final), se construye la trama en el

microcontrolador y se encapsulan los datos en la trama API. Además se describe la lógica de programación en lenguaje estructurado y se presentan los menús y submenús de la HMI.

En el Cuarto Capítulo se realizan las pruebas de campo, para comprobar que los módulos ZigBee ahorran energía, tiempo de autonomía de la batería, pruebas de alcance de los módulos XBee con línea de vista, con paredes de piedra y ventanas de vidrio, y finalmente se verifica la interferencia de otros dispositivos que trabajan en la misma banda de frecuencias.

En el último Capítulo, se encuentran detalladas las conclusiones que surgieron después de haber sido diseñado y construido el prototipo, también las recomendaciones válidas para mejorar las características del sistema domótico implementado.



## CAPÍTULO 1

# *Marco Teórico*

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El actual desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones tiene un progreso evidente a nivel mundial, los avances de la tecnología y sus aplicaciones se han ido integrando a la vida cotidiana de las personas: iluminación que se activa al mando de una señal de voz, o al detectar presencia, temperatura controlada en el interior del hogar, ventanas y cortinas que se abren desde cualquier parte de la casa, control del consumo de energía eléctrica, simulación de presencia humana, etc., adelantos que han buscado generar un ambiente agradable dentro del hogar.



Figura 1-1.- Domótica en una residencia [1]

El progreso de las aplicaciones tecnológicas para el hogar ha logrado el desarrollo de un sinnúmero de aparatos novedosos que han mejorado la seguridad, bienestar y confort de las personas.

## 1.2 DOMÓTICA [2]

El término domótica define la unión de dos elementos: Vivienda e Informática; por lo tanto, la domótica es la aplicación de las nuevas tecnologías de la electrónica y la informática en las actividades cotidianas del hogar, haciendo la vida más fácil, confortable y segura.

Un sistema domótico cumple con objetivos como: control de nivel de iluminación, control de encendido y apagado de artefactos eléctricos y electrónicos (luces, electrodomésticos, etc.), accionamiento de cerraduras eléctricas, accionamiento de riego de jardines, etc.

La domótica debe también enfrentar el problema de la seguridad en el hogar. Un sistema domótico debe permitir el monitoreo constante del sitio donde esté instalado. Si ocurre algún incidente, el sistema debe registrarlo y automáticamente notificarlo al centro de mando, evitando: robos, incendios, inundaciones, accidentes, etc.

A continuación se describen algunos de los elementos eléctricos y electrónicos que un sistema domótico utiliza para cumplir con sus objetivos:

### **Sensores:**

Existen varios tipos de sensores utilizados para aplicaciones domóticas, entre ellos se tienen: sensor de temperatura, sensor de presencia, sensor de pánico, sensor de GLP<sup>1</sup>, sensor de humo, sensor contra inundaciones, por mencionar los más comunes.

### **Controladores:**

Estos componentes se encargan de la toma de decisiones. El controlador recibe la señal del sensor, registra, compara y realiza la acción más conveniente de manera automática.

Entre los controladores típicamente utilizados en domótica se tiene: PC, PDA<sup>2</sup>, microprocesadores, PLC<sup>3</sup>, etc.

---

<sup>1</sup> GLP: Gas Licuado de Petróleo.

<sup>2</sup> PDA (Personal Digital Assistant): Asistente digital personal.

<sup>3</sup> PLC (Programmable Logic Controller): Controlador lógico programable.

**Actuadores:**

Son elementos que acoplados a sistemas mecánicos o magnéticos realizan cierta acción. Esta acción depende de la información recibida desde el sensor y la posterior orden generada por el controlador. Los actuadores que pueden usarse en domótica se clasifican en: hidráulicos, neumáticos y eléctricos.

Para el presente sistema domótico se emplearán únicamente actuadores eléctricos.

**1.3 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**

Las redes inalámbricas evitan realizar instalaciones cableadas que pueden afectar la parte estética de un domicilio generando además un beneficio en ahorro de tiempo y dinero.

La red de comunicación de un sistema domótico interconecta elementos que relativamente están dentro de un área pequeña; si la comunicación de los sensores emplea tecnología inalámbrica, esta red se denomina Red Inalámbrica de Área Personal (Wireless Personal Area Network, WPAN).

**1.3.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS WPAN**

Las primeras tecnologías inalámbricas definidas en el estándar IEEE<sup>4</sup> 802.11 eran modelos propietarios de baja velocidad: de 1 a 2 Mbps, pero al comprenderse las ventajas del acceso inalámbrico se formaron grupos que fomentaron su desarrollo [3]. En 1991 se forma la Alianza de Compatibilidad del Ethernet Inalámbrico (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, WECA) [4]. WECA propuso y diseñó un estándar basado en varias tecnologías contribuyentes. Más tarde la WECA cambió su nombre por el de Wi-Fi<sup>5</sup> [5].

Más adelante se crea el grupo de trabajo IEEE 802.15, que se encarga de establecer regulaciones para sistemas de comunicación de corto alcance (WPAN), enfocadas a reducir el consumo de potencia, tamaño, costo y mejorar el alcance de cobertura de los equipos [6].

---

<sup>4</sup> IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers): Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

<sup>5</sup> Wi-Fi (Wireless Fidelity): Fidelidad Inalámbrica.

Este último grupo define dos clases de tecnologías inalámbricas, basándose en la velocidad de transferencia de datos, duración de baterías y calidad de comunicación:

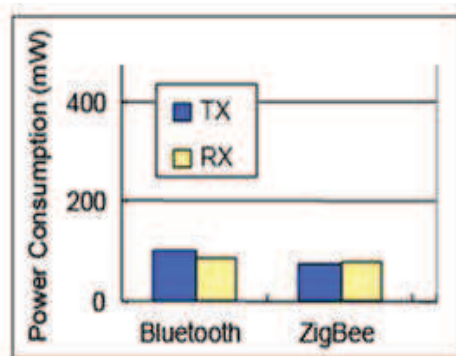
- 1) Mediana tasa de transferencia de datos: Su estándar es el IEEE 802.15.1/Bluetooth, que es comúnmente utilizado en pequeños dispositivos portátiles como teléfonos celulares y PDAs [7].
- 2) Baja tasa de transferencia de datos: Su estándar es el IEEE 802.15.4/LR-WPAN/ZigBee, su aplicación es industrial, residencial y médica [8].

Se pensó que Bluetooth sería remplazado con el surgimiento de ZigBee, pero estos dos estándares de comunicación resultaron tener aplicaciones distintas, por lo que en la actualidad Bluetooth sigue siendo utilizado en redes personales, incluso en mayor medida que ZigBee.

La Tabla 1-1 y la Figura 1-2 muestran características de los dos estándares de comunicación inalámbrica de corto alcance:

**Tabla 1-1.- Tabla comparativa entre Bluetooth y ZigBee [9]**

<b>Características</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>
<b># Nodos</b>	7	65535
<b>Cobertura</b>	menor a 10 m	menor a 70 m
<b>Seguridad</b>	64 y 128 bits	AES de 128 bits
<b>Batería</b>	días	años
<b>Complejidad</b>	complejo	simple
<b>Velocidad</b>	1 a 2 Mbps	250 Kbps
<b>Datos</b>	audio, video, texto	texto pequeño



**Figura 1-2.- Comparación de consumo de energía entre ZigBee y Bluetooth [10]**

Las dos tecnologías antes mencionadas no son las únicas para la construcción de un sistema domótico de comunicación inalámbrica, pero sí son las más adecuadas para redes de bajo tráfico de datos y distancias pequeñas. ZigBee es la mejor opción en cuanto a ahorro de energía ya que sus dispositivos permanecen la mayor parte del tiempo en modo sleep.

#### 1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO IEEE 802.15.4, ZIGBEE

El estándar IEEE 802.15.4 es aprobado en mayo del 2003 [11], en ese mismo año se funda la ZigBee Alliance conformada aproximadamente por 200 empresas, entre las más importantes se tienen: Chipcon, BM Group, Ember, Freescale, Motorola, Mitsubishi Electric, Philips, Samsung, Honeywell, Siemens, etc. [12]



Figura 1-3.- Empresas que constituyen la ZigBee Alliance [13]

El 14 de diciembre de 2004, se aprueba la especificación ZigBee 1.0; para el 13 de junio de 2005 se lanza al mercado una serie de dispositivos de comunicación con el nombre de “ZigBee 2004” solamente para miembros de la ZigBee Alliance. Finalmente en el 2006 se publica la última revisión de este estándar. [14]

Los objetivos del protocolo son aplicaciones para redes inalámbricas que requieran comunicaciones seguras, de baja tasa de transmisión de datos y larga vida útil de baterías.

En la Figura 1-4 se representan varias de las aplicaciones de ZigBee.



Figura 1-4.- Aplicaciones de ZigBee [15]

#### 1.4.1 ORIGEN DEL NOMBRE ZIGBEE

Proviene de la forma de comunicación de las abejas melíferas<sup>6</sup>, estos insectos viven en colonias conformadas por una reina, algunos zánganos y miles de abejas obreras. Cuando una abeja localiza una nueva fuente de alimento, utiliza un método de comunicación que resulta ser muy efectivo y silencioso; la abeja se mueve como si bailara, siguiendo un patrón de zig-zag, informando al resto de la colonia la ubicación y distancia de dicho hallazgo.

Inspirándose en el comportamiento de las abejas, se decidió llamar a este protocolo con los términos “Zig” de zig-zag y “Bee” de abeja en inglés. [16]



Figura 1-5.- Danza de las abejas melíferas [17]

<sup>6</sup> Abejas melíferas: Abejas que elaboran miel.

## **1.4.2 TIPOS DE DISPOSITIVOS ZIGBEE [18]**

La clasificación de los dispositivos ZigBee depende de la función que desempeñen y la complejidad de su estructura, entre ellos se tiene:

- Coordinador
- Ruteador
- Dispositivo final
- FFD
- RFD

### **1.4.2.1 Coordinador**

Es el dispositivo más completo y solo existe uno por red. Las funciones del coordinador son: verificar cuantos módulos de comunicación se encuentran alrededor, confirmar la configuración de compatibilidad, registrar las direcciones de dispositivos con el fin de identificarlos, enviar balizas hacia los módulos que componen la PAN e incorporar correctamente los nodos a la red.

En resumen, el coordinador se encarga de controlar y sincronizar la red, para lo cual requiere memoria y buena capacidad de procesamiento.

### **1.4.2.2 Dispositivo Ruteador**

Cumple con las funciones de un repetidor, adquiere datos de un coordinador o de un dispositivo final y lo reenvía mediante la misma antena por el camino más cercano hacia el elemento de la red al que va dirigida la transmisión.

Este tipo de dispositivos son empleados cuando la señal de transmisión entre los elementos ZigBee es muy débil, debido a una distancia mayor al límite permitido en las especificaciones o cuando la comunicación se ve atenuada con algún tipo de obstáculo.

### **1.4.2.3 Dispositivo Final**

Este módulo se comunica con un coordinador, ruteador y, bajo condiciones especiales, con otros dispositivos finales.

Como se señaló anteriormente, este tipo de dispositivos permanecen la mayor parte del tiempo en modo sleep; es decir, trabaja solo cuando se lo necesita; de

esta manera la potencia consumida es mínima alargando la vida útil de sus baterías.

A diferencia de un coordinador, un dispositivo final tiene requerimientos mínimos de memoria y de procesamiento.

#### 1.4.2.4 FFD (Full Function Device)

El dispositivo de funciones completas es un módulo de comunicación ZigBee que posee una gran capacidad computacional y de memoria, características necesarias para realizar las funciones de coordinador o ruteador en una PAN.

#### 1.4.2.5 RFD (Reduced Function Device)

El dispositivo de funciones reducidas tiene memoria y funciones computacionales limitadas, con el objetivo de reducir costos. Los RFD son empleados como dispositivos finales.

## 1.5 ARQUITECTURA ZIGBEE

ZigBee opera con la pila de protocolos que se muestra en la Figura 1-6.

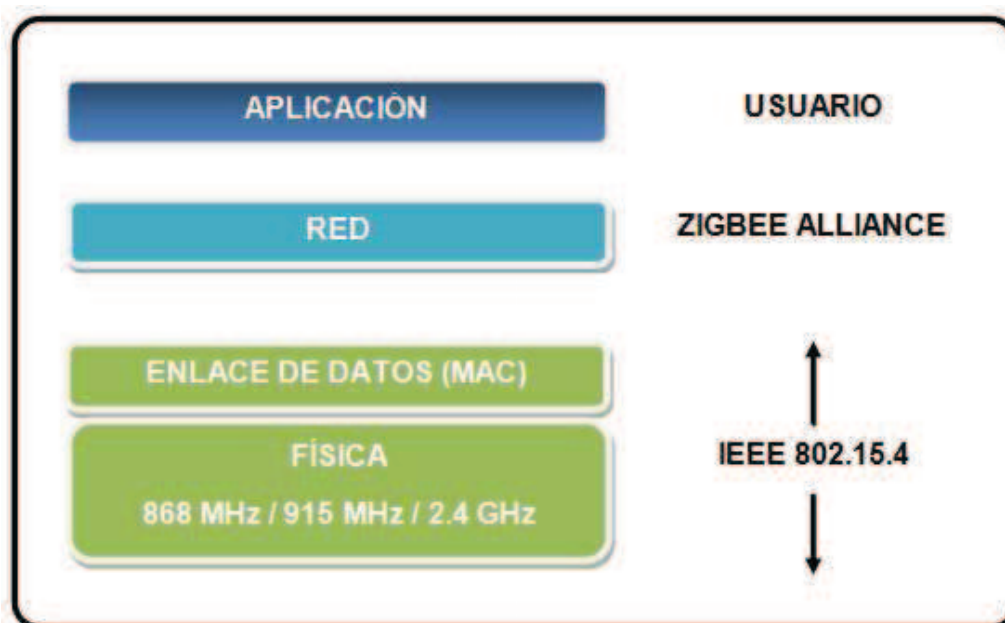


Figura 1-6.- Protocolo IEEE 802.15.4 [19]

El estándar IEEE 802.15.4 se encarga de regular la capa física y la capa MAC; la ZigBee Alliance aporta con la capa de red; y el entorno de aplicación es utilizado a nivel del usuario.



## 1.5.1 CAPA FÍSICA IEEE 802.15.4 [20]

### 1.5.1.1 Distancia de Cobertura

La distancia de transmisión de los dispositivos ZigBee está entre 10 y 75 metros, dependiendo de las condiciones del medio y de la alimentación requeridas por una aplicación específica.

### 1.5.1.2 Canales de Operación ZigBee

La velocidad de transferencia de datos depende de la banda de frecuencias a la que opere el módulo ZigBee. Si se trabaja en la banda ISM<sup>7</sup> de 2.4 Ghz la velocidad es de 250 kbps, si la banda es de 915 Mhz, la velocidad es de 40 kbps y si la banda es de 868 Mhz, la velocidad es 20 kbps.

El número de canales de transmisión también depende de la banda utilizada, existen 16 canales para 2.4 Ghz, 10 canales para 915 Mhz y un canal si la comunicación se realiza en la banda de 868 Mhz. En la Figura 1-7 se muestra el número de canales de comunicación ZigBee para las distintas frecuencias de operación.

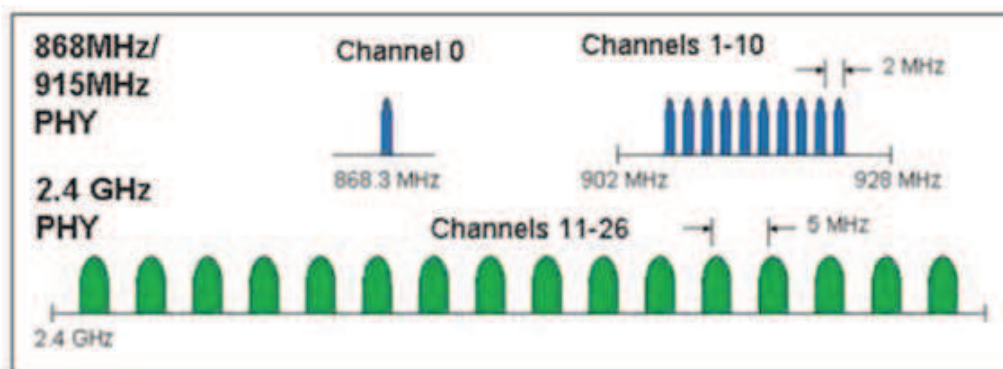


Figura 1-7.- Canales de comunicaciones disponibles para ZigBee [21]

### 1.5.1.3 Topología [22]

Las topologías empleadas en redes de comunicación ZigBee son: estrella, malla y árbol.

#### 1.5.1.3.1 Topología Tipo Estrella

En esta conexión los dispositivos finales están unidos al coordinador de red. Cualquier información transmitida de un nodo a otro tiene que pasar necesariamente por el dispositivo coordinador.

<sup>7</sup> ISM (Industrial, Scientific and Medical): Banda de aplicaciones industriales, científicas y médicas.

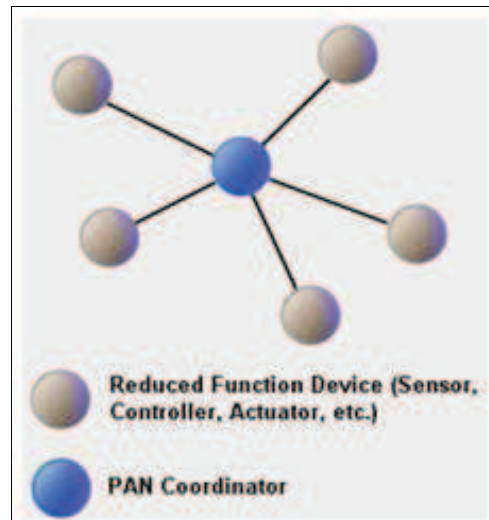


Figura 1-8.- Topología tipo estrella [23]

#### 1.5.1.3.2 Topología Tipo Malla

La topología típica para ZigBee es mesh o malla, en la que un nodo opera como coordinador de red sincronizando al resto de nodos. En la red se pueden incluir routers ampliando el alcance de la comunicación.

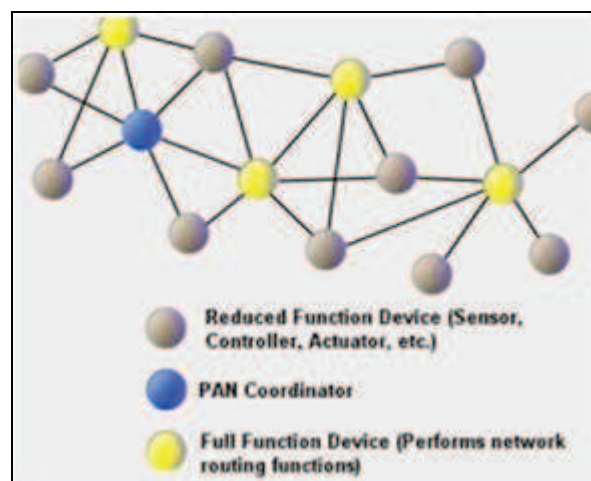


Figura 1-9.- Topología tipo malla [24]

#### 1.5.1.3.3 Topología Tipo Árbol

En esta topología el dispositivo coordinador se conecta a varios ruteadores que a su vez se conectan a otros ruteadores y dispositivos finales. La característica principal es que los nodos conectados directamente al coordinador no tienen una conexión entre ellos.

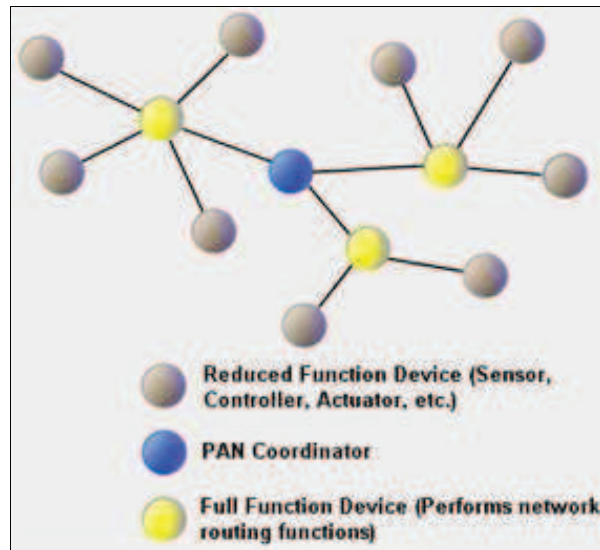


Figura 1-10.- Topología tipo árbol [25]

#### 1.5.1.4 Detección de Energía

La detección de energía se la realiza estimando el nivel de potencia de la señal recibida dentro del área en la que opera el módulo ZigBee. Esta estimación se interpreta con un valor, que indica si el dispositivo detectado se encuentra a una distancia adecuada para la comunicación.

#### 1.5.1.5 Indicación de Calidad de Enlace

Es una operación similar a la anterior. En esta opción se evalúa la calidad de la información recibida. Asimismo, se utiliza un número para señalar el nivel de confiabilidad de los datos.

#### 1.5.1.6 Evaluación de Canales Libres

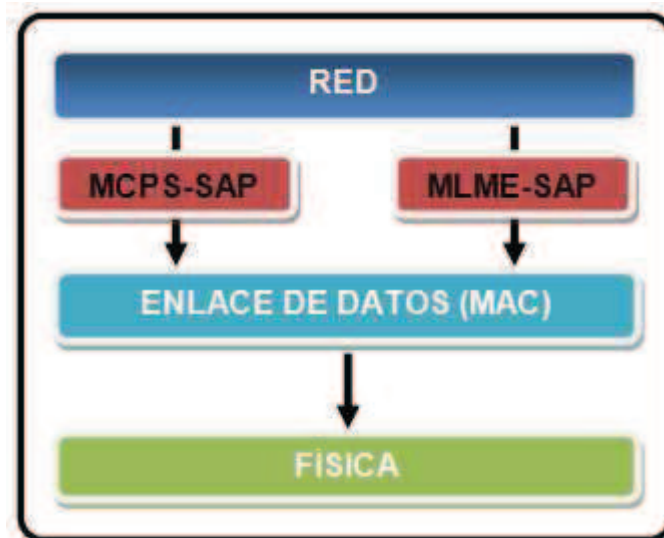
Esta operación se encarga de verificar si el canal de comunicación está libre, mediante la detección de energía y comparando los niveles de calidad de enlace.

### 1.5.2 CAPA DE ENLACE IEEE 802.15.4

El grupo IEEE 802 divide a la capa de enlace en dos sub capas: la de control de enlace lógico (Logical Link Control, LLC) y la subcapa de control de acceso al medio (Medium Access Control, MAC). [26]

LLC es común a todos los estándares IEEE 802, éste accede a la MAC mediante dos tipos de SAP<sup>8</sup>:

- MCPS-SAP<sup>9</sup>: Sirve para el enlace de la subcapa MAC.
- MLME-SAP<sup>10</sup>: Útil para servicios de administración.



**Figura 1-11.- Servicios de enlace de la subcapa MAC [27]**

En comunicaciones inalámbricas, beacon o baliza es una trama que el coordinador envía periódicamente al resto de módulos de la red ZigBee para informar que éste se encuentra activo y listo para ser empleado en la transferencia de datos.

Durante el envío de balizas los dispositivos finales permanecen activos, pero cuando el coordinador no las envía, los dispositivos de los nodos de la red permanecen en modo sleep. Los elementos finales pueden ser configurados para que se despierten automáticamente durante periodos de tiempo.

En la configuración del dispositivo, es muy importante definir los tiempos en los que el módulo ZigBee va a permanecer inactivo, así como los intervalos entre balizas.

<sup>8</sup> SAP: Puntos de acceso entre capas.

<sup>9</sup> MCPS (MAC Common Part Sublayer): Subcapa de enlace entre capas.

<sup>10</sup> MLME (MAC Layer Management Entity): Entidad de gestión de capa MAC.

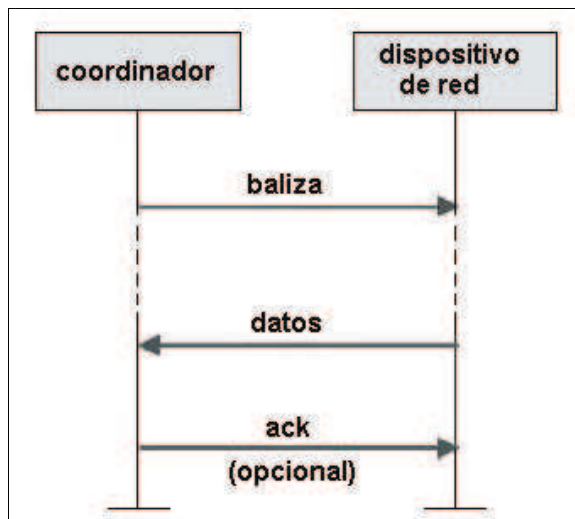


Figura 1-12.- Etapas en la comunicación ZigBee [28]

Dos mecanismos de acceso al canal se implementan en la MAC 802.15.4 [29]:

- Redes sin balizas: En este modo ZigBee utiliza CSMA-CA<sup>11</sup>, el cual evita colisiones para el envío de datos. En este mecanismo se envía reconocimientos por paquete recibido. Se puede transmitir en cualquier momento y los demás nodos pueden interferir.
- Redes con balizas: El coordinador elige tiempos de balizamiento entre 4 milisegundos y 4 minutos y realiza una transmisión broadcast de balizas a la red. Un dispositivo se registra con el coordinador y mira si hay mensajes para él. Si no hay mensajes, el dispositivo se vuelve a dormir.

### 1.5.2.1 Asociación y Disociación de Dispositivos ZigBee

Para la asociación de dispositivos, cada elemento final envía una solicitud que es recibida por el coordinador para registrar su presencia como parte de la PAN, esta operación permite incorporar a la red un nodo que se encuentre operando en una red distinta. A esto se denomina “descubrimiento de dispositivos”. Lógicamente, un módulo ZigBee puede acceder a una PAN solo si está en el mismo canal de trabajo.

La separación de un dispositivo de una red opera de forma similar a la asociación, la eliminación de dispositivos de una red se efectúa borrando la información o

<sup>11</sup> CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance): Acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones.

configuración de la memoria del coordinador. La separación de un nodo puede ser solicitada por el mismo módulo o por el coordinador de la PAN.

Si un dispositivo no puede ingresar a la red, el coordinador conoce mediante una transmisión indirecta o “transmisión pendiente” el estado de conexión con el dispositivo final, esto quiere decir que el comando de solicitud transmitido no llega al nodo central en ese momento, el ingreso del nuevo nodo a la red permanece en *stand by*.

### 1.5.2.2 Seguridad

ZigBee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios.

- Control de accesos: Mantiene una lista de los dispositivos comprobados.
- Datos Encriptados: Se utiliza una encriptación con un código de 128 bits.
- Integración de tramas: Se protegen los datos de ser modificados por otros.
- Secuencias de refresco: Se comprueba que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

### 1.5.2.3 Encriptación

ZigBee define varios procedimientos para implementar la seguridad en la transmisión de información tales como: encriptación de datos, claves de seguridad, protección de tramas y administración de dispositivos.

La encriptación que utiliza ZigBee hace uso de claves de 128 bits y del estándar denominado AES<sup>12</sup> logrando la autenticación y protección de las tramas. Los tres tipos de claves de encriptación son:

- Clave de red: clave compartida por todos los nodos de la red, la misma que es verificada en mensajes internos.
- Claves de enlace: son claves únicas usadas por dos módulos de comunicación ZigBee creadas en el momento de la transmisión de datos.
- Clave maestra: es utilizada para generar las claves de enlace.

---

<sup>12</sup> AES (Advanced Encryption Standard): Estándar avanzado de encriptación.

Todas estas claves son establecidas, guardadas, procesadas y entregadas cuando la red ZigBee es implementada, determinando su efectividad y grado de seguridad.

#### **1.5.2.4 Asignación de Direcciones**

Los dispositivos son direccionados (origen y destino) empleando 64 bits y un direccionamiento corto opcional de 16 bits, este último brinda mayor confiabilidad en las redes tipo malla.

### **1.5.3 CAPA DE RED ZIGBEE**

Gestiona las tareas de enrutamiento y mantenimiento de los nodos de la red. En esta capa se añade una dirección lógica de 16 bits a los dispositivos, posibilitando el envío de datos a nodos que se encuentran físicamente fuera del área de cobertura, siempre y cuando la red esté implementada con routers que necesariamente son FFD.

En resumen, la subcapa de red se encarga de enrutar y encaminar paquetes para los distintos nodos de la red, cifrar, filtrar y autenticar los distintos paquetes recibidos, implementar la seguridad, crear la red y asignar las direcciones a cada nodo.

## **1.6 DESCRIPCIÓN DE UNA PANTALLA TÁCTIL [30]**

Las pantallas táctiles son periféricos de Entrada/Salida que mediante el contacto directo sobre su superficie, se ingresan datos y órdenes al controlador. El contacto sobre la pantalla se puede realizar con un lápiz u otras herramientas similares.

En la actualidad existen pantallas táctiles que dependiendo de la tecnología utilizada en la lámina pueden instalarse sobre cualquier superficie. Los diferentes principios con que cuenta esta tecnología son: localización con onda acústica superficial, pantalla táctil capacitiva, infrarrojo, galga extensiométrica, imagen óptica y lámina resistiva.

### **1.6.1 PANTALLA TÁCTIL DE ONDA ACÚSTICA SUPERFICIAL**

La tecnología de onda acústica superficial utiliza ondas de ultrasonido que se transmiten sobre la pantalla táctil. Cuando la pantalla es presionada, una parte de la onda es absorbida. Este cambio en las ondas de ultrasonido permite registrar la posición seleccionada en la pantalla y envía al controlador los datos para que puedan ser procesados.

### **1.6.2 PANTALLA TÁCTIL CAPACITIVA**

Se forma un capacitor entre la lámina y la pantalla, el condensador genera un voltaje eléctrico continuo cuando la capacitancia es modificada mediante el tacto en la superficie. La capacitancia del sensor es alterada por un objeto, los circuitos electrónicos situados en cada esquina de la pantalla miden la distorsión resultante en una onda de tipo senoidal.

### **1.6.3 PANTALLA TÁCTIL CON INFRARROJO**

Las pantallas táctiles por infrarrojos consisten en una matriz de sensores y emisores infrarrojos horizontales y verticales. En cada eje los receptores están en el lado opuesto a los emisores de forma que al tocar un objeto en la pantalla, se interrumpe un haz infrarrojo vertical y otro horizontal, permitiendo de esta forma localizar la posición exacta en que se realizó el contacto. Este tipo de pantallas son muy resistentes por lo que son utilizadas en muchas de las aplicaciones militares.

### **1.6.4 PANTALLA TÁCTIL CON GALGA EXTENSIOMÉTRICA**

Estas pantallas tienen una estructura elástica para determinar la posición en que ha sido presionada la lámina, a partir de las deformaciones producidas en la misma. En este tipo de pantallas se puede determinar la coordenada en el eje Z o la presión ejercida sobre la pantalla. Este tipo de pantallas son utilizadas habitualmente en sistemas que se encuentran expuestos al público como máquinas de venta.

### **1.6.5 PANTALLA TÁCTIL CON IMAGEN ÓPTICA**

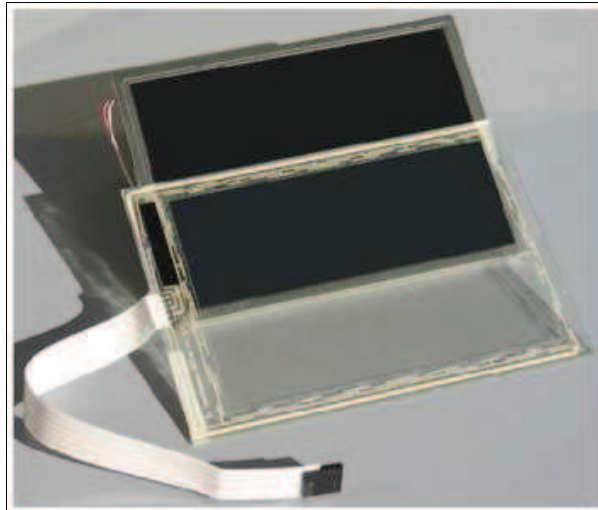
En este tipo de pantallas, dos o más sensores son situados alrededor de la pantalla, habitualmente en las esquinas. Emisores infrarrojos son situados en el campo de vista de la cámara. Un toque en la pantalla muestra una sombra de



forma que cada par de cámaras puede triangularla para localizar el punto de contacto.

#### **1.6.6 PANTALLA TÁCTIL RESISTIVA DE 4 HILOS**

Está formada por varias capas. Las más importantes son dos finas capas de material conductor entre las cuales hay una pequeña separación. Cuando algún objeto toca la superficie de la capa exterior, las dos capas conductoras entran en contacto en una zona definida. De esta forma se produce un cambio en la corriente eléctrica que permite a un controlador calcular la posición del punto en el que se ha presionado la lámina.



**Figura 1-13.- Pantalla táctil del tipo resistiva [31]**

#### **Ventajas de la pantalla táctil resistiva:**

- Este tipo de pantallas al ser activadas con un dedo, guante, uña u otros objetos, produce una respuesta rápida y eficaz.
- Este tipo de pantallas son inmunes a condiciones de entorno desfavorables tales como derrames y salpicaduras de líquidos, humedad y limpieza con agua, siendo las pantallas más resistentes a la contaminación.
- El usuario interactúa directamente con los contenidos en pantalla sin la necesidad de utilizar dispositivos de entrada alternos.

**Desventajas de la pantalla táctil resistiva:**

- Las pantallas resistivas tienen una pérdida del brillo de aproximadamente el 25% debido a las múltiples capas necesarias.
- Las pantallas son susceptibles a ser dañadas por objetos afilados.
- Uno de los principales inconvenientes que se les atribuye a las pantallas resistivas es su imposibilidad para detectar varias pulsaciones.

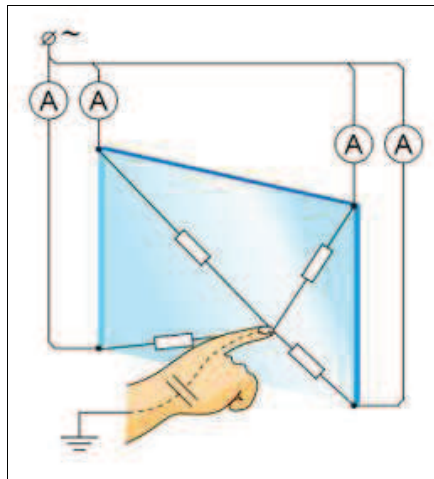


Figura 1-14.- Esquema resistivo de una pantalla táctil [32]

Hasta aquí se ha revisado la teoría sobre la cual se sustentará el diseño y construcción del sistema domótico de este proyecto.

## CAPÍTULO 2

### *Diseño y Construcción del Prototipo*

El presente capítulo justifica las características de los elementos con los que se construye el hardware del prototipo de la red.

El prototipo construido consta de un sistema central (maestro) y de cinco nodos (esclavos). Dentro de la red el nodo maestro será el coordinador y los nodos esclavos serán los dispositivos finales.

El coordinador se encarga de las siguientes funciones: iniciar y mantener la red ZigBee, administrar las acciones de control requeridas por el usuario y transmitir las órdenes de control a los nodos de la red.

Los nodos esclavos de la red se encargan de ejecutar los comandos enviados por el coordinador desde el mando central.

La Figura 2-1 muestra un bosquejo de la red construida.

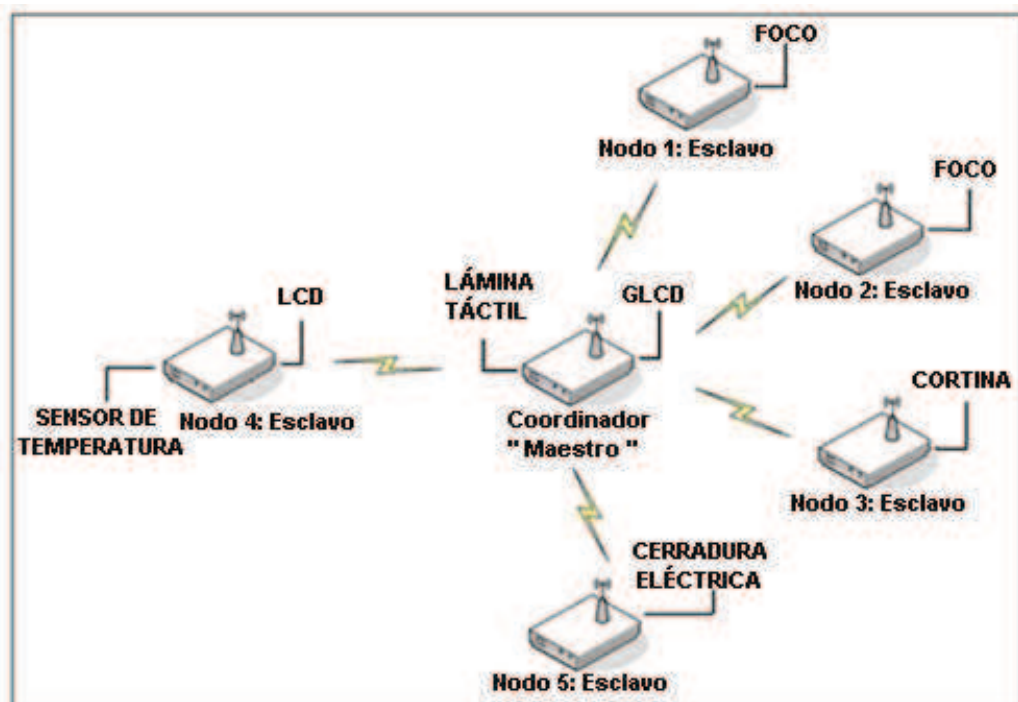


Figura 2-1.- Prototipo implementado

El control central envía datos de manera eventual para realizar las siguientes funciones: control de acceso, encendido/apagado de una lámpara incandescente, control dimmer de otra lámpara y control de cortina motorizada. Por otro lado, los valores de temperatura serán enviados al control central de manera periódica desde el nodo correspondiente.

## 2.1 DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED

En el envío de datos se transmiten 13 bytes por cada trama: 4 bytes de datos o comandos y 9 bytes de cabecera requeridos por el estándar IEEE 802.15.4. La Figura 2-2 muestra el formato de trama.

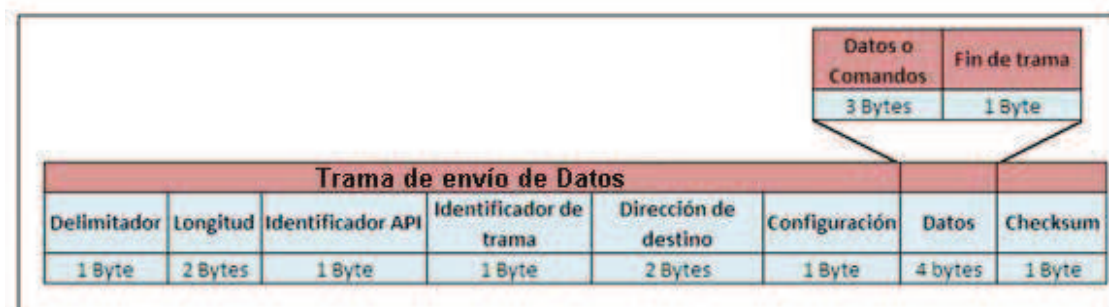


Figura 2-2.- Trama de envío de datos

Para calcular el número total de bytes enviados por el sistema, se asume el caso hipotético en el que la comunicación de todos los nodos, se realiza de manera simultánea. Esta situación extrema busca asegurar que la red ZigBee soporte el tráfico generado. Esta circunstancia no es probable debido a que los nodos realizarán la transmisión bajo petición.

El módulo central enviará 1 trama a cada uno de los 5 nodos esclavos y el módulo de medición de temperatura enviará 1 al control central; por lo tanto, el número total de bytes transmitidos se muestra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1.- Número total de bytes enviados

Nodo	Número de Tramas/s	Número de Bytes/trama	Número total de Bytes/s
Central	5	13	65
Medición de Temperatura	1	13	13
Total	6	13	78

$$78 \frac{\text{Bytes}}{\text{s}} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{Byte}} = 624 \text{ bps}$$

$$624 \text{ bps} = 0.624 \text{ Kbps}$$

*Velocidad de datos ZigBee > 0.624 Kbps*

Si se compara el resultado anterior con 250Kbps [33], que es la velocidad máxima soportada por ZigBee, se justifica plenamente el uso de este estándar como un método válido de comunicación para el sistema domótico.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE LA RED

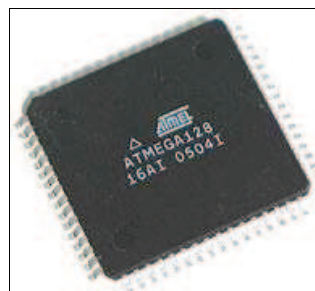
ZigBee soporta las siguientes topologías: estrella, árbol y malla [34]. Debido a la naturaleza del prototipo (Figura 2-1) la topología que se utilizará es estrella.

Se debe aclarar que, por su aplicación, la red tipo estrella deberá tener un elemento redundante, pero el sistema no cuenta con éste por tratarse de un prototipo.

## 2.3 SELECCIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES

Buscando uniformidad en el diseño del hardware de los nodos, se decide que todos se basen en un mismo tipo de microcontrolador. Por esta razón se busca el que pueda cubrir las necesidades de todos los nodos.

En el control central se necesitan puertos de entrada/salida, conversor A/D, puerto UART<sup>13</sup>, mínimo 64KBytes de memoria flash, interrupciones internas y externas, etc. Por lo indicado se elige el microcontrolador ATmega128 en tipo SMD<sup>14</sup>.



**Figura 2-3.- ATmega128 tipo SMD [35]**

<sup>13</sup> UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter.

<sup>14</sup> SMD (Surface Mounted Device): Dispositivo de montaje superficial y se refiere tanto a una forma de encapsulado de componentes electrónicos, como a los equipos construidos a partir de estos componentes.

Debido a que los nodos esclavos requieren menor capacidad de memoria se decide escoger el microcontrolador ATmega16 en tipo DIP<sup>15</sup>.



Figura 2-4.- ATmega16 tipo DIP [36]

## 2.4 SELECCIÓN DEL MÓDULO ZIGBEE

De igual manera, se busca seleccionar un módulo ZigBee que pueda ser empleado en todos los nodos.

Después de analizar varias alternativas, al final se decide seleccionar los módulos XBee Serie 1 del tipo FFD de la empresa MAXSTREAM debido a: sencilla configuración para varias topologías, conexión mínima para su funcionamiento, pequeñas dimensiones y bajo costo.



Figura 2-5.- Dispositivos XBee Serie 1 [37]

Las principales características del módulo XBee son las siguientes [38]:

- El módulo XBee Serie 1 tiene la capacidad de iniciar una red con topología estrella.

<sup>15</sup> DIP (Dual in-line Package): Es una forma de empaquetamiento de dispositivos electrónicos de forma rectangular con dos filas paralelas de pines de conexión. Generalmente se refieren como DIPn, donde n es el número total de pines.

- Los requerimientos de potencia son: 45mW para la transmisión y 50mW para la recepción. Estos valores son válidos cuando los módulos están alimentados con un voltaje de 3.3V.
- De acuerdo a los niveles de potencia antes mencionados, la distancia teórica de cobertura es 30 metros con línea de vista.
- La máxima velocidad de datos es 250 Kbps.
- Interfaz de datos Serial CMOS<sup>16</sup> mediante puerto UART.
- Modo de configuración por comandos AT<sup>17</sup>, API<sup>18</sup> y remota.
- Encriptación de 128 bits.
- Direccionamiento de 16 y 64 bits.
- Baja corriente de consumo en modo sleep.

## 2.5 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE LOS NODOS DE LA RED

Cada uno de los nodos tiene la configuración básica siguiente: un sensor o actuador, dependiendo de si el nodo es de entrada o salida, respectivamente, un circuito de acondicionamiento para el sensor o actuador, un microcontrolador, y un módulo de comunicación ZigBee.



Figura 2-6.- Esquema general del hardware de los nodos de la red

- **Sensor:** El objetivo del sensor es detectar una variable física y proveer una señal eléctrica.
- **Actuador:** Este elemento, que generalmente debe ser de propósito específico, accionará un mecanismo al recibir señales eléctricas de control.

<sup>16</sup> CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor): Semiconductor de Metal Óxido Complementario.

<sup>17</sup> AT (Attention): Atención.

<sup>18</sup> API (Application Programming Interface): Interfaz de programación de aplicación.

- **Acondicionador:** Transformará las señales de los sensores a niveles de voltaje que un microcontrolador puede interpretar. Para el caso de los actuadores, el acondicionador deberá proveer el nivel adecuado de potencia, que no puede proporcionar el microcontrolador, al actuador de turno.
- **Microcontrolador:** Interpretará las señales de entrada para procesar la información y tomar una decisión.
- **Módulo ZigBee:** Se encargará de transmitir la información a los nodos de la red.

### 2.5.1 DISEÑO DEL HARDWARE DEL CIRCUITO CENTRAL

El circuito de control consta de una lámina táctil, un microcontrolador, una pantalla GLCD<sup>19</sup> y un módulo ZigBee.

**Diagrama de bloques del circuito:**

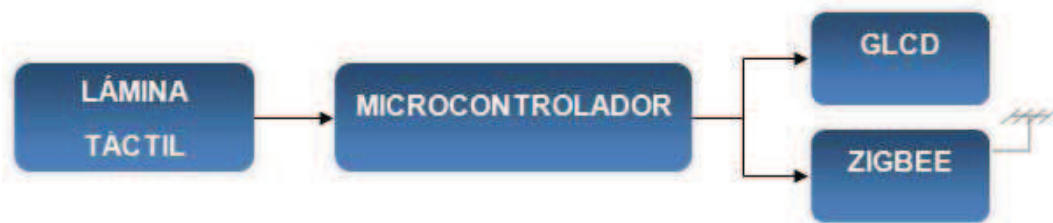


Figura 2-7.- Diagrama de bloques del hardware del control central

**Etapa de ingreso de datos con lámina táctil:**

La lámina táctil tiene como función el ingresar datos hacia el microcontrolador. Esta lámina tiene cuatro terminales a su salida. Al final de cada terminal se conecta una resistencia de 100Ω en serie, sugerida por el fabricante, para acoplar este dispositivo con el microcontrolador. La Figura 2-8 indica la conexión de la lámina táctil.

<sup>19</sup> GLCD: LCD Gráfico.



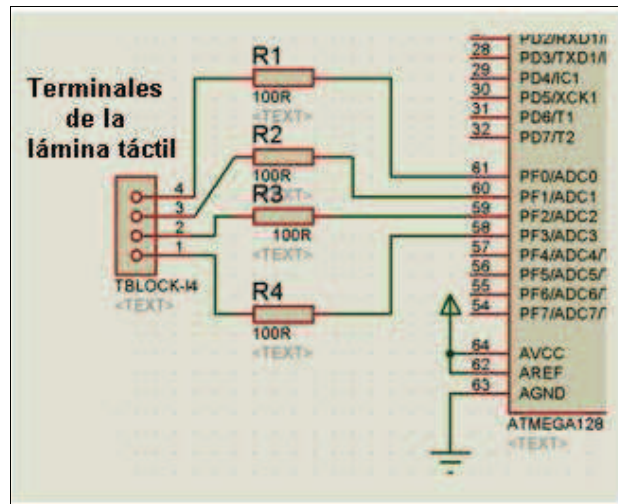


Figura 2-8.- Conexión de la lámina táctil con el microcontrolador

Tal como se explicó en el Capítulo 1, cuando se presiona un área de la pantalla táctil se generan voltajes análogos a los puertos F0 y F2 del microcontrolador, para determinar las coordenadas del punto presionado.

#### Etapa del microcontrolador:

Esta etapa realiza dos funciones: Digitalizar los datos y procesar la señal. Una vez adquiridos los voltajes de la lámina táctil se utiliza un convertor A/D embebido en el microcontrolador, para digitalizar las señales con 10bits de resolución [39]. El microcontrolador también se encarga de procesar los datos adquiridos para generar las órdenes o comandos pertinentes.

#### Etapa del GLCD:

Esta etapa servirá para desplegar imágenes e íconos que ayudan a escoger las opciones del sistema. Para desplegar de mejor manera las opciones que aparecen en la pantalla LCD se escoge una definición de 240x128 pixeles. El GLCD se conecta al microcontrolador del módulo central (ATmega128) como se muestra en la Figura 2-9.

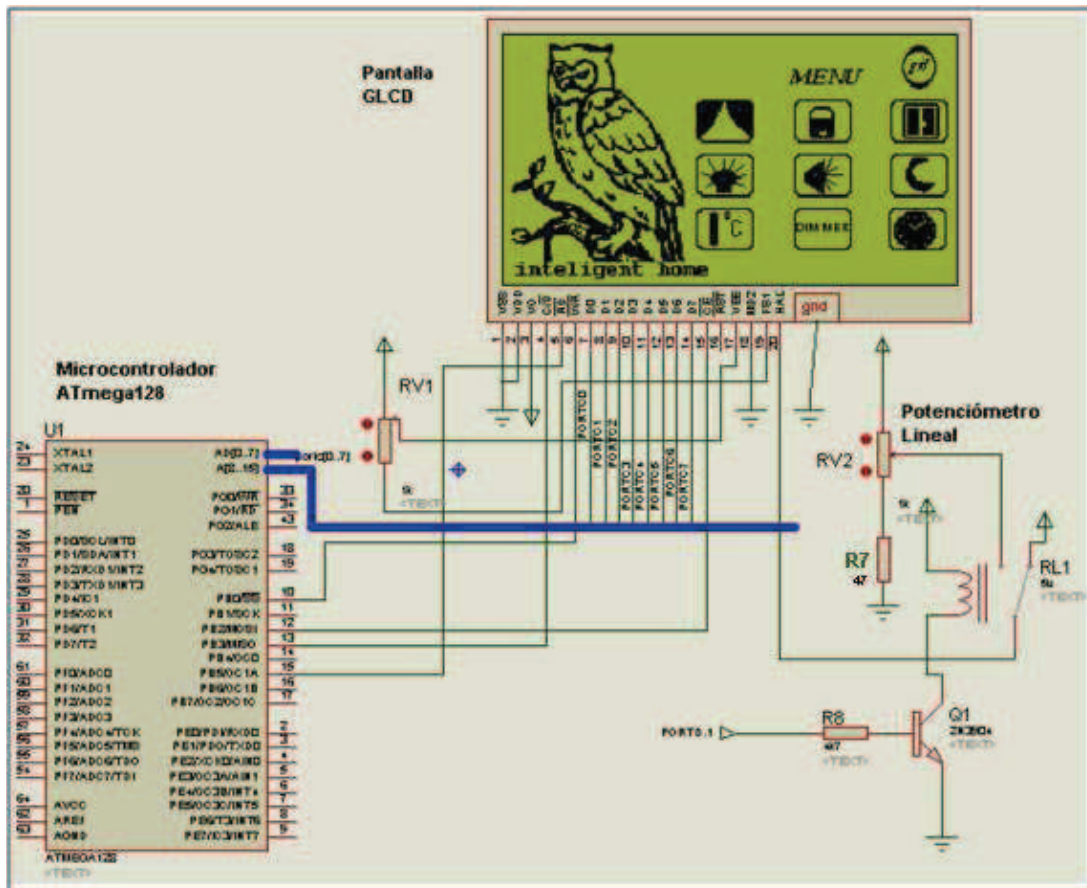


Figura 2-9.- Conexión de la pantalla GLCD

El potenciómetro lineal RV1, es utilizado para variar el contraste de la pantalla, el valor de resistencia que indica el fabricante es de  $1k\Omega$ .

La resistencia RV2 es empleada para controlar la intensidad del LED interno del GLCD. La corriente máxima de ingreso por el pin *halt* del GLCD debe ser  $150mA$ , según sus hojas de datos [40]. Por lo tanto la resistencia R7 es:

$$I = 150mA$$

$$R7 = \frac{5V}{150mA}$$

$$R7 = 33.3\Omega$$

En el mercado no se dispone de una resistencia variable de estas características por lo que se utiliza un potenciómetro lineal RV2 de 1k $\Omega$  y en serie una resistencia de 47 $\Omega$ .

Para que el microcontrolador entregue una corriente de 1mA (corriente típica [41]) a la base del transistor Q1 y para que éste opere en corte y saturación, se necesita una resistencia R8 de:

$$R8 = \frac{5V - 0,7V}{1mA}$$

$$R8 = 4,3K\Omega$$

La resistencia R8 que se conecta en la base del transistor Q1 es 4,7k $\Omega$ , que es el estándar más cercano.

El transistor utilizado es el 2N3904 y el relé RL1 es de 5V.

### Eta de comunicación con el módulo ZigBee:

Por medio del periférico UART, el microcontrolador envía los comandos para que sean ejecutados por los nodos esclavos. Este periférico se comunica con el módulo XBee mediante el protocolo RS-232 a nivel TTL, como se muestra en la Figura 2-10 [42].

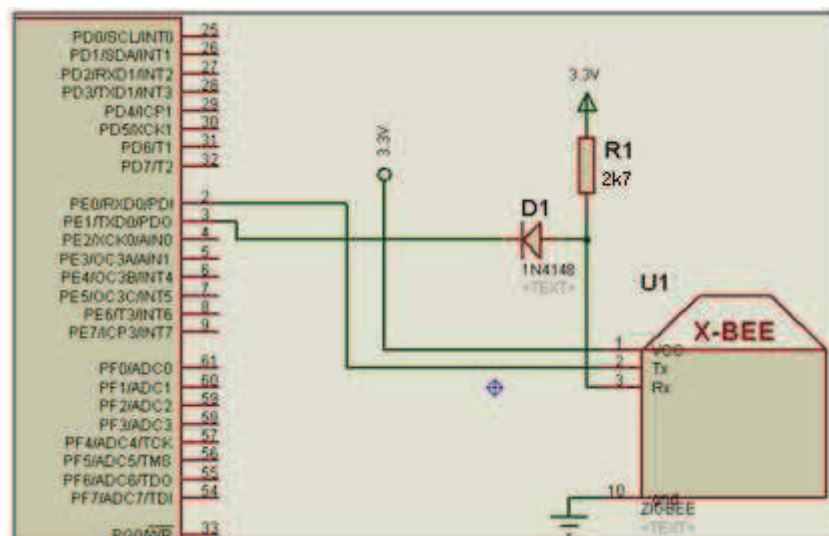


Figura 2-10.- Conexión del módulo XBee

El diodo D1 y la resistencia R1 del circuito de la Figura 2-10 son utilizados para reducir el voltaje de 5V a 3.3V a la salida del pin TX del microcontrolador [43], debido a que el módulo ZigBee se alimenta con este último valor de voltaje.

El diodo D1 debe ser un elemento de rápida respuesta, por ello se utiliza el 1N4148.

La corriente que circula por el diodo D1 debe ser 1mA; por lo tanto, la resistencia R1 calculada es:

$$R1 = \frac{3.3V - 0.7V}{1mA}$$

$$R1 = 2.6k\Omega$$

La resistencia estándar utilizada es de 2.7kΩ.

Todos los microcontroladores de la red también cuentan con el puerto UART, la descripción de esta etapa se omite para el resto de circuitos.

Los elementos del circuito se muestran en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2.- Elementos del hardware del control central**

Componente	Valor/Tipo
Elementos del Touch Screen	
1 Touch Screen	Resistiva
4 Resistencias	100Ω
Elementos del Microcontrolador	
1 Resistencia	2.7kΩ
1 Diodo	1N4148
Elementos del GLCD	
1 GLCD	240x128 pixeles
1 Relé	5V/1A
1 Transistor	2N3904
2 Potenciómetros	1kΩ
1 Resistencia	47Ω
1 Resistencia	4.7kΩ

## 2.5.2 DISEÑO DEL HARDWARE DE LOS NODOS ESCLAVOS

Una vez dimensionados los elementos de la circuitería del nodo central, se procede a seleccionar los elementos del hardware de los nodos esclavos de la red.

### 2.5.2.1 Diseño del hardware del circuito de medición de temperatura

Diagrama de bloques del circuito:

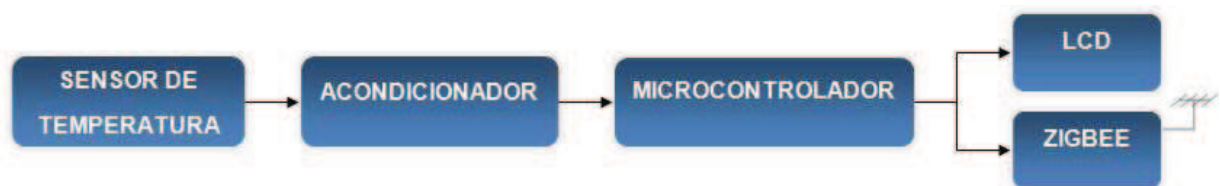


Figura 2-11.- Diagrama de bloques del hardware del circuito medición de temperatura

**Etapa del sensor de temperatura:**

La adquisición de la temperatura se realiza mediante un sensor lineal CI LM35, cuya señal de voltaje es proporcional a la temperatura obtenida en escala Celsius. La sensibilidad de este integrado es  $10.0\text{mV}/^\circ\text{C}$  [44].

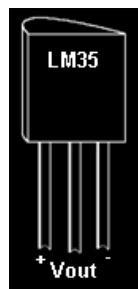


Figura 2-12.- Sensor de temperatura LM35 [45]

**Etapa del acondicionador:**

El rango de medición de temperatura en este proyecto es de  $0^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$ , debido a que se trata de un prototipo domótico; por lo tanto, el voltaje entregado por el sensor se amplifica a:

$$1^\circ\text{C} \rightarrow 10\text{mV}$$

$100^{\circ}\text{C} \rightarrow 1\text{V}$

$1\text{V amplificado } a \rightarrow 5\text{V}$

Para obtener 5V a los  $100^{\circ}\text{C}$ , el voltaje se amplifica con un circuito *No Inversor* de ganancia 5, como se muestra en la Figura 2-13. En esta etapa se emplea un amplificador operacional CI LM324. [46]

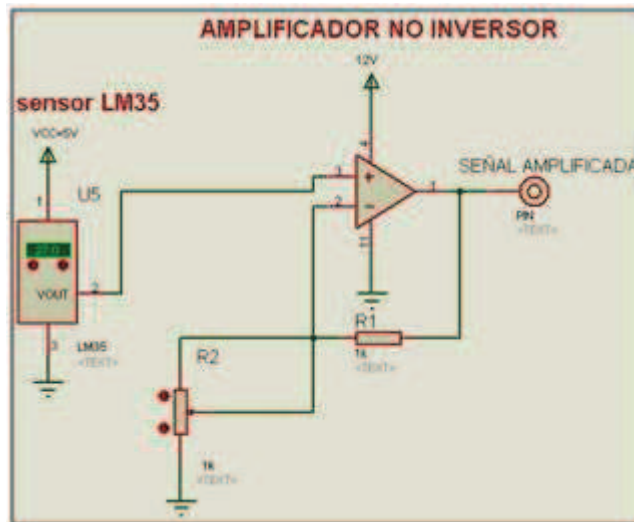


Figura 2-13.- Amplificador No Inversor

La expresión para el cálculo de la ganancia del amplificador *No Inversor* se indica en la Ecuación 2-1.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_1}{R_2} + 1 \quad \text{Ec 2-1}$$

$$\frac{R_1}{R_2} + 1 = 5$$

$$\frac{1\text{K}\Omega}{R_2} = 4$$

$$R_2 = 250\Omega$$

Para calibrar la ganancia de esta etapa, se coloca un potenciómetro lineal R2 de  $1\text{k}\Omega$ , como se indica en la Figura 2-13.

Para aislar y eliminar efectos de carga en la señal amplificada se emplea un seguidor emisor. [47]

También se utiliza un limitador de voltaje para proteger la entrada del conversor A/D del microcontrolador, ya que este voltaje podría sobrepasar 5V, debido a que el amplificador operacional que acondiciona la señal de temperatura se alimenta con 12V.

El operacional que actúa de limitador (U2 de la Figura 2-14) tiene dos entradas, la señal análoga correspondiente a la temperatura y un voltaje de comparación que se fija en 5V. Cuando la primera señal sea mayor que la segunda, la salida del operacional limitador excitará al transistor y éste al relé, para impedir el paso del voltaje elevado a la entrada análoga del microcontrolador. [48]

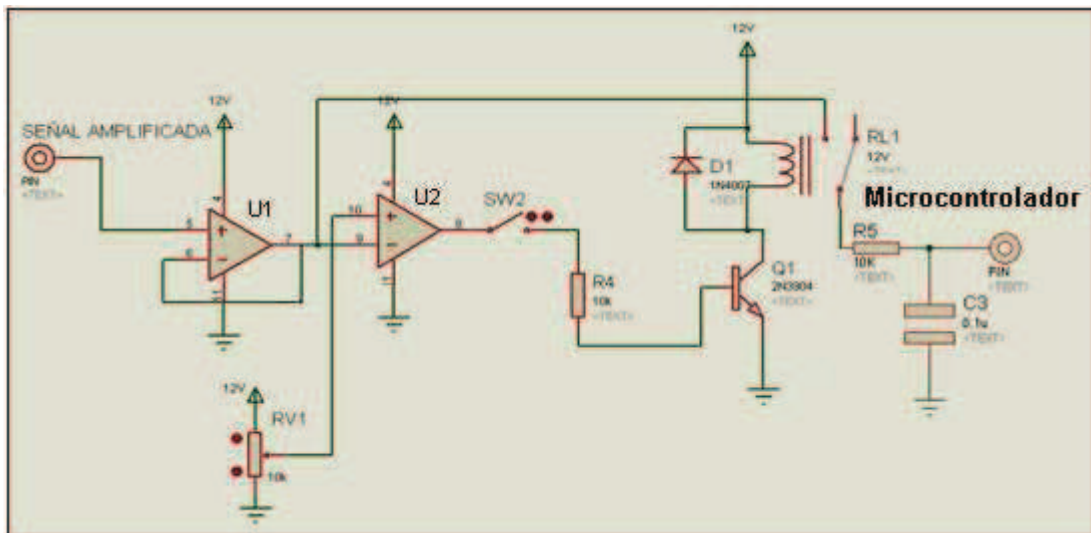


Figura 2-14.- Etapa de acondicionamiento de la señal del sensor de temperatura

Por la base del transistor Q1 circulará una corriente de 1mA y el voltaje de alimentación es 12V; por lo tanto según la Ley de Ohm (Ecuación 2-2), la resistencia R4 es de:

$$R4 = \frac{V}{I} \quad \text{Ec 2-2}$$

$$R4 = \frac{12V - 0.7V}{1mA}$$

$$R4 = 11.3K\Omega \rightarrow 10K\Omega$$

El transistor utilizado es el 2N3904, el cual soporta una corriente de colector de 200mA y un voltaje de colector-emisor máximo de 40Vdc. [49]

El relé RL1 se alimenta con 12V y la corriente que circula por su contacto es 20mA [50], proveniente de la salida del amplificador operacional acondicionador; por lo tanto, el relé encontrado en el mercado cuyas características se aproximan es de 12Vdc en la bobina y 15A de contacto.

Adicionalmente, el diodo D1 de la Figura 2-14 es utilizado para impedir la corriente de retorno por el colector del transistor; por lo tanto, el diodo seleccionado es el 1N4007.

#### **Etapas del Microcontrolador:**

Una vez adquirido el voltaje acondicionado del sensor de temperatura, se utiliza un conversor A/D embebido en el microcontrolador, para digitalizar la señal con 10bits de resolución.

#### **Etapas del LCD:**

Una vez digitalizada la señal de la temperatura se emplea una pantalla LCD 16x2 para su visualización. Esta pantalla cuenta con 16 pines de los cuales se utilizan 3 pines para contraste (VSS, VDD, VEE), 3 pines para control (RS, RW, E), 4 pines para transmisión/recepción de datos (D4, D5, D6, D7).



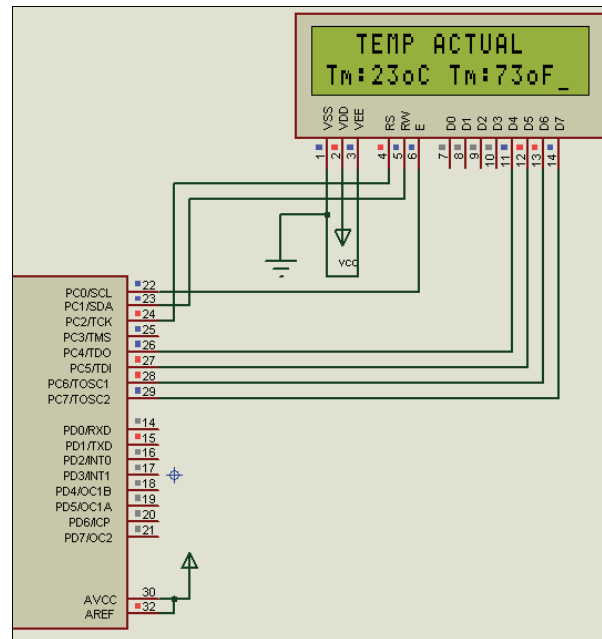


Figura 2-15.- Conexión del LCD con el microcontrolador

Estos datos digitales también se los envía hacia el módulo central utilizando el dispositivo XBee.

Los elementos del circuito se indican en la Tabla 2-3.

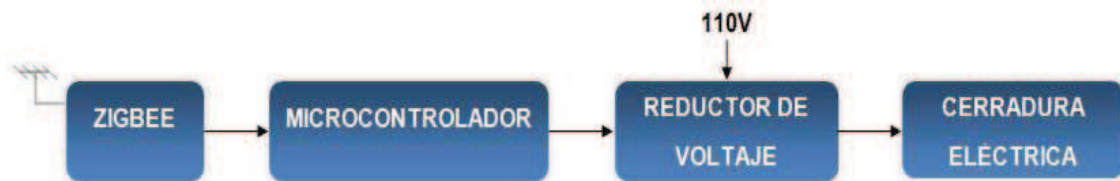
Tabla 2-3.- Elementos del hardware del circuito de medición de temperatura

Componente	Valor/Tipo
Elementos del Sensor	
1 Sensor de Temperatura	LM35
Elementos del Acondicionador	
1 Amplificador Operacional	LM324
1 Resistencia	1k $\Omega$
1 Potenciómetro	1k $\Omega$
Elementos del limitador	
2 Amplificadores Operacionales	LM324
1 Potenciómetro	10k $\Omega$
1 Resistencia	10k $\Omega$
1 Diodo	1N4007
1 Relé	12V/15Adc
1 Transistor	2N3904
Elementos del Visualización	
1 LCD	16x2

### 2.5.2.2 Diseño del hardware de control de acceso

Las etapas del hardware de este nodo son: comunicación mediante el dispositivo ZigBee, un microcontrolador, un reductor de voltaje y una cerradura eléctrica.

**Diagrama de bloques del circuito:**



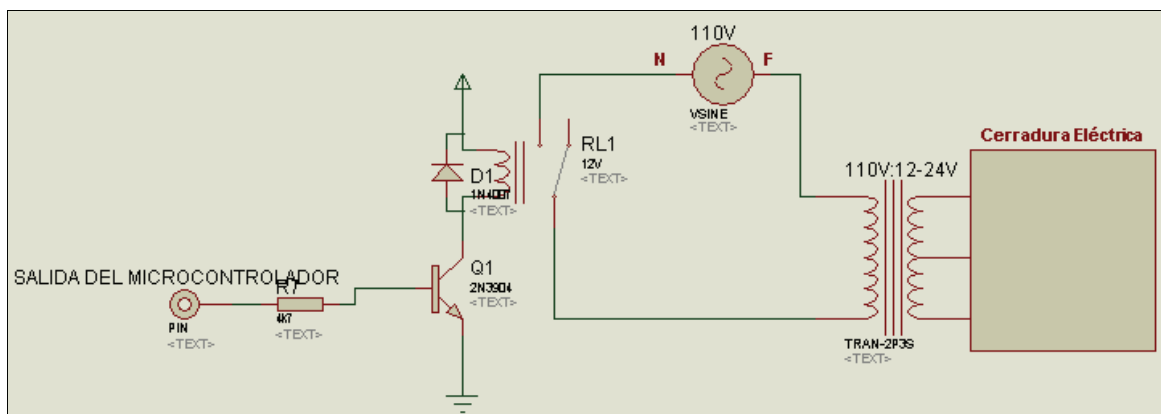
**Figura 2-16.- Diagrama de bloques del hardware de control de acceso**

Después que el nodo central envía el comando para la activación de la cerradura eléctrica, éste es captado por el módulo ZigBee de este nodo y transmitido a su microcontrolador mediante el puerto UART.

**Etapas de reducción de voltaje y cerradura eléctrica:**

La cerradura eléctrica requiere de 12Vac para su activación, por esta razón se conecta un transformador de relación de voltaje 110V:12Vac.

El circuito de control para la cerradura eléctrica se muestra en la Figura 2-17.



**Figura 2-17.- Control de una cerradura eléctrica**

Por la base del transistor Q1 de la Figura 2-17 circula una corriente de 1mA y el voltaje de alimentación es 5V; por lo tanto, la resistencia R7 es de:

$$R7 = \frac{V}{I}$$

$$R7 = \frac{5V - 0.7V}{1mA}$$

$$R7 = 4.3K\Omega \rightarrow 4.7K\Omega$$

El transistor utilizado es el 2N3904, el cual soporta una corriente de colector de 200mA y un voltaje de colector-emisor máximo de 40Vdc.

El relé RL1 se alimenta con 12V y empleando la Ecuación 2-3, la corriente que circula por su contacto es de:

$$\frac{V_{primario}}{V_{secundario}} = \frac{I_{secundario}}{I_{primario}} \quad \text{Ec 2-3}$$

$$I_1 = I_{primario}$$

$$\frac{110V}{12V} = \frac{4A}{I_1}$$

$$I_1 = 436mA$$

Por lo tanto el relé encontrado en el mercado es de 12Vdc en la bobina y 15Aac de contacto.

El diodo D1 utilizado para impedir la corriente de retorno por el colector del transistor es el 1N4007.

Los elementos del circuito se observan en la Tabla 2-4.

**Tabla 2-4.- Elementos del hardware del control de acceso**

Componente	Valor/Tipo
Elementos de la cerradura eléctrica	
1 Cerradura eléctrica	12Vac/3A
1 Transformador	110V: 12Vac/4Aac
1 Relé	12Vdc/15Aac
1 Transistor	2N3904
1 Resistencia	4.7K $\Omega$
1 Diodo	1N4007

### 2.5.2.3 Diseño del hardware de control de la lámpara incandescente

Este nodo se compone de un módulo ZigBee, un microcontrolador, un acondicionador y un foco.

### Diagrama de bloques del circuito:



Figura 2-18.- Diagrama de bloques del hardware del control dimmer

La función del módulo ZigBee ya fue explicada en el nodo anterior.

### Etapa del microcontrolador:

El microcontrolador tiene un módulo generador de señal PWM<sup>20</sup> que se utiliza para la conmutación de un interruptor electrónico. La PWM es una señal digital de frecuencia constante y relación de trabajo variable. Este último término se refiere al tiempo en alto de la señal.

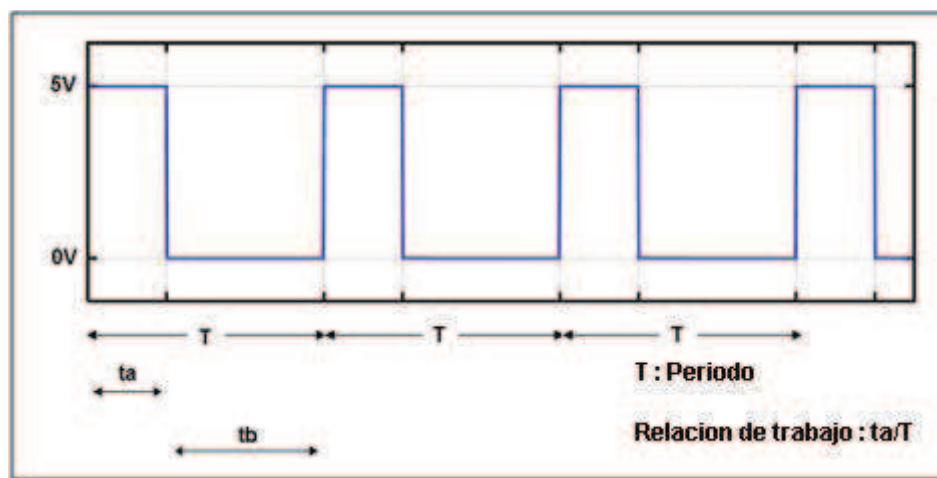


Figura 2-19.- Modulación por ancho de pulso

### Etapa del acondicionador:

El interruptor electrónico del circuito de la Figura 2-20 acondiciona la alimentación de la lámpara incandescente mediante un transistor con una señal PWM cuya frecuencia de operación es de 10 KHz.

<sup>20</sup> PWM (Pulse Width Modulation): Modulación por ancho de pulso.

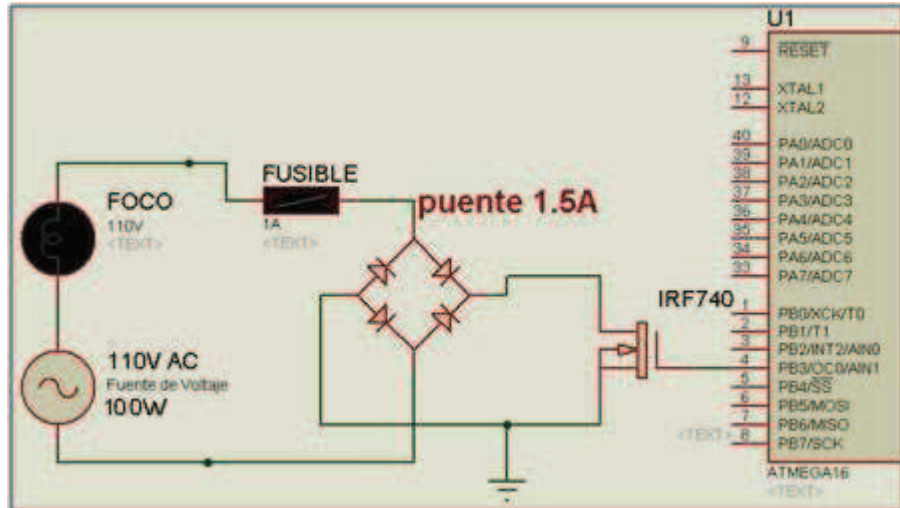


Figura 2-20.- Acondicionamiento de la señal de alimentación del foco

Para dimensionar el transistor adicionalmente se toma en cuenta los valores máximos de voltaje y potencia de la lámpara, los cuales son: 110Vac/100W.

La corriente de consumo de la iluminaria en condiciones máximas de funcionamiento es 1A.

$$I_{transistor} = I_{foco}$$

$$I_{transistor} = 1A$$

El VPI<sup>21</sup> del puente rectificador es igual al VPI de la iluminaria:

$$VPI_{puente} = V_{pico_{foco}}$$

$$VPI_{puente} = \sqrt{2} \cdot 110V \quad \text{Ec 2-4}$$

$$VPI_{puente} = 155.56V \rightarrow 200V$$

$$VPI_{transistor} = VPI_{puente}$$

$$VPI_{transistor} = 200V \rightarrow 400V$$

Finalmente se selecciona un transistor MOSFET<sup>22</sup> IRF740 y un puente de diodos de 1.5A/VPI=400V.

<sup>21</sup> VPI: Voltaje Pico Inverso.

<sup>22</sup> MOSFET (Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor): Transistor metal óxido de efecto de campo.

Los elementos del circuito de control de iluminación de la lámpara se muestran en la Tabla 2-5.

**Tabla 2-5.- Elementos del hardware del control de la lámpara incandescente**

Componente	Valor/Tipo
Elementos de control	
1 Transistor	MOSFET IRF740
Elementos de potencia	
1 Puente Rectificador	400VPI/1.5A
1 Foco Incandescente	100W/110Vac

Adicionalmente, se incluye un control On/Off en otra lámpara incandescente que opera mediante un relé de 5Vdc/15Aac.

#### 2.5.2.4 Diseño del hardware de control de cortina motorizada

Este nodo consta de un módulo ZigBee, un microcontrolador, un driver y un motor.

**Diagrama de bloques del circuito:**



**Figura 2-21.- Diagrama de bloques del hardware de la cortina motorizada**

Las funciones del módulo ZigBee y el microcontrolador ya fueron explicadas en el nodo de control de acceso.

**Etapa del Driver:**

El driver es un arreglo de transistores que se utiliza para el control del motor como se muestra en la Figura 2-22.

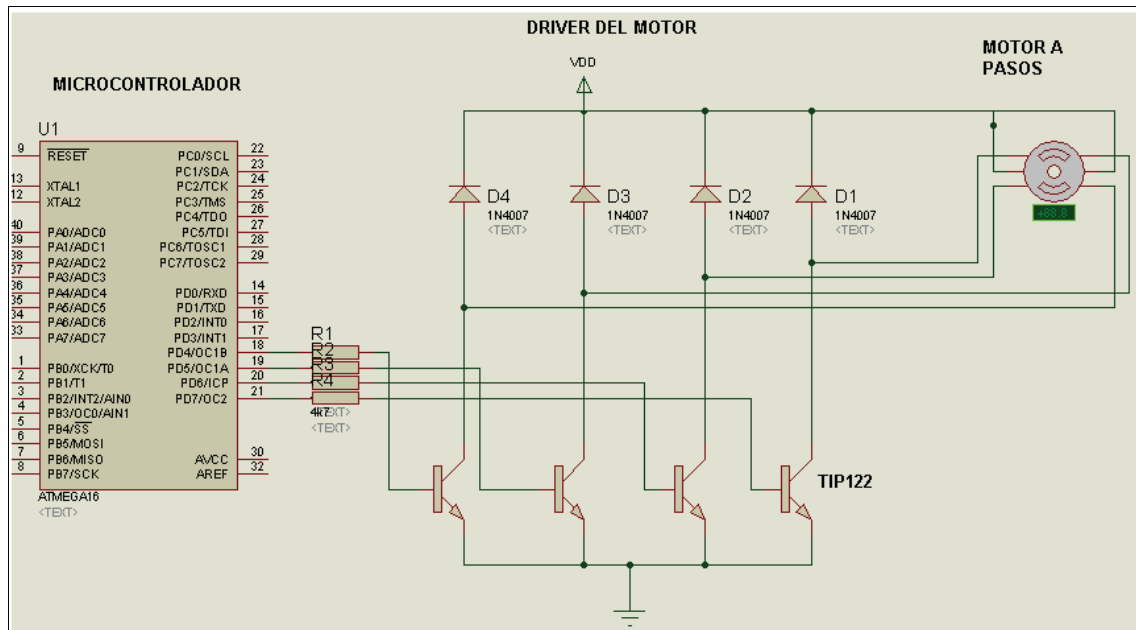


Figura 2-22.- Driver para manejar el motor

Los transistores del driver son dimensionados en base a la corriente que circula por cada bobina del motor. Para esta etapa se toma en cuenta que los transistores estén saturados permanentemente, por lo tanto:

$$I_{\text{bobina}} = \frac{\text{Voltaje aplicado en la bobina}}{\text{Resistencia de la bobina}}$$

$$I_{\text{bobina}} = \frac{12V}{58\Omega}$$

$$I_{\text{bobina}} = 0.2A$$

La corriente de colector que circula por el transistor es 0.2A; por lo tanto, el transistor utilizado es el TIP122.

El diodo utilizado para la protección de cada transistor es el 1N4007.

#### Etapa del motor a pasos:

El elemento final a ser utilizado es un motor paso a paso unipolar, debido a que no se requiere de un torque elevado y es silencioso. El motor utilizado se alimenta con 12V y tiene una resistencia interna de 58Ω/bobina.

Los elementos del circuito de control de movimiento del motor se muestran en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6.- Elementos del hardware del control de cortina motorizada**

Componente	Valor/Tipo
Elementos de control del motor	
1 Motor	Paso a Paso
4 Transistores	TIP122
4 Diodos	1N4007
4 Resistencias	4.7k $\Omega$

Luego de concluir con el diseño del hardware del sistema, en el siguiente capítulo se desarrolla la programación de los microcontroladores para el funcionamiento lógico de los nodos, incluyendo el manejo de las tramas para la comunicación entre los dispositivos ZigBee.



## CAPÍTULO 3

### *Desarrollo del Software*

Este capítulo expone la configuración de los dispositivos de comunicación, el desarrollo de los algoritmos de control, la conexión lógica de los módulos ZigBee, los artificios implementados en los programas de los microcontroladores y el desarrollo de la interfaz con la que interactúa el usuario.

#### 3.1 CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS XBEE

Los dispositivos XBee son programados con el software X-CTU [51]. Este programa es amigable al usuario y tiene varias funciones para configurar los dispositivos.

Para que X-CTU reconozca los módulos XBee, se escoge la opción *Test/Query*, como muestra la Figura 3-1.

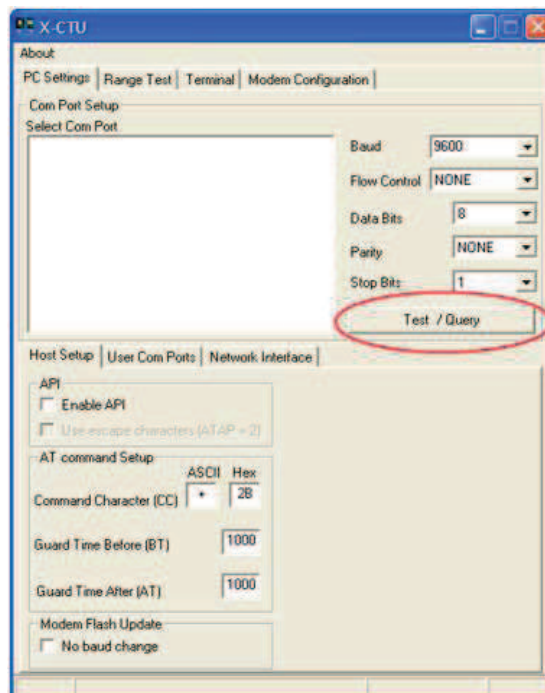
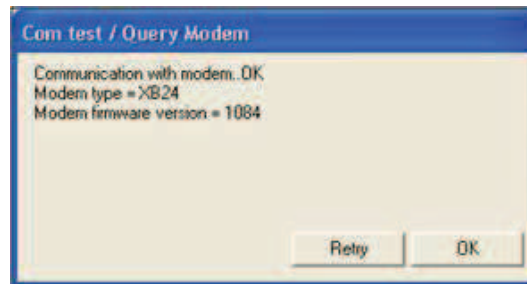


Figura 3-1.- Software X-CTU

Si el módulo responde de manera satisfactoria, aparece una ventana como indica la Figura 3-2.

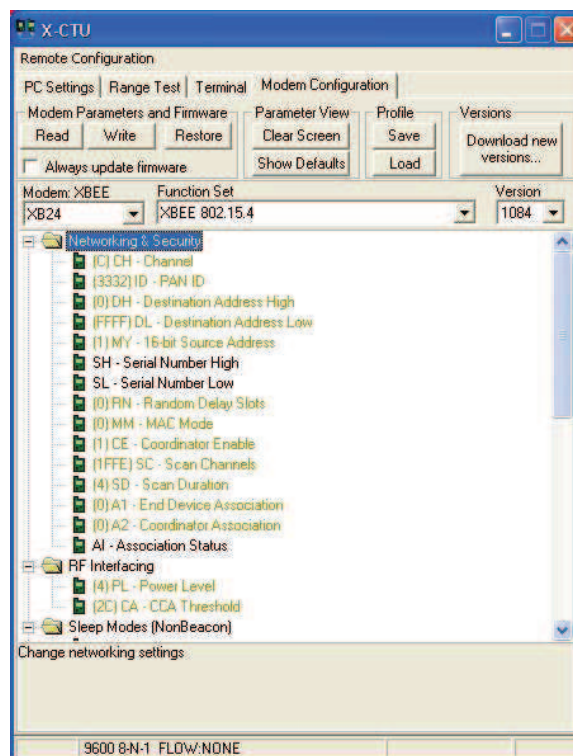


**Figura 3-2.- Confirmación en modo activo del módulo XBee**

Una vez que el modem trabaja correctamente, X-CTU despliega la opción de configuración de modem (*Modem Configuration*).

La configuración de modem permite: cambiar los parámetros de trabajo del módulo ZigBee, leer su configuración, escribir una nueva configuración, restaurar los parámetros originales, guardar y volver a cargar parámetros antes configurados, y actualizar nuevas versiones tanto del firmware como del X-CTU.

La Figura 3-3 muestra un ejemplo de configuración de los dispositivos XBee utilizando el programa X-CTU.



**Figura 3-3.- Configuración del módulo XBee del control central**

La Tabla 3-1 muestra la configuración de parámetros de los módulos XBee correspondiente a cada nodo de la red.

**Tabla 3-1.- Configuración de parámetros de los módulos XBee**

Nodos de la red	Dirección MY	Canal	PAN ID	DH	DL	API	Coordinador
Nodo Central	1	C	3332	0	FFFF	1	1
Nodo Control Foco	2	C	3332	0	FFFF	1	0
Nodo Dimmer	3	C	3332	0	FFFF	1	0
Nodo Control Cortina	4	C	3332	0	FFFF	1	0
Nodo Temperatura	5	C	3332	0	FFFF	1	0
Nodo Acceso	6	C	3332	0	FFFF	1	0

**Dirección MY:** Dirección de Origen.

**Canal:** Canal de comunicación.

**PAN ID:** Identificación de la red.

**DH:** Dirección de destino (Bytes más significantes).

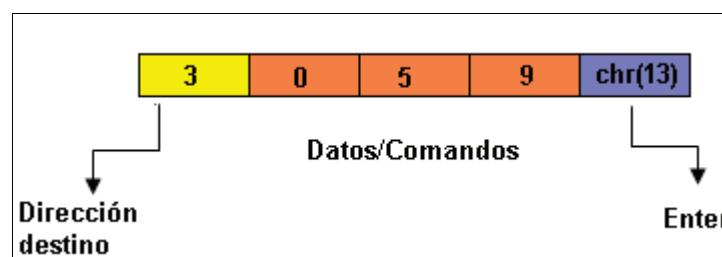
**DL:** Dirección de destino (Bytes menos significantes), este parámetro es indistinto cuando se envían los datos en modo API.

**API:** Interface de aplicación para la programación.

**Coordinador:** 1 para la habilitación de coordinador, 0 para elemento final.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL FORMATO DE LA TRAMA DEL MICROCONTROLADOR

Para el envío de datos se establece un formato de trama, previo a encapsular los datos en concordancia con el estándar IEEE 802.15.4. La trama consta de cuatro campos: el primero corresponde a la dirección de destino, que es la dirección MY del nodo terminal, y los otros tres contienen el dato o comando a transmitir. Al final de la trama se añade el caracter “*enter*”, que indica el fin de trama.



**Figura 3-4.- Formato de trama en el microcontrolador**

Los comandos enviados por el control central hacia los nodos terminales se muestran en la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2.- Comandos enviados por el control central**

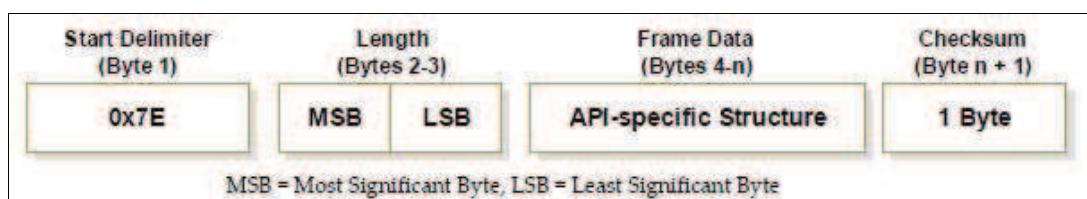
Dirección de destino	Comando	Propósito
2	"000"	Apagar Foco
	"001"	Encender Foco
3	"000"	Dimmer en 0%
	"001"	Dimmer en 20%
	"002"	Dimmer en 40%
	"003"	Dimmer en 60%
	"004"	Dimmer en 80%
	"005"	Dimmer en 100%
4	"000"	Mover motor hasta cerrar completamente
	"001"	Mover motor hasta abrir completamente
	"002"	Mover motor para abrir paso a paso
	"003"	Mover motor para cerrar paso a paso
	"004"	Parar el motor
5	"000"	Parar envío de temperatura
	"001"	Petición de envío de temperatura
6	"000"	Activar cerradura eléctrica
	"001"	Activar alarma
	"002"	Desactivar alarma

Para el caso de la medición de temperatura, los datos son enviados desde el nodo terminal hacia el control central, utilizando también el formato antes descrito, pero insertando la dirección pertinente.

Una vez establecida la trama en el microprocesador, los datos son enviados de acuerdo al protocolo IEEE 802.15.4 mediante el modo API.

### 3.2.1 ENVÍO DE DATOS EN MODO API

Los datos son ordenados de acuerdo al formato de la trama API de la Figura 3-5 empleado por los módulos XBee.



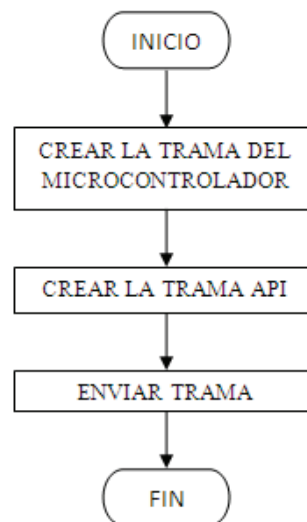
**Figura 3-5.- Formato de trama API para envío de datos [52]**

En la Tabla 3-3 se describen las funciones de cada byte de la trama de envío de datos.

**Tabla 3-3.- Descripción de bytes de la trama de envío**

Byte	Descripción
1	Delimitador de trama.
2 – 3	Longitud de trama. El byte 2 es el más significativo y el byte 3 es el menos significativo. La longitud de trama no incluye el delimitador de trama, la longitud de trama y el checksum.
4	Identificador de API para la transmisión de datos con direccionamiento de 16 bits.
5	Configuración de ACK.
6 – 7	Dirección de destino. El byte 6 es el más significativo y el byte 7 es el menos significativo.
8	Configuración de opciones.
9 en adelante	Datos en hexadecimal correspondientes a caracteres ASCII. 100 bytes como máximo.
Checksum	Byte de chequeo de la trama, es un número hexadecimal cuyo cálculo consiste en sumar todos los bytes anteriores excepto el delimitador y la longitud de trama y dicha suma restar de 0xFF.

La Figura 3-6 indica el diagrama de flujo para el envío de datos:



**Figura 3-6.- Diagrama de flujo de envío de datos en modo API**

A continuación se indican las tareas del diagrama de flujo en lenguaje estructurado.

**Crear trama del microcontrolador**

Elegir el terminal de destino  
Unir dirección de destino con el comando a ejecutar  
Adjuntar fin de trama

**Fin de tarea**

**Crear la trama API**

Calcular la longitud de trama  
Configurar direccionamiento a 16 bits  
Habilitar uso de ACK  
Ubicar el byte de dirección de destino  
Ubicar los datos o comandos en la trama  
Calcular el checksum

**Fin de tarea**

**Enviar trama**

Crear el vector de trama  
Enviar el vector de trama

**Fin de tarea**

### 3.2.2 RECEPCIÓN DE DATOS EN MODO API

La trama de recepción de datos contiene parámetros de configuración similares a los de la trama de envío.

En la Tabla 3-4 se describen las funciones de cada byte de la trama de recepción de datos.

**Tabla 3-4.- Descripción de bytes de la trama de recepción**

Byte	Descripción
1	Delimitador de trama.
2 – 3	Longitud de trama. El byte 2 es el más significativo y el byte 3 es el menos significativo. La longitud de trama no incluye el delimitador de trama, la longitud de trama y el checksum.
4	Identificador de API para la transmisión de datos con direccionamiento de 16 bits.
5 – 6	Dirección de origen. El byte 5 es el más significativo y el byte 6 es el menos significativo.
7	Indicador de robustez de trama.
8	Byte reservado.
9 en adelante	Datos en hexadecimal correspondientes a caracteres ASCII. 100 bytes como máximo.

Byte	Descripción
Checksum	Byte de chequeo de la trama, es un número hexadecimal cuyo cálculo consiste en sumar todos los bytes anteriores excepto el delimitador y la longitud de trama y dicha suma restar de 0xFF.

La Figura 3-7 indica el diagrama de flujo para la recepción de datos:

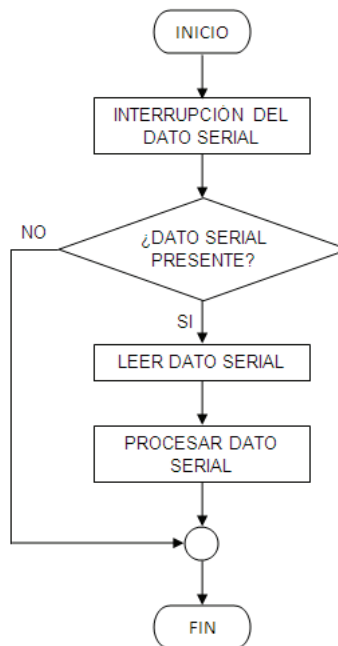


Figura 3-7.- Diagrama de flujo de recepción de datos en modo API

A continuación se indican las funciones de cada operación del diagrama de flujo.

#### Interrupción del dato serial

Deshabilitar la comunicación serial  
 Si dato serial presente  
     Leer dato serial  
 Caso contrario  
     Regresar de la interrupción

#### Fin de tarea

#### Leer dato serial

Adquirir datos en forma de vector  
 Agrupar datos  
 Calcular valor de checksum  
 Si checksum calculado es igual al recibido  
     Obtener trama de control  
 Si el byte final del dato es igual a "enter"  
     Procesar el dato  
 Caso contrario  
     Desechar el dato

#### Fin de tarea

#### Procesar dato serial

Adquirir la dirección de origen  
 Si la dirección de origen igual dirección del control central  
     Adquirir los tres bytes de control  
 Caso contrario  
     Desechar el dato

#### Fin de tarea

### 3.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE LOS MICROCONTROLADORES

#### 3.3.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR CENTRAL

El software a desarrollarse debe cumplir con las siguientes funciones:

- Controlar centralizadamente, mediante un microcontrolador ATmega128, los microcontroladores esclavos ATmega16.
- Enviar tramas de control desde el nodo central hacia los dispositivos terminales, en concordancia con él.

En la Figura 3-8 se muestra el diagrama de flujo del control central.

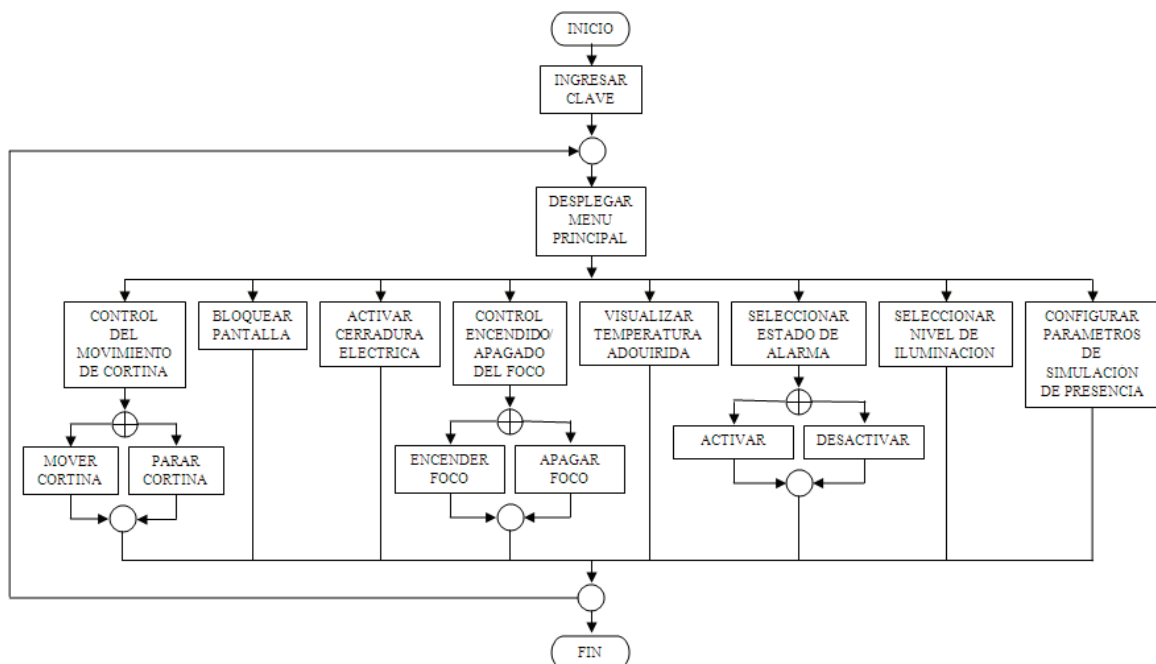


Figura 3-8.- Diagrama de flujo del control central

A continuación se describe en lenguaje estructurado el software de control central.

#### Inicialización

```

Configurar el microprocesador
Configurar el puerto UART
Configurar convertor A/D
Configurar los Temporizadores
  
```



Configurar los puertos como entradas y salidas  
 Declarar y dimensionar variables  
 Establecer parámetros iniciales

**Fin de tarea**

**Ingresar clave**

Ingresar clave  
 Si el sistema se enciende por primera vez  
     Almacenar clave  
     Ir al menú principal  
 Recuperar clave de memoria  
 Si la clave ingresada es igual a la clave recuperada  
     Ingresar al menú principal  
 Ir a ingresar la clave

**Fin de tarea**

**Desplegar menú principal**

Adquirir imágenes desde la base de datos en el microcontrolador  
 Ubicar posición de imagen  
 Desplegar imagen del menú principal

**Fin de tarea**

Una vez que se ingresa al menú principal, en la pantalla se muestran las opciones del sistema. La estructura de las funciones se describe con el siguiente lenguaje estructurado.

**Control del movimiento de cortina**

Desplegar submenú de control  
 Seleccionar dirección destino (My = 4)  
 Identificar tecla presionada en la pantalla táctil  
 Ir a control del motor

**Fin de tarea**

**Control del motor**

Si la acción es mover el motor para cerrar la cortina completamente  
     Enviar comando "000"  
 Si la acción es mover el motor para abrir la cortina completamente  
     Enviar comando "001"  
 Si la acción es mover el motor para abrir paso a paso la cortina  
     Enviar comando "002"  
 Si la acción es mover el motor para cerrar paso a paso la cortina  
     Enviar comando "003"  
 Si la acción es parar el motor  
     Enviar comando "004"  
 Si la acción es salir del submenú de control de movimiento de cortina  
     Desplegar menú principal

**Fin de tarea**

**Bloquear pantalla**

Identificar tecla presionada en la pantalla táctil  
 Desplegar pantalla bloqueada  
 Recuperar clave de memoria  
 Leer clave ingresada  
 Si la clave ingresada es igual a la clave recuperada  
     Desplegar menú principal  
 Caso contrario  
     Ir a Bloquear la pantalla

**Fin de tarea**

**Activar cerradura eléctrica**

Identificar tecla presionada en la pantalla táctil  
 Seleccionar dirección destino (My = 6)  
 Enviar comando "000" para activar la cerradura  
 Regresar a menú principal

**Fin de tarea**

**Control encendido/apagado del foco**

Desplegar submenú de control  
 Identificar tecla presionada en la pantalla táctil  
 Seleccionar dirección destino (My = 2)  
 Si la acción es encender el foco  
     Enviar comando "001"  
     Desplegar menú principal  
 Si la acción es apagar el foco  
     Enviar comando "000"  
     Desplegar menú principal

**Fin de tarea**

**Seleccionar estado de alarma**

Desplegar submenú de control  
 Identificar tecla presionada en la pantalla táctil  
 Seleccionar dirección de destino (My = 6)  
 Si la tecla que activa la alarma es presionada  
     Enviar comando de activación  
 Si la tecla que desactiva la alarma es presionada  
     Enviar comando de desactivación

**Fin de tarea**

**Desplegar temperatura adquirida**

Desplegar submenú de control  
 Habilitar el puerto UART  
 Enviar comando de petición de la temperatura  
  
 Si llegó dato de temperatura  
     Procesar dato de temperatura  
     Calcular posición de la barra de porcentaje  
     Ubicar posición de gráfico  
     Desplegar dato actual  
 Caso contrario  
     Desplegar temperatura anterior

**Fin de tarea**

**Seleccionar nivel de iluminación**

Desplegar submenú de control  
 Identificar la tecla presionada  
 Calcular el porcentaje de la barra  
 Crear la barra de porcentaje de iluminación  
 Seleccionar dirección destino (My = 3)  
 Formar la trama de datos  
 Enviar trama

**Fin de tarea**

**Configurar parámetros de simulación de presencia**

Desplegar submenú de configuración de parámetros  
 Ingresar parámetros de configuración (fecha/hora)  
  
 Si la tecla presionada indica parámetros ajustados  
     Guardar la configuración de fecha/hora  
     Ingresar al menú principal  
     Ejecutar la simulación de presencia en el tiempo configurado  
 Si la tecla presionada indica el retorno  
     Regresar al menú principal

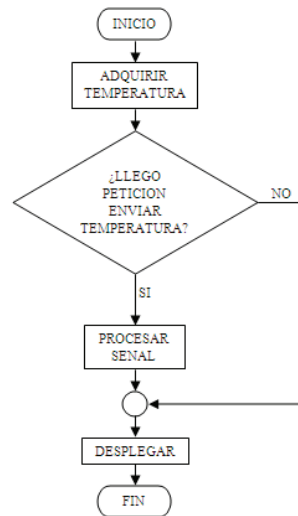
**Fin de tarea**

## 3.3.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE LOS MICROCONTROLADORES TERMINALES

### 3.3.2.1 Programación del microcontrolador Temperatura

El nodo de medición de temperatura transmite el valor de esta variable cuando el control central envía el comando de petición hacia el nodo terminal. Si el control central envía el comando para detener el envío de temperatura, la variable deja de ser transmitida.

La Figura 3-9 muestra el diagrama de flujo de medición de temperatura.



**Figura 3-9.- Diagrama de flujo de medición de temperatura**

#### **Inicialización**

Configurar el microcontrolador  
 Configurar el convertor A/D  
 Definir y dimensionar variables  
 Configurar los puertos como entradas y salidas

#### **Fin de tarea**

#### **Adquirir temperatura**

Adquirir el valor por el canal analógico A0 del microcontrolador

#### **Fin de tarea**

#### **Comprobar petición**

Si llegó petición de envío de temperatura  
 Ir a procesar la señal de temperatura  
 Ir a desplegar temperatura

#### **Fin de tarea**

#### **Procesar la señal de temperatura**

Escalar el valor digital de 0-1023 a valores de temperatura de 0°C a 100°C  
 Seleccionar la dirección destino (My = 1)  
 Formar la trama de datos  
 Enviar la trama

#### **Fin de tarea**

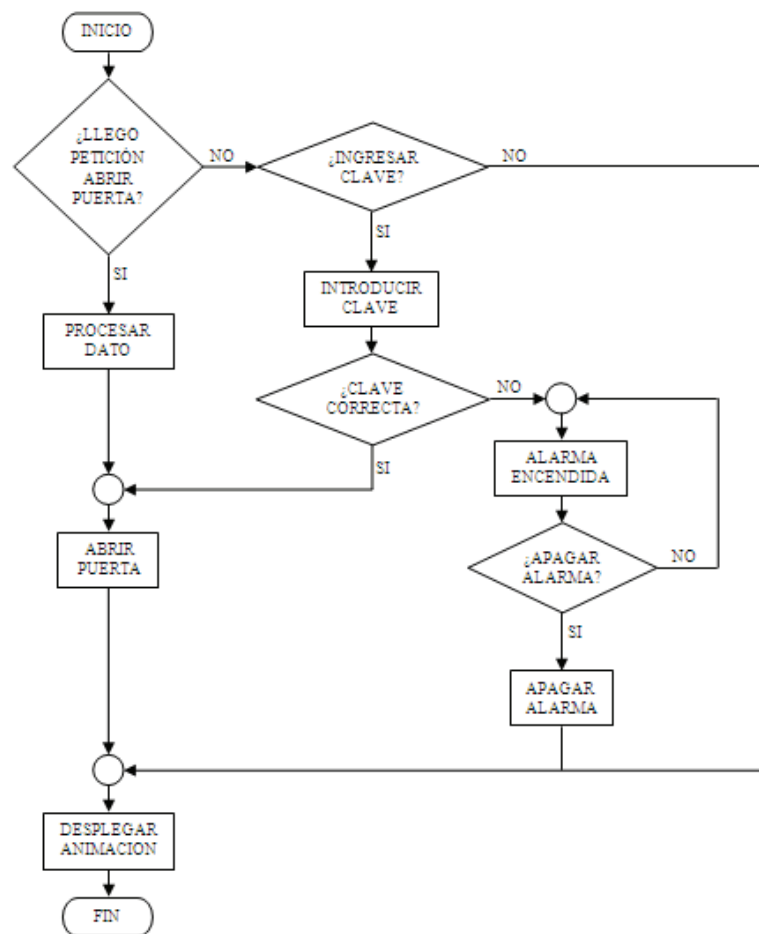
#### **Desplegar temperatura**

Identificar valor mínimo de temperatura  
 Identificar valor máximo de temperatura  
 Identificar valor actual de temperatura  
 Mostrar valores de temperatura

#### **Fin de tarea**

### **3.3.2.2 Programación del microcontrolador de Acceso**

La Figura 3-10 indica el diagrama de flujo de la lógica del sistema de acceso.



**Figura 3-10.- Diagrama de flujo del control de acceso**

#### **Inicialización**

Configurar el microcontrolador  
 Definir y dimensionar variables  
 Configurar los puertos como entradas y salidas

#### **Fin de tarea**

#### **Comprobar petición**

Si llegó petición abrir puerta  
 Ir a procesar dato  
 Si se ingresa clave  
 Ir a introducir clave  
 Ir a desplegar animación

#### **Fin de tarea**

#### **Procesar dato**

Ordenar los datos adquiridos  
 Leer comando  
 Si comando adquirido igual a comando almacenado  
 Ir a abrir puerta

#### **Fin de tarea**

#### **Abrir puerta**

Activar cerradura eléctrica

#### **Fin de tarea**

**Desplegar Animación**

Mostrar imagen uno  
 Esperar tiempo  
 Mostrar imagen dos  
 Esperar tiempo  
 Mostrar imagen tres  
 Esperar tiempo  
 Incrementar posición de imagen  
 Si posición de la imagen es igual a posición final  
     Posición de la imagen igual a posición inicial

**Fin de tarea****Introducir clave**

Ingresar dígitos por teclado matricial  
 Unir dígitos como clave de ingreso  
 Si clave de ingreso igual a clave almacenada  
     Ir a abrir puerta  
 Caso contrario  
     Ir a encender alarma

**Fin de tarea****Encender alarma**

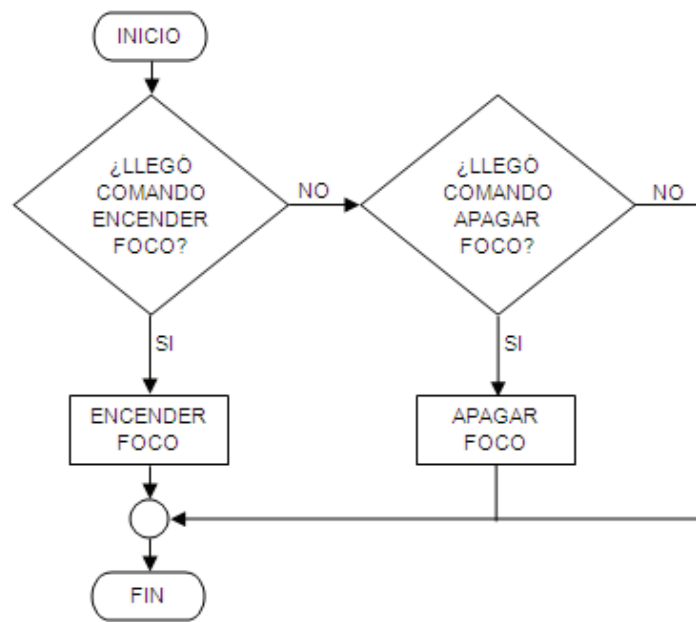
Generar señal digital de alarma  
 Si se apaga la alarma  
     Ir a apagar alarma  
 Ir a encender alarma

**Fin de tarea****Apagar alarma**

Inhibir señal digital de alarma  
 Regresar al menú principal

**Fin de tarea****3.3.2.3 Programación del microcontrolador de control encendido/apagado del Foco**

La estructura del programa indica las dos acciones de control (On/Off) sobre la lámpara incandescente, cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 3-11.



**Figura 3-11.- Diagrama de flujo de encendido/apagado del foco**

#### **Inicialización**

Configurar parámetros del microcontrolador  
 Configurar puertos como entradas o salidas  
 Crear y definir variables del programa

#### **Fin de tarea**

#### **Comprobar comando**

Si llegó comando encender foco  
 Ir a encender foco  
 Si llegó comando apagar foco  
 Ir a apagar foco

#### **Fin de tarea**

#### **Encender Foco**

Encender lámpara incandescente

#### **Fin de tarea**

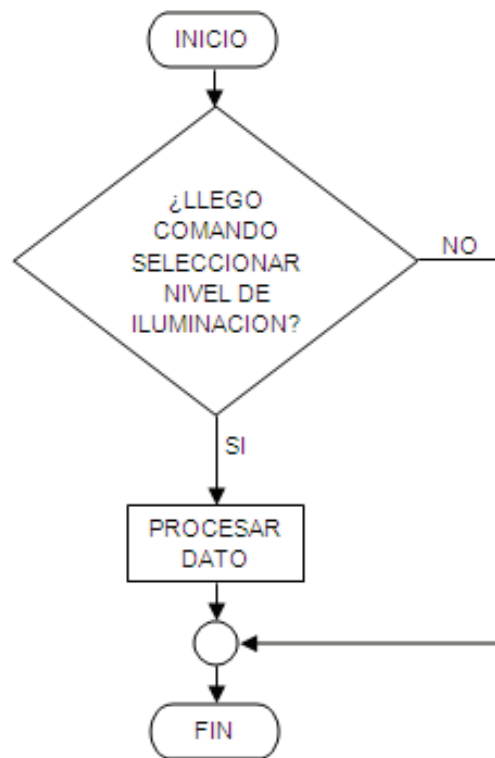
#### **Apagar Foco**

Apagar lámpara incandescente

#### **Fin de tarea**

### **3.3.2.4 Programación del microcontrolador Dimmer**

La Figura 3-12 muestra el diagrama de flujo del control dimmer en el foco incandescente.



**Figura 3-12.- Diagrama de flujo del control dimmer**

#### **Inicialización**

Configurar el microcontrolador  
 Configurar el Timer1  
 Declarar y dimensionar variables  
 Configurar la señal PWM

#### **Fin de tarea**

#### **Comprobar comando**

Si llegó comando "Seleccionar Nivel de Iluminación"  
 Ir a procesar dato

#### **Fin de tarea**

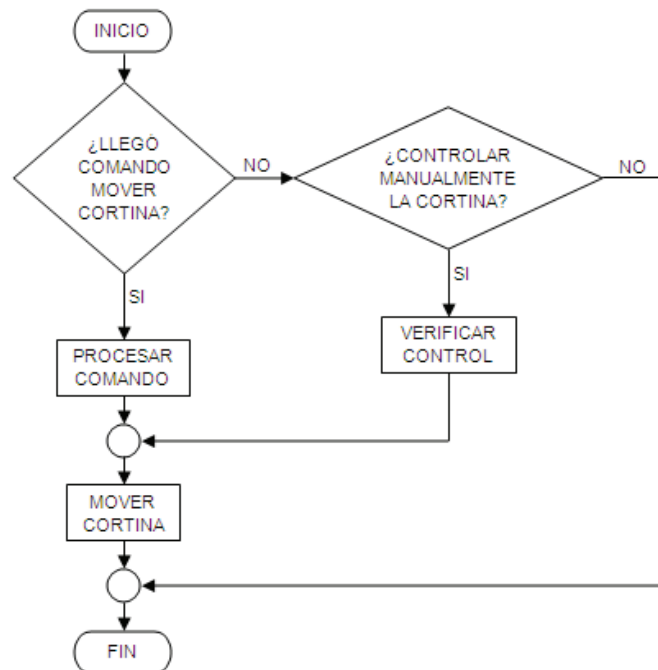
#### **Procesar dato**

Adquirir dato por el puerto UART  
 Escalar dato de 0 a 255  
 Cargar dato en el registro OCR0 del microcontrolador  
 Generar señal PWM

#### **Fin de tarea**

### **3.3.2.5 Programación del microcontrolador Cortina Motorizada**

El diagrama de flujo de la Figura 3-13, indica el proceso del movimiento del motor a pasos y su control, para abrir y cerrar la cortina de manera manual y remota.



**Figura 3-13.- Diagrama de flujo del control de cortina motorizada**

#### **Inicialización**

Configurar el microcontrolador  
Declarar y dimensionar variables

#### **Fin de tarea**

#### **Comprobar comando**

Si llegó comando "Mover Cortina"  
Ir a procesar comando  
Si se controla manualmente la cortina  
Ir a verificar control

#### **Fin de tarea**

#### **Procesar comando**

Adquirir dato  
Ordenar dato  
Adquirir comando  
Ir a mover cortina

#### **Fin de tarea**

#### **Mover cortina**

Identificar tipo de movimiento (mover o parar)  
Generar secuencia de giro

#### **Fin de tarea**

#### **Verificar control**

Identificar acción de pulsador  
Ir a mover cortina

#### **Fin de tarea**

### **3.4 DESARROLLO DE LA HMI [53]**

La HMI es una interfaz que permitirá al usuario interactuar con la pantalla táctil. En el menú principal de la interfaz se muestran cinco opciones, algunas de las opciones presentan submenús y otras no. A continuación se enumeran las alternativas en el menú principal:



- (1) Medición de temperatura
- (2) Apertura de puerta (acceso)
- (3) Control encendido/apagado del foco
- (4) Control Dimmer
- (5) Control movimiento de cortina

Otras opciones:

- (a) Bloqueo de pantalla
- (b) Control de Alarma
- (c) Ahorro de energía
- (d) Simulación de presencia

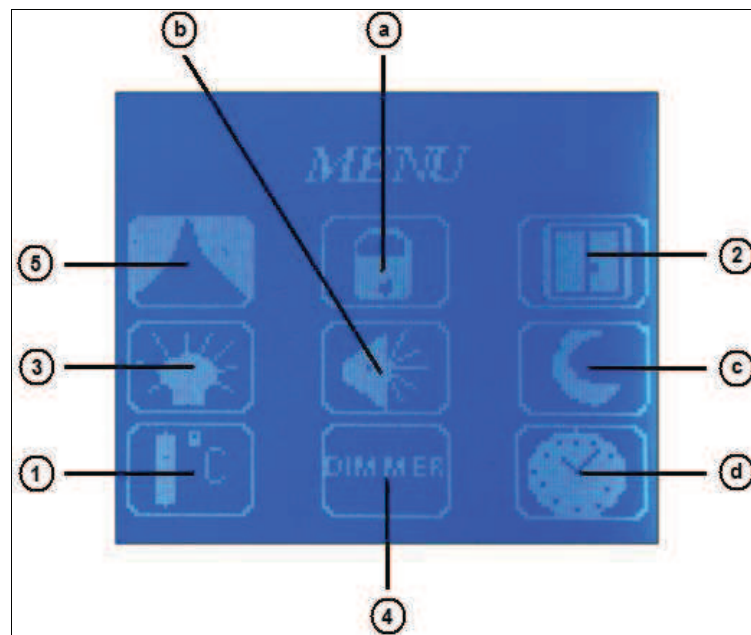


Figura 3-14.- Pantalla del Menú Principal

**(1) Botón Medición de Temperatura.-** Al presionar el botón, se despliega el valor de la temperatura en el submenú de la Figura 3-15. Para regresar al menú principal se presiona la tecla de retorno.



Figura 3-15.- Pantalla para Despliegue de Temperatura

**(2) Botón Apertura de Puerta.-** Activa la cerradura eléctrica.

**(3) Botón de encendido o apagado de foco.-** Ingresa al submenú en el que se elige la opción de encender o apagar el foco remotamente. La Figura 3-16 muestra el submenú de control.

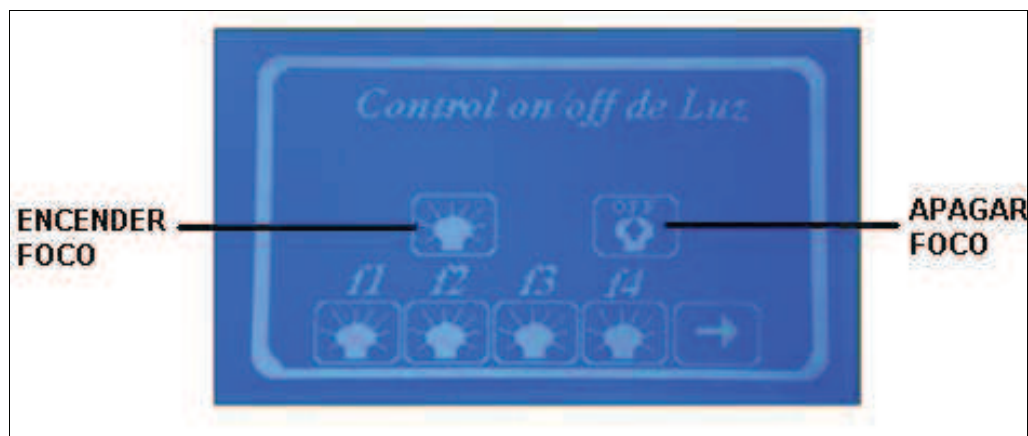


Figura 3-16.- Pantalla para Control On/Off

**(4) Botón Control Dimmer.-** Mediante esta opción se ingresa al submenú, como se muestra en la Figura 3-17. En esta pantalla se permite controlar la iluminación de la lámpara, presionando distintas áreas en la barra de control.

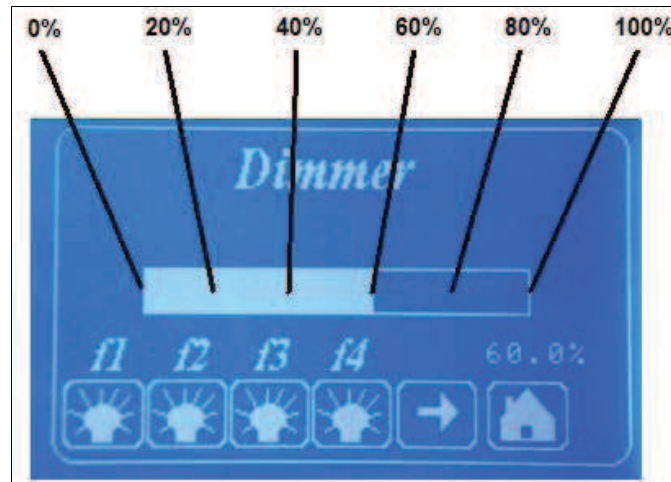


Figura 3-17.- Pantalla de Control Dimmer

(5) **Botón del Control Cortina.-** Ingresa al submenú mediante el cual se controla el movimiento del motor de la cortina, como se muestra en la Figura 3-18.

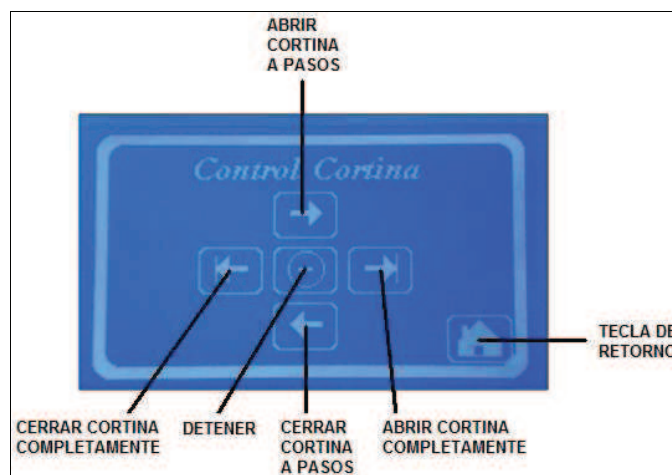


Figura 3-18.- Pantalla para el Control del Movimiento de Cortina

OTRAS OPCIONES:

(a) **Botón Bloqueo de Pantalla.-** Bloquea las funciones del sistema.



Figura 3-19.- Pantalla Bloqueada

(b) **Botón Ahorro de Energía.**- Evita que la batería de alimentación de este dispositivo se descargue en corto tiempo.

(c) **Botón Simulación de Presencia.**- Permite el ingreso de parámetros de configuración (fecha/hora), como se muestra en la Figura 3-20.

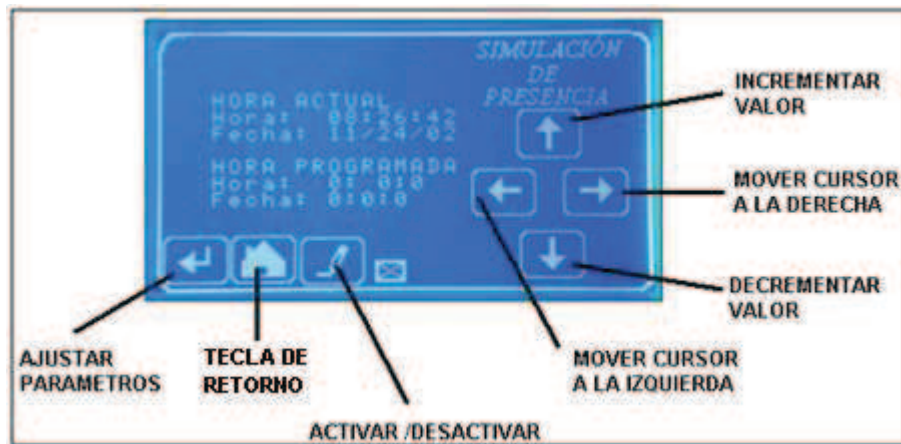


Figura 3-20.- Submenú para simulación de presencia

(d) **Botón Control de Alarma.**- Permite activar o desactivar la alarma del control de acceso. La Figura 3-21 muestra el submenú del control.



Figura 3-21.- Pantalla de control de activación de alarma

En este capítulo se ha desarrollado el software del sistema, en el siguiente capítulo se explican las pruebas de campo para observar el comportamiento del sistema bajo distintos factores.

## CAPÍTULO 4

### *Pruebas del Prototipo*

Este capítulo describe las pruebas que se diseñan para verificar el consumo de potencia de los dispositivos XBee, el alcance de los módulos XBee, interferencia con otros dispositivos de comunicación que operan en la misma banda de frecuencias, y la operación del sistema como tal.

#### **4.1 PRUEBA DE CONSUMO DE POTENCIA EN DISPOSITIVOS**

##### **XBEE**

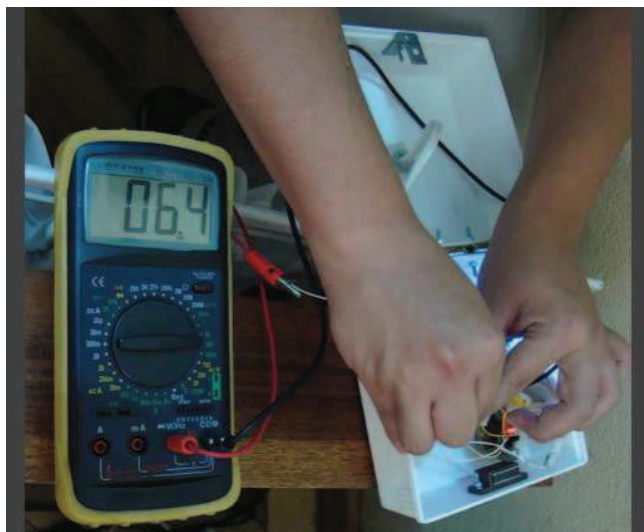
Los objetivos de esta prueba comprenden la medida y comparación del consumo de potencia de los dispositivos ZigBee, en los dos modos de operación: modo sleep y modo transmisión.

Para modo sleep se activa la opción de *end-device* en el dispositivo XBee de los módulos esclavos y la opción *coordinador* en el módulo maestro.

Para modo de transmisión se configuran a todos los nodos como coordinadores de la red.

Además se consideran las siguientes condiciones:

- El motor del nodo cortina permanece sin funcionamiento.
- Las iluminarias de los circuitos de control On/Off y Dimmer se hallan apagadas.
- La alarma y la cerradura eléctrica del circuito del control de acceso se desactivan.
- Todos los nodos cuentan con un LCD instalado cuyo backlight permanece encendido.
- Las mediciones se efectúan en los terminales de alimentación de la placa de control de cada uno de los nodos.



**Figura 4-1.- Medición del consumo de potencia**

En la Tabla 4-1 se muestran los voltajes y corrientes medidos y las potencias calculadas.

**Tabla 4-1.- Consumo de potencia DC**

		V (V)	I (mA)	P (W)
Nodo On/Off	Modo sleep	11,2	62,7	0,7
	Modo transmisión	10,6	124,9	1,3
Nodo Dimmer	Modo sleep	6,8	45,5	0,3
	Modo transmisión	6,4	93,3	0,6
Nodo Acceso	Modo sleep	12,2	160,0	2,0
	Modo transmisión	11,9	189,0	2,3
Nodo Cortina	Modo sleep	8,1	39,8	0,3
	Modo transmisión	7,8	97,1	0,8
Nodo Temperatura	Modo sleep	12,4	153,1	1,9
	Modo transmisión	11,9	200,0	2,4
Nodo Central	Modo transmisión y backlight apagado	11,8	190,0	2,2
	Modo transmisión y backlight encendido	11,8	270,0	3,2
Consumo Total	Potencia máxima de consumo	10,5 W		
	Potencia mínima de consumo	7,4 W		

La eficiencia en la potencia consumida por los módulos XBee se expresa en la Ecuación 4-1.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia en modo sleep}}{\text{Potencia en modo transmisión}}$$

Ec 4-1

El ahorro de potencia es:

$$Eficiencia = \frac{7,4W}{10,5W}$$

$$Eficiencia = 70,7\%$$

$$Ahorro = 29,3\%$$

El ahorro de energía es del 29,3%, el cual representa un valor importante en un sistema inalámbrico, si todos sus nodos son alimentados con baterías.

## 4.2 PRUEBA DE DISTANCIAS DE ALCANCE DE LOS MÓDULOS XBEE

Las especificaciones de los módulos XBee Serie 1, indican que la distancia para la comunicación entre dos dispositivos, puede alcanzar hasta 30 metros con línea de vista y de 10 metros sin línea de vista. [54]

El alcance de cobertura en la comunicación es probado en un domicilio rodeado de paredes gruesas y de piedra, en el sector del Centro Histórico de Quito. Durante esta prueba se encienden una licuadora y una lavadora, para verificar si se presenta algún tipo de perturbación electromagnética representativa.



Figura 4-2.- Prueba de distancia de alcance de los módulos XBee

Para esta prueba se consideran dos tipos de obstáculos: ventanas y paredes; también se verifica la comunicación, colocando los módulos en diferentes plantas del domicilio.

**Tabla 4-2.- Distancias máximas de comunicación**

Obstáculo	Distancia máxima (metros)
Libre	25,2
Ventana	16,2
Pared	9,0

**Tabla 4-3.- Comunicación entre plantas del domicilio**

Obstáculo	Comunicación
1 Planta	Normal
2 Planta	Interrumpida

Aunque las distancias de alcance de los dispositivos ZigBee XBee Serie1 son menores a los teóricos, la distancia registrada es aceptable tomando en cuenta que se trata de un prototipo de un sistema domótico. En el caso que se necesite mayor área de cobertura se puede implementar la red con routers XBee o con módulos ZigBee de mayor alcance.

La interferencia electromagnética de los artefactos que se utilizan para esta prueba no alteran la distancia normal de cobertura de los módulos XBee.

### **4.3 PRUEBAS DE INTERFERENCIA**

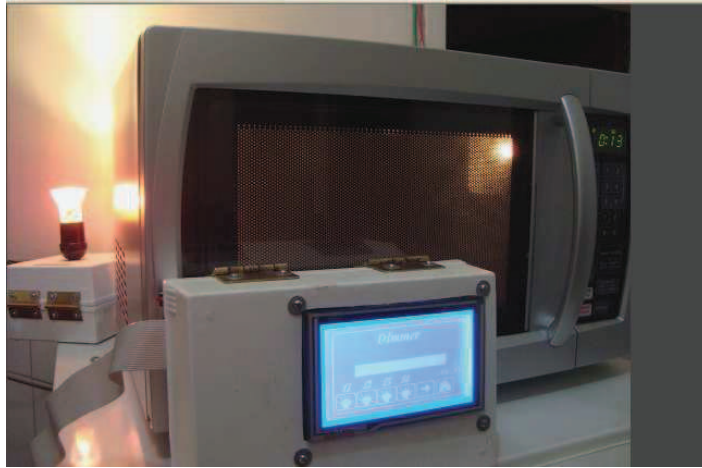
La comunicación con tecnología ZigBee y la mayoría de transmisiones inalámbricas utilizan la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz, por esta razón es necesario comprobar que la comunicación entre los módulos del sistema no sea interferida por otros aparatos inalámbricos.

Para esta prueba se conecta un horno de microondas, un teléfono celular con transmisión Bluetooth y un teléfono inalámbrico.

#### **4.3.1 PRUEBA DE INTERFERENCIA CON UN HORNO DE MICROONDAS**

En esta prueba se coloca el nodo central y el nodo Dimmer junto a un horno de microondas. Una vez que el horno se encuentra funcionando se inicia la comunicación entre los dos nodos mencionados.





**Figura 4-3.- Prueba de interferencia con el horno de microondas**

Como resultado de esta prueba no se presenta ningún problema en la transmisión de datos; sin embargo, se puede notar un tenue ruido en el horno de microondas producido por la distorsión armónica de corriente que genera el control Dimmer.

#### **4.3.2 PRUEBA DE INTERFERENCIA CON UN TELÉFONO CELULAR CON TRANSMISIÓN BLUETOOTH**

Para esta prueba se colocan dos teléfonos celulares junto al nodo central y el nodo Dimmer. Después se inicia una transferencia de archivos vía Bluetooth entre los teléfonos, mientras se realiza la comunicación entre los nodos.



**Figura 4-4.- Prueba de interferencia con Bluetooth**

La comunicación de los nodos del sistema se realiza de manera satisfactoria, debido a que no se presenta ningún tipo de interferencia.

#### 4.3.3 PRUEBA DE INTERFERENCIA CON UN TELÉFONO INALÁMBRICO

Para esta prueba se emplea un teléfono inalámbrico y su base, el mando central y el nodo Dimmer. La comunicación se realiza entre el teléfono y la base, y al mismo tiempo se controla al nodo dimmer desde el nodo central.



Figura 4-5.- Prueba de interferencia con el teléfono inalámbrico

Como resultado no se produce interferencia entre la comunicación de los nodos del sistema domótico.

#### 4.4 PRUEBA GENERAL DEL PROTOTIPO

El objetivo de esta prueba es verificar si el sistema trabaja enviando comandos, desde el control central hacia los nodos esclavos y desde el nodo de temperatura hacia el central para varios comandos de control.



**Figura 4-6.- Prueba general del prototipo**

Se envían 30 comandos de control, desde el sistema central a cada uno de los nodos y estos responden de la siguiente manera:

**Tabla 4-4.- Tabla de estado éxito/falla de envío de comandos**

Nodo Origen	Nodo Destino	Número de comandos enviados	Intentos con Éxitos	Intentos Fallidos
Temperatura	Central	30	30	0
Central	Acceso	30	28	2
Central	On/Off	30	27	3
Central	Dimmer	30	27	3
Central	Cortina Motorizada	30	28	2

De los resultados obtenidos en la Tabla 4-4 se puede observar que los nodos esclavos no responden a todos los comandos enviados desde el nodo central, mientras que no se produce ningún error cuando se envían los datos desde el nodo medición de temperatura hacia el central.

De estos resultados se deduce que el problema en el envío de comandos, radica en el control de la pantalla táctil, debido a que el posicionamiento de la imagen en la pantalla no concuerda exactamente con las celdas de la lámina y da la apariencia de que se ha presionado el botón de control para el envío del comando, cuando en realidad se presiona un botón o área distinta a la mostrada.

Finalizadas las pruebas de consumo de potencia, distancia de alcance e interferencia, se comprueba la validez de la comunicación ZigBee y del prototipo, debido a que trabaja de manera apropiada en ambientes exigentes.



## CAPÍTULO 5

# ***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES***



### **5.1 CONCLUSIONES**

De los resultados de las pruebas se pueden extraer las conclusiones siguientes:


#### **5.1.1 CONCLUSIONES GENERALES**

-  De acuerdo a las pruebas de campo realizadas, se puede comprobar que el prototipo funciona con normalidad, cumpliendo con todos los objetivos planteados en el diseño y construcción del sistema domótico.
-  Durante la realización de este proyecto se comprueba el uso apropiado del estándar IEEE 802.15.4 ZigBee para aplicaciones domóticas que requieren comunicaciones seguras, fiables, baja tasa de transmisión de datos y larga vida útil de baterías.

#### **5.1.2 CONCLUSIONES DE LOS NODOS DE LA RED**

-  Refiriéndose al 29.3% de ahorro de energía calculado en el Capítulo 4, se concluye que los módulos ZigBee son apropiados para aplicaciones domóticas, ya que tienen un bajo consumo de potencia mientras permanecen en modo sleep.
-  El tráfico de la red es mínimo, ya que la transmisión de datos o acciones de control se realizan bajo petición. El nodo de medición de temperatura transmite la mayor cantidad de bytes/s, debido a que el sensor de este nodo mide y transmite la temperatura constantemente.

#### **5.1.3 CONCLUSIONES DE LOS MÓDULOS ZIGBEE**

-  La comunicación con tecnología ZigBee resulta ideal para un sistema domótico, su característica inalámbrica evita una instalación que dañe la estética de la vivienda.

- ❏ Los módulos de comunicación ZigBee no presentan interferencia con otros artefactos que trabajan en la misma banda de frecuencias de 2.4 GHz, como hornos de microondas, teléfonos inalámbricos y teléfonos celulares con transmisión Bluetooth.
- ❏ La red del prototipo consta de un dispositivo coordinador y de varios dispositivos finales; sin embargo, la red puede ser conformada sin el dispositivo coordinador, con la desventaja de que todos los módulos tendrían que transmitir todo el tiempo y como consecuencia consumir mayor cantidad de energía.
- ❏ El alcance de cobertura de la comunicación especificado en las características técnicas de los módulos XBee Serie 1 es 30 metros con línea de vista, el alcance puede aumentar empleando módulos XBee Serie 2 de mayor potencia o routers ZigBee.

#### **5.1.4 CONCLUSIONES DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO**

- ❏ La arquitectura de los nodos del prototipo construido tiene la siguiente estructura: un sensor o actuador, un acondicionador, un microcontrolador y un módulo ZigBee, de esta forma se facilita la implementación de la red con topología estrella, manteniendo uniformidad en los nodos del sistema.
- ❏ Para la alimentación de los elementos de los nodos de la red se utilizan fuentes prefabricadas. Adicionalmente, el mando central cuenta con una batería recargable, con el objetivo de que el usuario pueda movilizarse mientras controla los nodos del sistema.
- ❏ Para el diseño del hardware se considera que los sensores generan un error en la señal de salida, debido a su construcción o a los materiales con los que son fabricados, por lo que se incluyen filtros en el hardware del prototipo para corregir este problema.

#### **5.1.5 CONCLUSIONES DEL SOFTWARE DEL PROTOTIPO**

- ❏ Para la transmisión de datos desde los módulos ZigBee es necesario crear la trama API en cada uno de los microcontroladores para el envío de datos de manera direccionada.

- ☒ La interfaz creada en la pantalla gráfica permite interactuar al usuario de manera amigable, en la cual se despliegan íconos para el control de cada uno de los nodos de la red.

### 5.1.6 CONCLUSIONES DE LA PANTALLA TÁCTIL

- ☒ La velocidad de procesamiento de las imágenes desplegadas en el GLCD y la precisión para seleccionar las celdas de la lámina táctil, dependen de las características y funciones que presente el microcontrolador.
- ☒ Debido a que la pantalla táctil está en contacto directo con el medio exterior y con el usuario, ésta debe ser resistente a condiciones de operación desfavorables; sin embargo, el dispositivo que se utiliza en este proyecto se manipula con cautela.

## 5.2 RECOMENDACIONES


De la experiencia adquirida durante la ejecución de este proyecto se pueden extraer las recomendaciones siguientes:

- ☒ Para manejar correctamente la pantalla táctil se debe mantener el puntero en la posición escogida durante un corto tiempo, el retardo en la operación es necesario para que el microcontrolador realice las instrucciones requeridas.
- ☒ En el control dimmer se recomienda utilizar lámparas de tipo incandescente que consuman una potencia máxima de 100 W, y no iluminarias que utilicen balastro u otra técnica similar, como es el caso de los focos ahorradores.
- ☒ Se recomienda reemplazar la regulación de la fuente de alimentación del circuito del nodo central por una fuente switching, para reducir el consumo de energía y a su vez incrementar el tiempo de autonomía de la batería.
- ☒ Se recomienda emplear únicamente módulos de comunicación XBee, debido a que los microcontroladores responden exclusivamente al protocolo de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4.
- ☒ Se recomienda utilizar un respaldo de energía (UPS) y protecciones en los nodos cuya alimentación es la red eléctrica.


- ✎ Se recomienda incrementar opciones de control y figuras en la pantalla táctil, ya que la memoria flash del microcontrolador está utilizada en un 60%.
- ✎ Se recomienda mejorar la velocidad del motor a pasos, que se utiliza en el control de cortina, disminuyendo los tiempos de secuencia de giro.
- ✎ Se recomienda mejorar el modo de ingreso de fecha y hora en el submenú de simulación de presencia, para que éste sea más amigable al usuario.


# *REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS*


## **LIBROS:**


 Randall KNichols/Panos C. Lekkas, “Seguridad para comunicaciones inalámbricas”, McGraw-Hill, España 2003.


## **TESIS:**

 ACOSTA M. C., “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 “Bluetooth””, Quito, 2006.

 CÁCERES P. Z., ORDÓÑEZ D. E., “Desarrollo de un sistema de control de residencias inteligentes usando telefonía móvil”, Quito, 2008.

 MORENO C. V., “Construcción de una red ZigBee prototipo para la adquisición de datos desde transmisores de corriente de dos hilos”, Quito, marzo 2009.

 NAVARRETE J. L., “Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica”, Quito, 2005.

 REINOSO E. S., “Diseño e implementación de un prototipo para una red de domótica y seguridad para un hogar utilizando el estándar IEEE 802.15.4 “ZigBee””, Quito, noviembre 2008.

## **PÁGINAS WEB:**

[1] Thomas Technology, “Domótica”, WordPress, 2008

<http://arubad.wordpress.com/2008/08/16/domotica/>

[2] Wikipedia, “Domótica”, Wikipedia, 2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/Domótica>



[3] Wikipedia, "IEEE 802.11", Wikipedia, 2009

[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

[4] Mouse Digital, "Diccionario Wi-Fi", Mouse Digital, 2006

<http://www.mouse.cl/2006/taller/06/16/03.asp>

[5] Ídem [4]

[6] IEEE, "Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)", IEEE, 2001

<http://www.ieee802.org/15/about.html>

[7] IEEE, "IEEE 802.15.1", IEEE, 2003

<http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html>

[8] IEEE, "IEEE 802.15.4 WPAN-LR Task Group", IEEE, 2002

<http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

[9] LEE J. S., SU Y. W., SHEN C. C., "A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee and Wi-Fi", Industrial Technology Research Institute (ITRI), 2007

[http://w3.nctu.edu.tw/users/u8812812/WWW/jslee\\_ieeeIECON07.pdf](http://w3.nctu.edu.tw/users/u8812812/WWW/jslee_ieeeIECON07.pdf)

[10] Ídem [9]

[11] Wikipedia, "ZigBee", Wikipedia, 2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[12] ZigBee Alliance, "Our Members", ZigBee Alliance, 2009

<http://www.zigbee.org/About/OurMembers/tabid/191/Default.aspx>

[13] Ídem [12]

[14] Ídem [11]

[15] ORTEGA C. A., ROQUE D., UBEDA L., "Zigbee: El nuevo estándar global para la domótica e inmótica", Monografías.com, 2008

<http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>

[16] Wikipedia, "ZigBee", Wikipedia, 2009

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[17] Wikipedia, "Danza de la abeja", Wikipedia, 2009

[http://es.wikipedia.org/wiki/Danza\\_de\\_la\\_abeja](http://es.wikipedia.org/wiki/Danza_de_la_abeja)

[18] VALVERDE J., "El Estándar Inalámbrico ZigBee", Universidad Nacional de Trujillo, 2007

<http://www.seccperu.org/files/ZigBee.pdf>

[19] Ídem [18]

[20] SINEM C., "Zigbee/IEEE 802.15.4 Summary", Ergen, 2004

<http://www.sinemergen.com/zigbee.pdf>

[21] Ídem [20]

[22] Software Technologies Group, "Types of ZigBee Networks", Software Technologies Group Inc., 1993-2009

[http://www.stg.com/wireless/ZigBee\\_netw.html](http://www.stg.com/wireless/ZigBee_netw.html)

[23] Ídem [22]

[24] Ídem [22]

[25] Ídem [22]

[26] ARCHUNDIA F., "El estándar IEEE 802.15.4", Universidad de las Américas Puebla, 2009

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/archundia\\_p\\_fm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo4.pdf)

[27] JAMIESON PHIL, "Introduction to the ZigBee Application Framework", ZigBee Alliance, 2006

[http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop\\_download.asp?contentID=9437](http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=9437)

[28] Ídem [20]

[29] Ídem [18]

[30] Wikipedia, "Pantalla táctil", Wikipedia, 2009

[http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla\\_táctil](http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_táctil)

[31] 3D Matrix Vision, "Touch Screen LCD", 3D Matrix Vision Corp., 1997-2007

[http://www.lcdshow.com/3\\_TouthScreen\\_LCD/6.4\\_Touchscreen\\_VGA\\_LCD/6\\_4\\_vga\\_touch\\_screen\\_lcd.htm](http://www.lcdshow.com/3_TouthScreen_LCD/6.4_Touchscreen_VGA_LCD/6_4_vga_touch_screen_lcd.htm)

[32] Wikipedia, "Capacitive Touch Screen", Wikipedia, 2009

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TouchScreen\\_capacitive.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TouchScreen_capacitive.svg)

[33] Idem [11]

[34] Idem [11]

[35] Electronics-Lab.com, "Electronics\_Lab.com Blog", Electronics-Lab.com, 2007

<http://www.electronics-lab.com/blog/?p=142>

[36] China Global Trader, "Atmel Integrated Circuits Manufacturer exporting direct from China", China Global Trader, 2009

<https://chinainportexport.wikispaces.com/Sell+ATmega16-16PU+ATmega16-16PI+ATmega16+AVR+%E5%8D%95%E7%89%87%E6%9C%BA+ATMEL+Integrated+Circuits+Manufacturer+exporting+direct+from+China>

[37] RIVAMAR A., "Enlaces para conocer el Kit de desarrollo Zigbee de Digi", SabeTecnología, 2009

<http://sabetecnologia.blogspot.com/2009/05/videos-para-conocer-el-kit-de.html>

[38] Anexo C.4

[39] Anexo C.1

[40] Anexo C.3

[41] Ídem [39]

[42] Ídem [38]

[43] Ídem [38]

[44] Anexo C.8

[45] SCHWARTZ KEN, "Electronic Thermometers for Brewers", HBD, 1996

<http://hbd.org/mtippin/thermometer.html>

[46] Wikipedia, "Amplificador operacional", Wikipedia, 2009

[http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)

[47] Ídem [46]

[48] Ídem [46]

[49] Anexo C.6

[50] Anexo C.7

[51] Digi, "Diagnostics, Utilities and MIBs", Digi, 1996-2009

<http://www.digi.com/support/productdetl.jsp?pid=3352&osvid=57&tp=5&s=316>

[52] Ídem [38]

[53] Evert Dekker, "LCD display with touchscreen and AVR", MCS Electronics, 2009

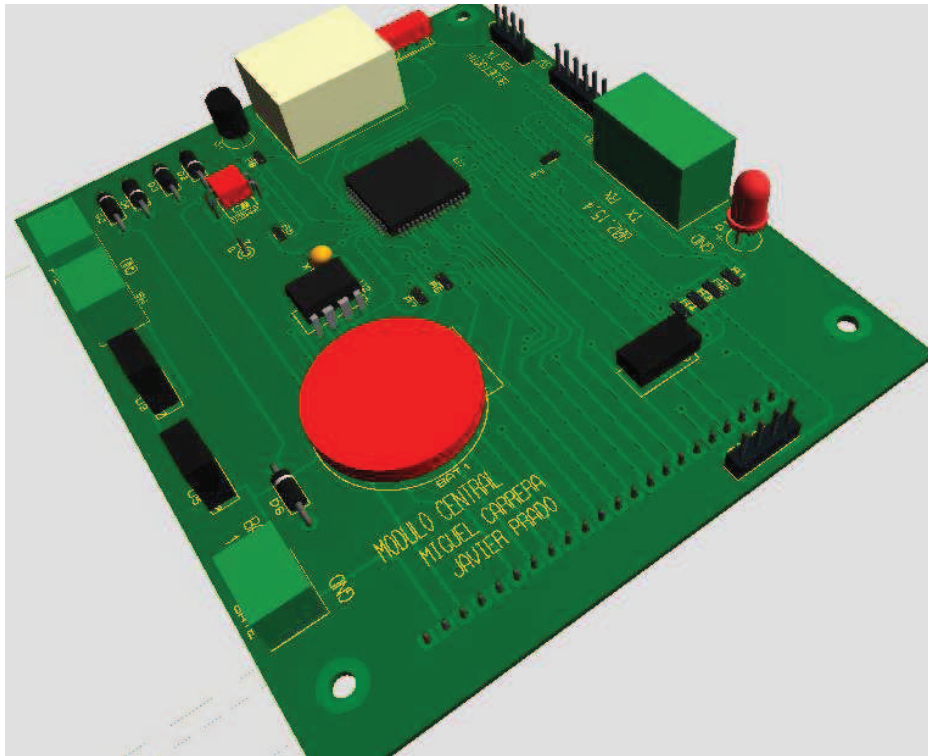
[http://www.mcselec.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=189&Itemid=57](http://www.mcselec.com/index.php?option=com_content&task=view&id=189&Itemid=57)

[54] Jamie Furness, "¿Tiene futuro ZigBee?", Farnell, 2008

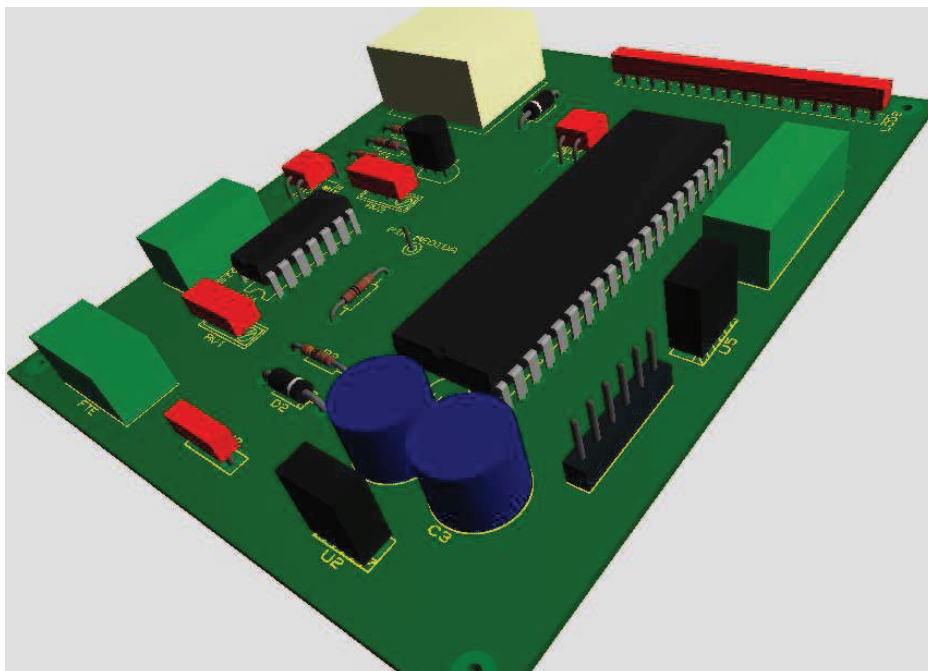
<http://www.redeweb.com/txt/640/80.pdf>

# ANEXOS

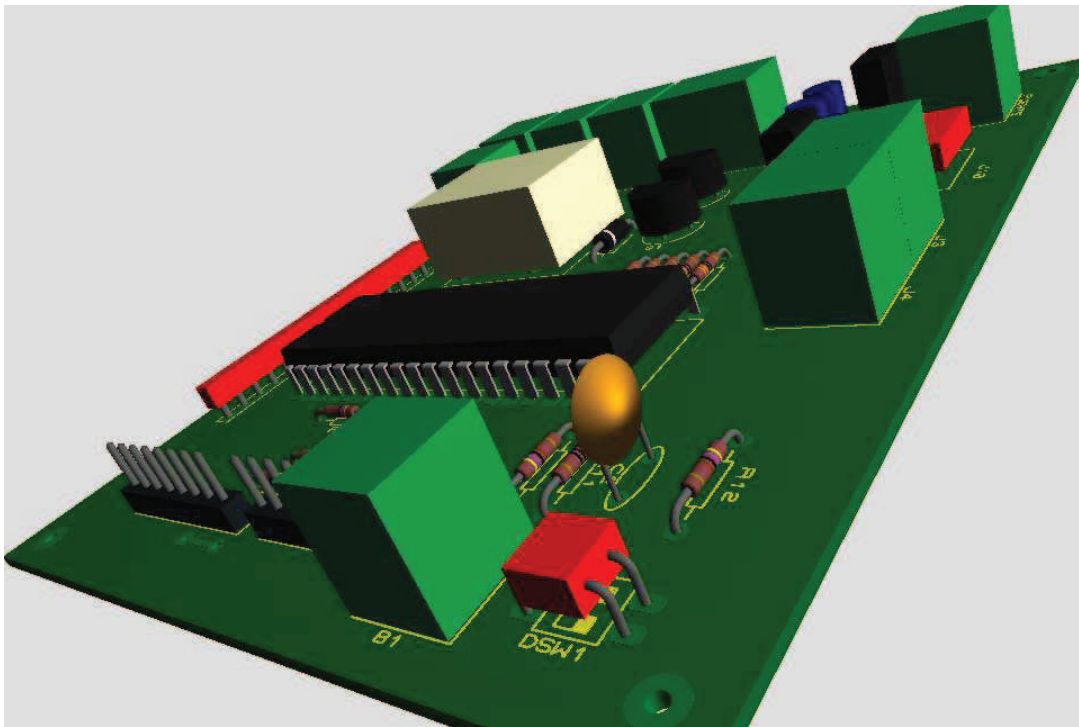
## A.1 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DEL NODO CENTRAL



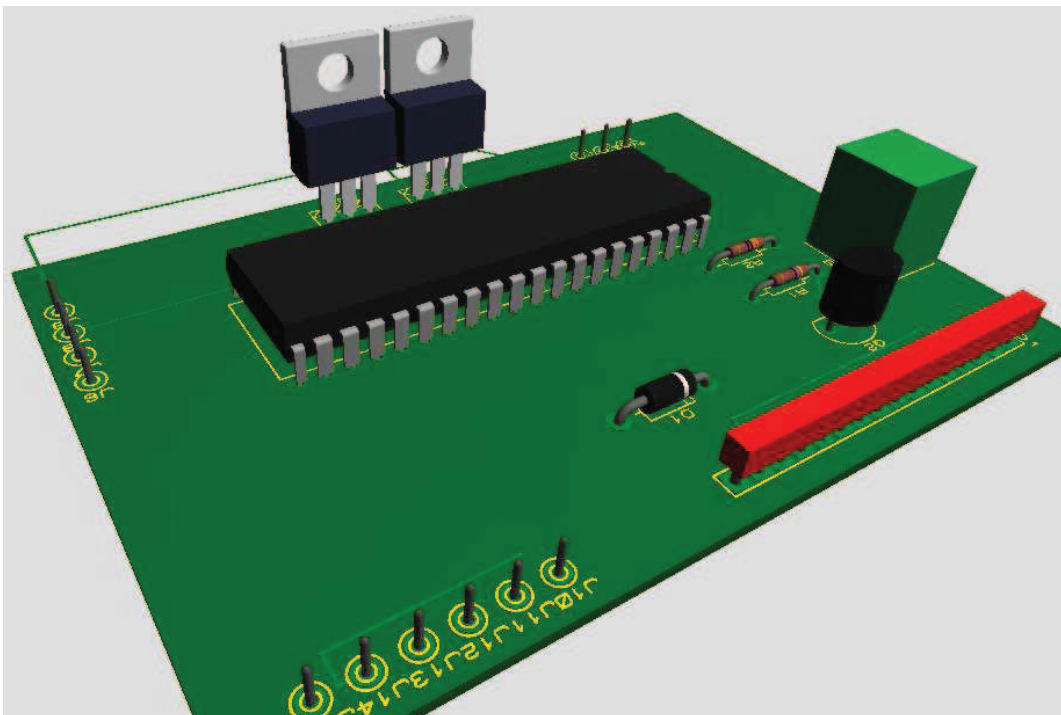
## A.2 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DEL NODO TEMPERATURA



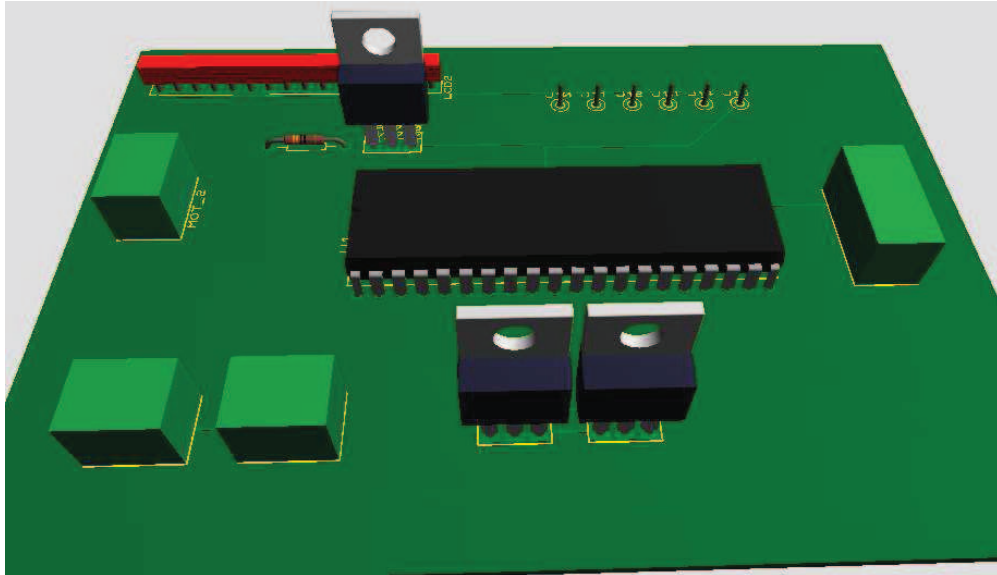
### A.3 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE CONTROL DE ACCESO



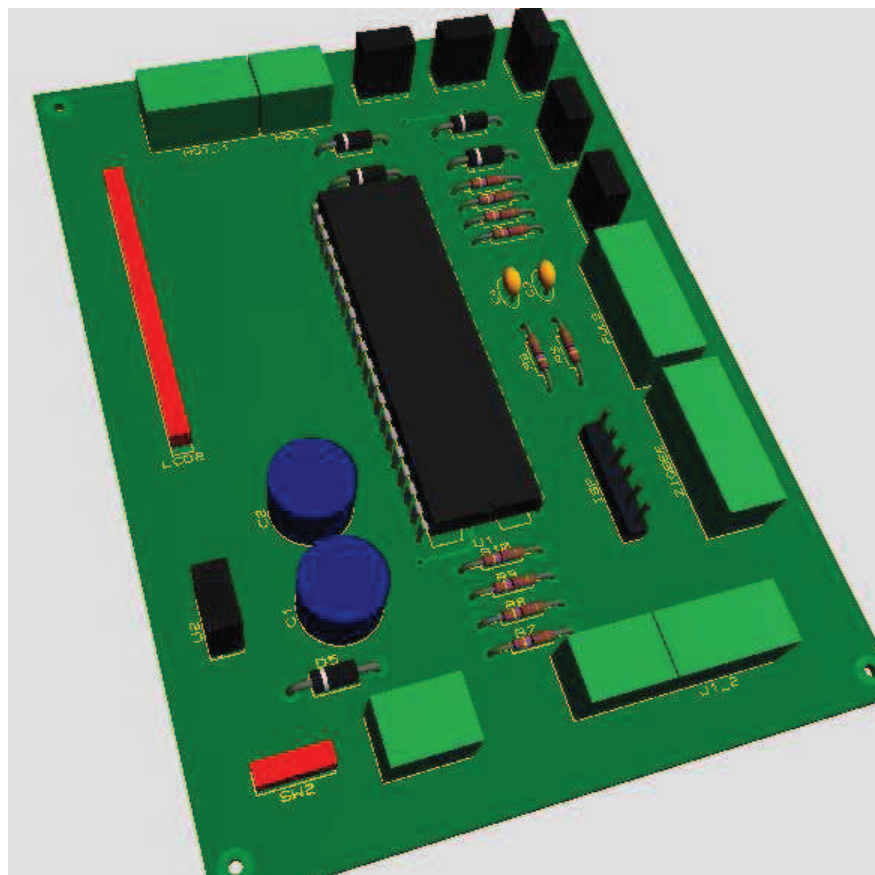
### A.4 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DEL CONTROL ON/OFF



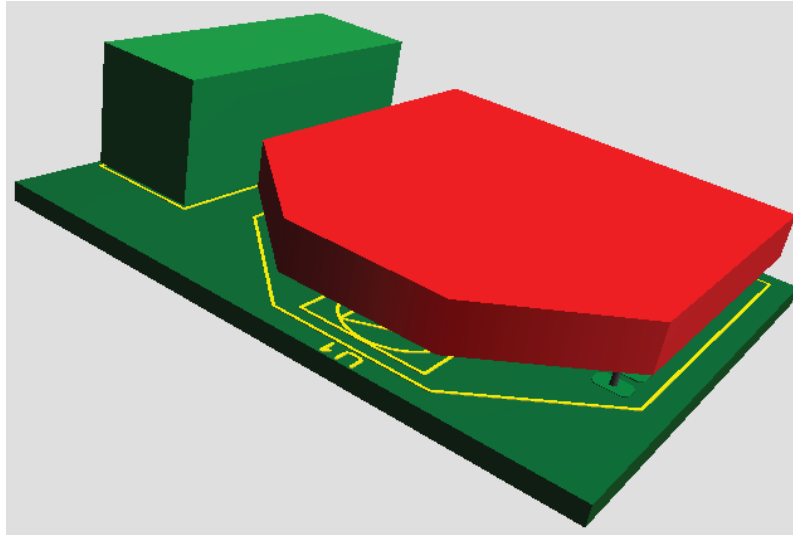
### A.5 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DEL CONTROL DIMMER



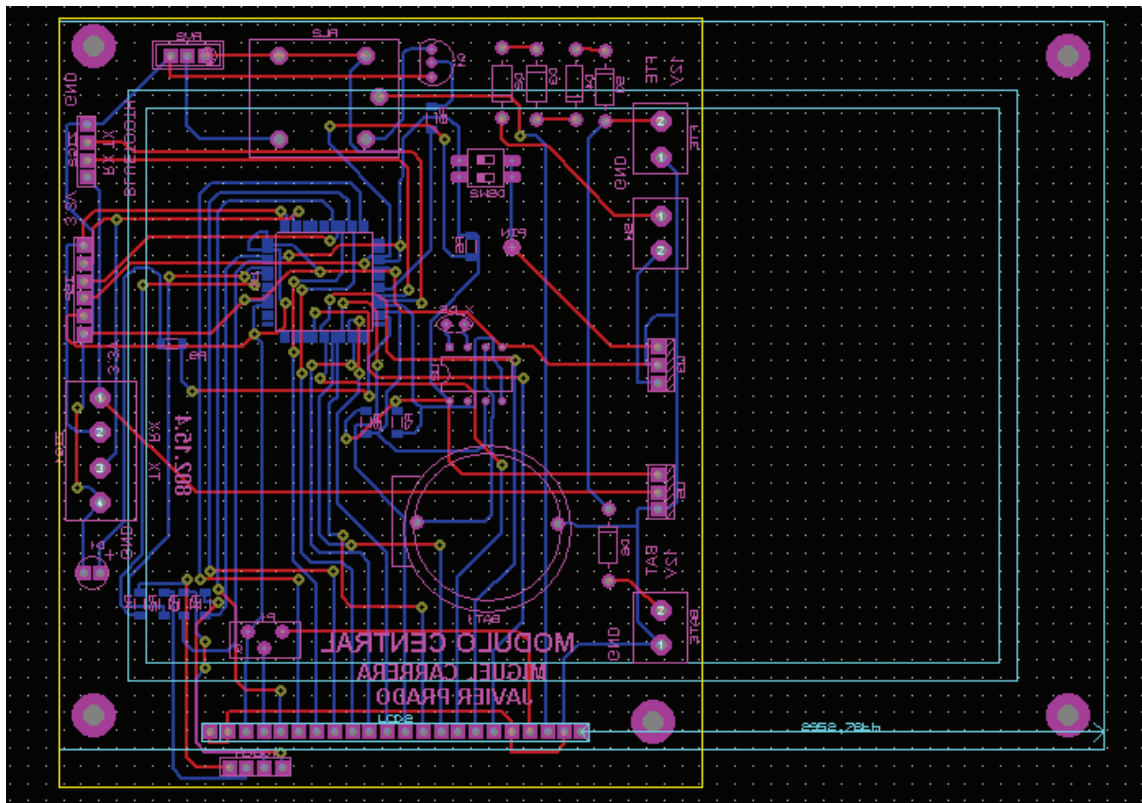
### A.6 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DEL CONTROL DE CORTINA MOTORIZADA



## A.7 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL MÓDULO XBEE

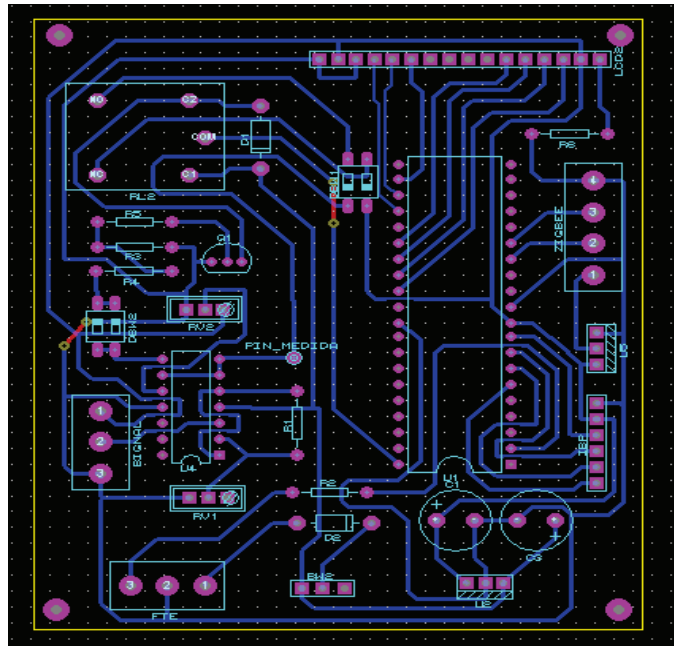


## B.1 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL NODO CENTRAL

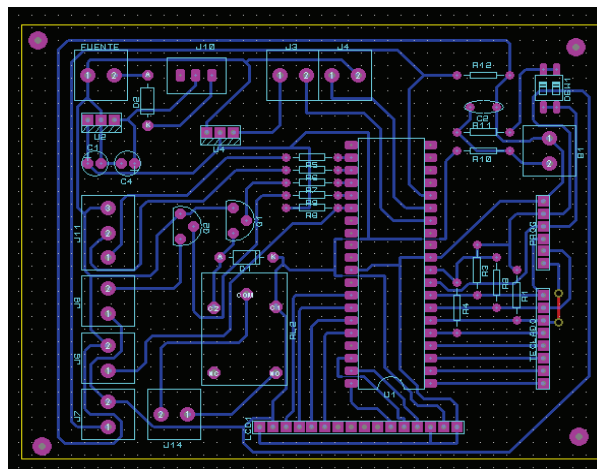




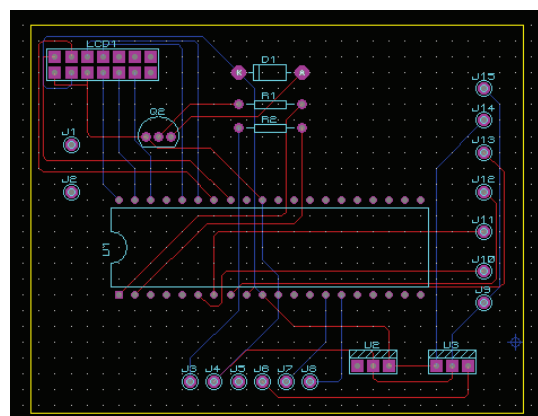
## B.2 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL NODO TEMPERATURA



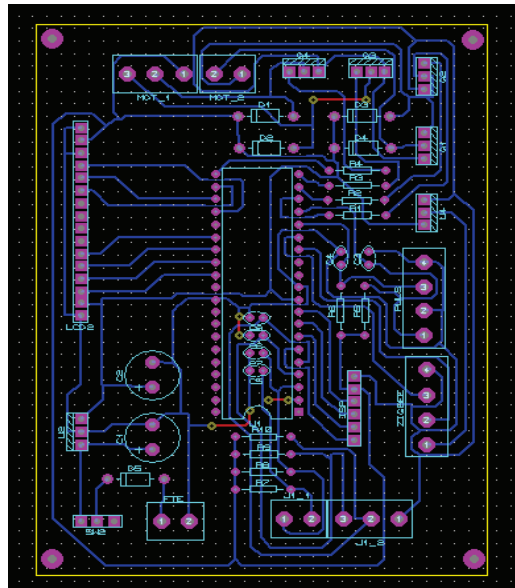
## B.3 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL CONTROL DE ACCESO



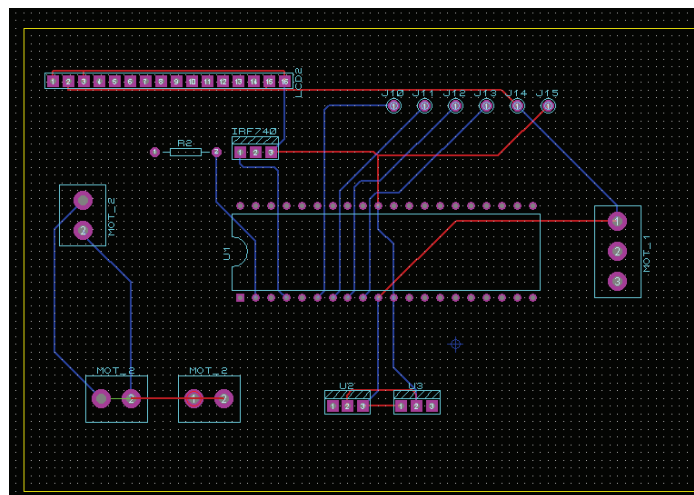
## B.4 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL CONTROL ON/OFF



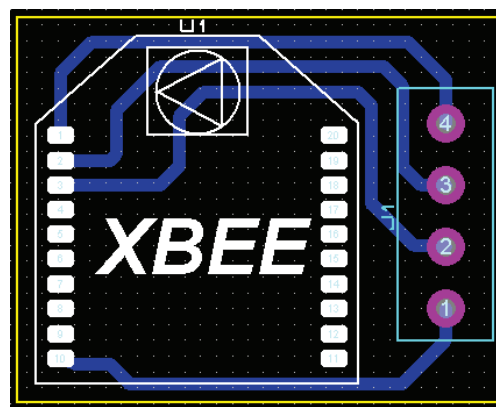
## B.5 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL CONTROL DE CORTINA MOTORIZADA



## B.6 RUTEADO DEL CIRCUITO DEL CONTROL DIMMER



## B.7 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL MÓDULO XBEE



## C.1 CARACTERISTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA128

### Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 128K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 4K Bytes EEPROM
  - 4K Bytes Internal SRAM
  - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
  - Programming Lock for Software Security
  - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines
  - 64-lead TQFP and 64-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V ATmega128L
  - 4.5 - 5.5V ATmega128
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz ATmega128L
  - 0 - 16 MHz ATmega128



8-bit **AVR<sup>®</sup>**  
Microcontroller  
with 128K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega128  
ATmega128L

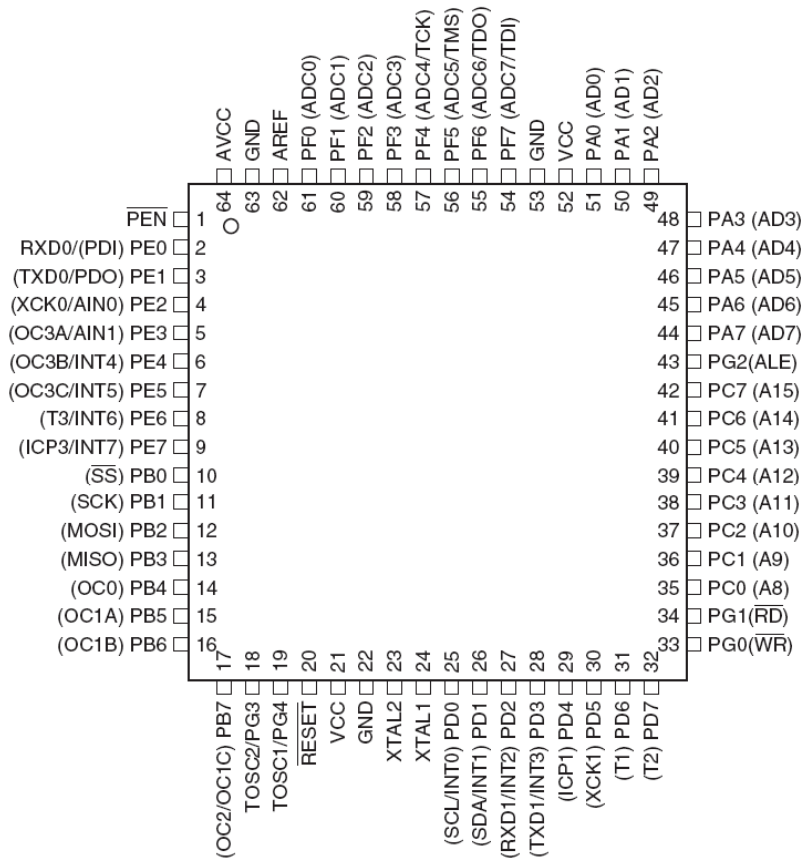
Rev. 2467R-AVR-06/06





## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega128



Note: The Pinout figure applies to both TQFP and MLF packages. The bottom pad under the QFN/MLF package should be soldered to ground.

## Overview

The ATmega128 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## C.2 CARACTERISTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA16/64

### Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 64K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 2K Bytes EEPROM
  - 4K Bytes Internal SRAM
  - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM<sup>(1)(3)</sup>
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(2)(3)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
    - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - One Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Speed Grades
  - ATmega644V: 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
  - ATmega644: 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for
  - Active: 240 µA @ 1.8V, 1MHz
  - Power-down Mode: 0.1 µA @ 1.8V

Notes: 1. Worst case temperature. Guaranteed after last write cycle.  
 2. Failure rate less than 1 ppm.  
 3. Characterized through accelerated tests.



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 64K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega644/V**

**Preliminary**

**Summary**

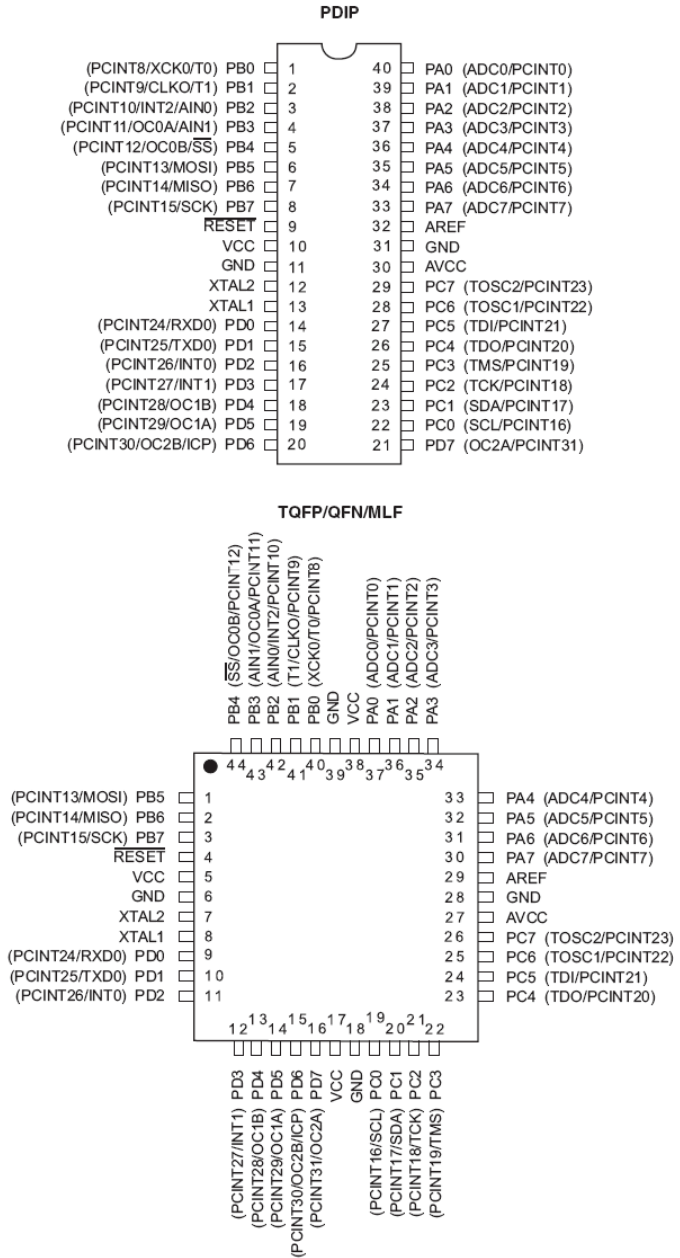
2593MS-AVR-08/07





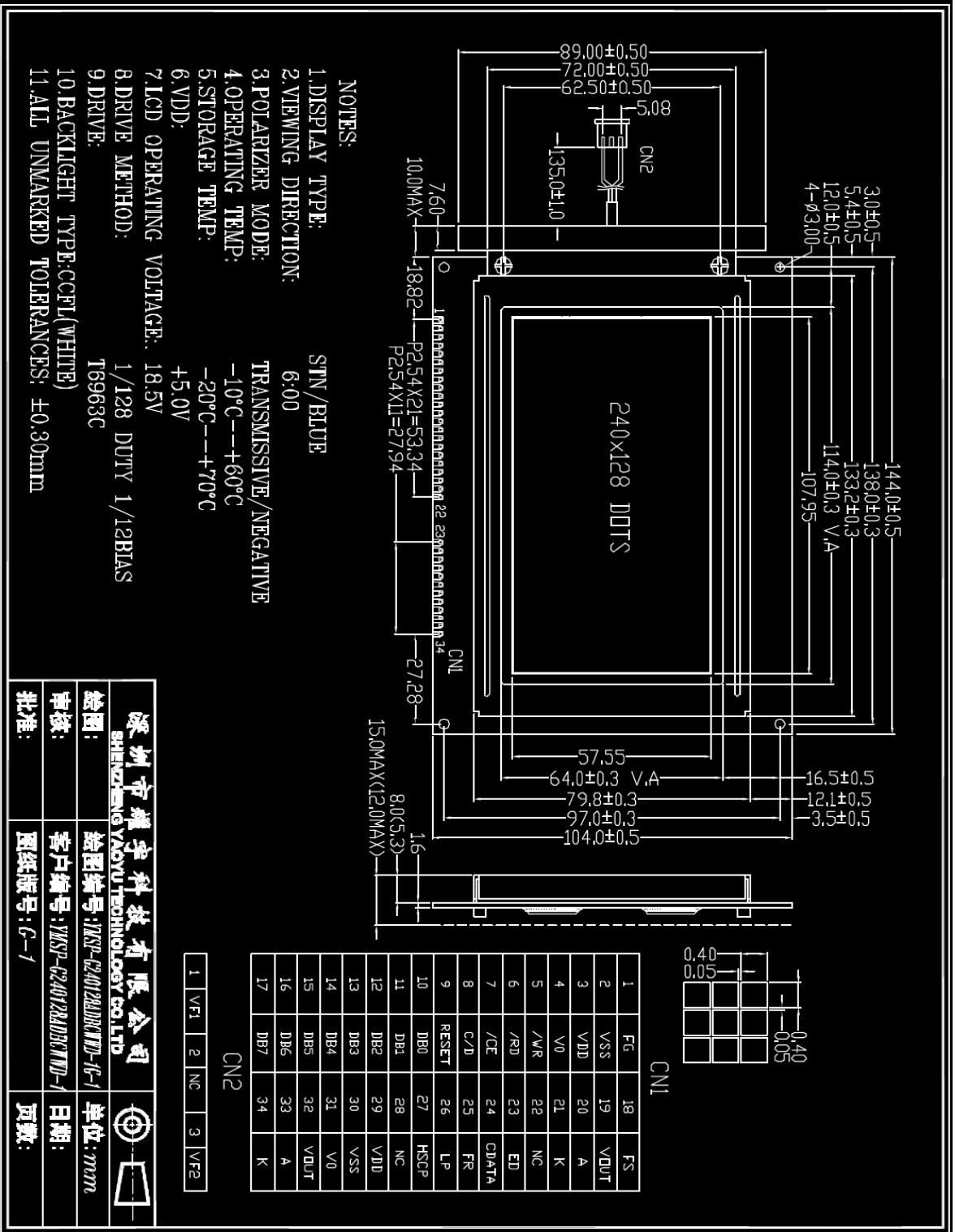
# 1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega644



Note: The large center pad underneath the QFN/MLF package should be soldered to ground on the board to ensure good mechanical stability.

C.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL GLCD TOSHIBA 240x128



## C.4 PINES DE CONEXIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO XBEE

*XBee®/XBee-PRO® OEM RF Modules - 802.15.4 - v1.xCx [2008.09.04]*

### Pin Signals

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

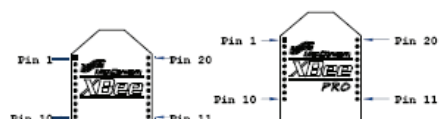


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(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 / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	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	DTR / SLEEP_RQ / 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	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	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	RTS / 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  $\Omega$  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



## Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO OEM RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
<b>Performance</b>		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) International variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
<b>Power Requirements</b>		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 $\mu$ A	< 10 $\mu$ A
<b>General</b>		
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, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
<b>Networking &amp; Security</b>		
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	PAN ID, Channel and Addresses
<b>Agency Approvals</b>		
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	R201WW07215214	R201WW08215111* (Max. 10 dBm transmit power output)**
Australia	C-Tick	C-Tick

## API Operation

By default, XBee®/XBee-PRO RF Modules act as a serial line replacement (Transparent Operation) - all UART data received through the DI pin is queued up for RF transmission. When the module receives an RF packet, the data is sent out the DO pin with no additional information.

Inherent to Transparent Operation are the following behaviors:

- If module parameter registers are to be set or queried, a special operation is required for transitioning the module into Command Mode.
- In point-to-multipoint systems, the application must send extra information so that the receiving module(s) can distinguish between data coming from different remotes.

As an alternative to the default Transparent Operation, API (Application Programming Interface) Operations are available. API operation requires that communication with the module be done through a structured interface (data is communicated in frames in a defined order). The API specifies how commands, command responses and module status messages are sent and received from the module using a UART Data Frame.

### API Frame Specifications

Two API modes are supported and both can be enabled using the AP (API Enable) command. Use the following AP parameter values to configure the module to operate in a particular mode:

- AP = 0 (default): Transparent Operation (UART Serial line replacement)  
API modes are disabled.
- AP = 1: API Operation
- AP = 2: API Operation (with escaped characters)

Any data received prior to the start delimiter is silently discarded. If the frame is not received correctly or if the checksum fails, the data is silently discarded.

#### API Operation (AP parameter = 1)

When this API mode is enabled (AP = 1), the UART data frame structure is defined as follows:

Figure 3-01. UART Data Frame Structure:



MSB = Most Significant Byte, LSB = Least Significant Byte

#### API Operation - with Escape Characters (AP parameter = 2)

When this API mode is enabled (AP = 2), the UART data frame structure is defined as follows:

Figure 3-02. UART Data Frame Structure - with escape control characters:



Characters Escaped if Needed

MSB = Most Significant Byte, LSB = Least Significant Byte

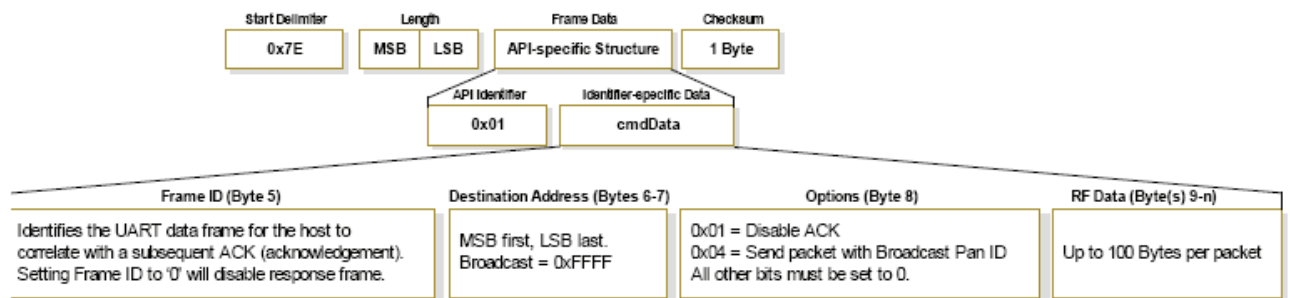
Escape characters. When sending or receiving a UART data frame, specific data values must be escaped (flagged) so they do not interfere with the UART or UART data frame operation. To escape an interfering data byte, insert 0x7D and follow it with the byte to be escaped XOR'd with 0x20.

### TX (Transmit) Request: 16-bit address

API Identifier Value: 0x01

A TX Request message will cause the module to send RF Data as an RF Packet.

Figure 3-14. TX Packet (16-bit address) Frames

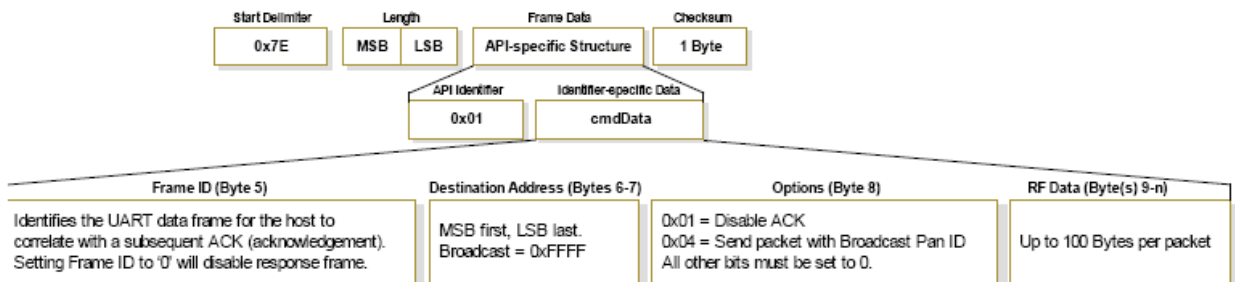


### TX (Transmit) Request: 16-bit address

API Identifier Value: 0x01

A TX Request message will cause the module to send RF Data as an RF Packet.

Figure 3-14. TX Packet (16-bit address) Frames



## C.5 HOJA DE DATOS DEL MOSFET IRF740

**IRF740**

**N - CHANNEL 400V - 0.48  $\Omega$  - 10 A - TO-220**  
**PowerMESH™ MOSFET**

TYPE	V <sub>DSS</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>D</sub>
IRF740	400 V	< 0.55 $\Omega$	10 A

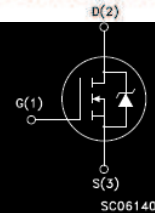
- TYPICAL R<sub>DS(on)</sub> = 0.48  $\Omega$
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

**DESCRIPTION**

This power MOSFET is designed using the company's consolidated strip layout-based MESH OVERLAY™ process. This technology matches and improves the performances compared with standard parts from various sources.

**APPLICATIONS**

- HIGH CURRENT SWITCHING
- UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS)
- DC/DC CONVERTERS FOR TELECOM, INDUSTRIAL, AND LIGHTING EQUIPMENT.

**INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM****ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DS</sub>	Drain-source Voltage (V <sub>GS</sub> = 0)	400	V
V <sub>DGR</sub>	Drain- gate Voltage (R <sub>GS</sub> = 20 k $\Omega$ )	400	V
V <sub>GS</sub>	Gate-source Voltage	$\pm 20$	V
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 25 °C	10	A
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 100 °C	6.3	A
I <sub>DM</sub> (•)	Drain Current (pulsed)	40	A
P <sub>tot</sub>	Total Dissipation at T <sub>c</sub> = 25 °C	125	W
	Derating Factor	1.0	W/°C
dv/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	4.0	V/ns
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T <sub>j</sub>	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

(•) Pulse width limited by safe operating area (1) I<sub>SD</sub>  $\leq$  10 A, di/dt  $\leq$  120 A/ $\mu$ s, V<sub>DD</sub>  $\leq$  V<sub>(BR)DSS</sub>, T<sub>J</sub>  $\leq$  T<sub>JMAX</sub>  
 First Digit of the Datecode Being Z or K Identifies Silicon Characterized in this Datasheet

**IRF740****THERMAL DATA**

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.0	$^{\circ}C/W$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	$^{\circ}C/W$
$R_{thc-sink}$	Thermal Resistance Case-sink	Typ	0.5	$^{\circ}C/W$
$T_l$	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose		300	$^{\circ}C$

**AVALANCHE CHARACTERISTICS**

Symbol	Parameter	Max Value	Unit
$I_{AR}$	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive (pulse width limited by $T_j$ max)	10	A
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy (starting $T_j = 25^{\circ}C$ , $I_D = I_{AR}$ , $V_{DD} = 50 V$ )	520	mJ

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{case} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)**OFF**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown Voltage	$I_D = 250 \mu A$ $V_{GS} = 0$	400			V
$I_{DSS}$	Zero Gate Voltage Drain Current ( $V_{GS} = 0$ )	$V_{DS} = \text{Max Rating}$ $V_{DS} = \text{Max Rating}$ $T_c = 125^{\circ}C$			1 50	$\mu A$ $\mu A$
$I_{GSS}$	Gate-body Leakage Current ( $V_{DS} = 0$ )	$V_{GS} = \pm 20 V$			$\pm 100$	nA

**ON (\*)**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250 \mu A$	2	3	4	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10V$ $I_D = 5.3 A$		0.48	0.55	$\Omega$
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10 V$	10			A

**DYNAMIC**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$g_{fs} (*)$	Forward Transconductance	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $I_D = 6 A$	5.8			S
$C_{iss}$	Input Capacitance	$V_{DS} = 25 V$ $f = 1 MHz$ $V_{GS} = 0$		1400		pF
$C_{oss}$	Output Capacitance			220		pF
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance			27		pF

## IRF740

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (continued)**SWITCHING ON**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$	Turn-on Time	$V_{DD} = 200\text{ V}$ $I_D = 5\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$ (see test circuit, figure 3)		17		ns
$t_r$	Rise Time			10		ns
$Q_g$	Total Gate Charge	$V_{DD} = 320\text{ V}$ $I_D = 10.7\text{ A}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		35	43	nC
$Q_{gs}$	Gate-Source Charge			11		nC
$Q_{gd}$	Gate-Drain Charge			12		nC

**SWITCHING OFF**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{r(Voff)}$	Off-voltage Rise Time	$V_{DD} = 320\text{ V}$ $I_D = 10\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$ (see test circuit, figure 5)		10		ns
$t_f$	Fall Time			10		ns
$t_c$	Cross-over Time			17		ns

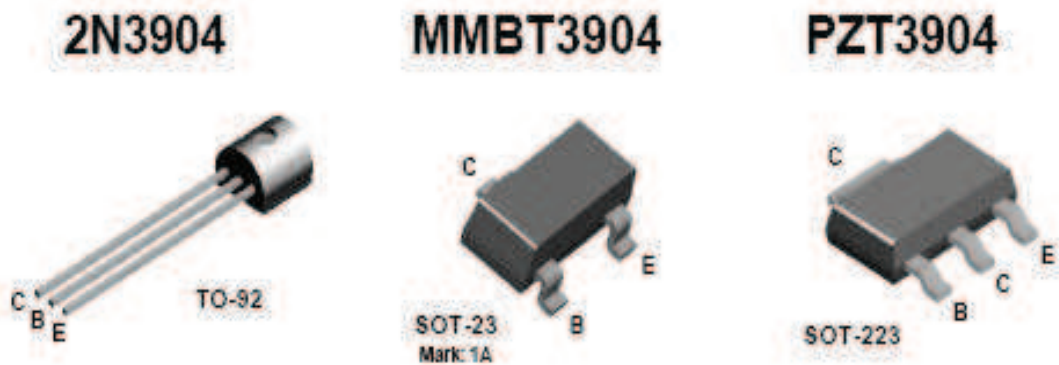
**SOURCE DRAIN DIODE**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{SD}$	Source-drain Current				10	A
$I_{SDM}(\bullet)$	Source-drain Current (pulsed)				40	A
$V_{SD}(\#)$	Forward On Voltage	$I_{SD} = 10\text{ A}$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	$I_{SD} = 10\text{ A}$ $di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ $V_{DD} = 100\text{ V}$ $T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$ (see test circuit, figure 5)		370		ns
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge			3.2		$\mu\text{C}$
$I_{RRM}$	Reverse Recovery Current			17		A

(\*) Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu\text{s}$ , duty cycle 1.5 %

( $\bullet$ ) Pulse width limited by safe operating area

## C.6 HOJA DE DATOS DEL TRANSISTOR 2N3904



### NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

#### Absolute Maximum Ratings\* $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage	40	V
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage	80	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage	6.0	V
$I_C$	Collector Current - Continuous	200	mA
$T_J, T_{stg}$	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

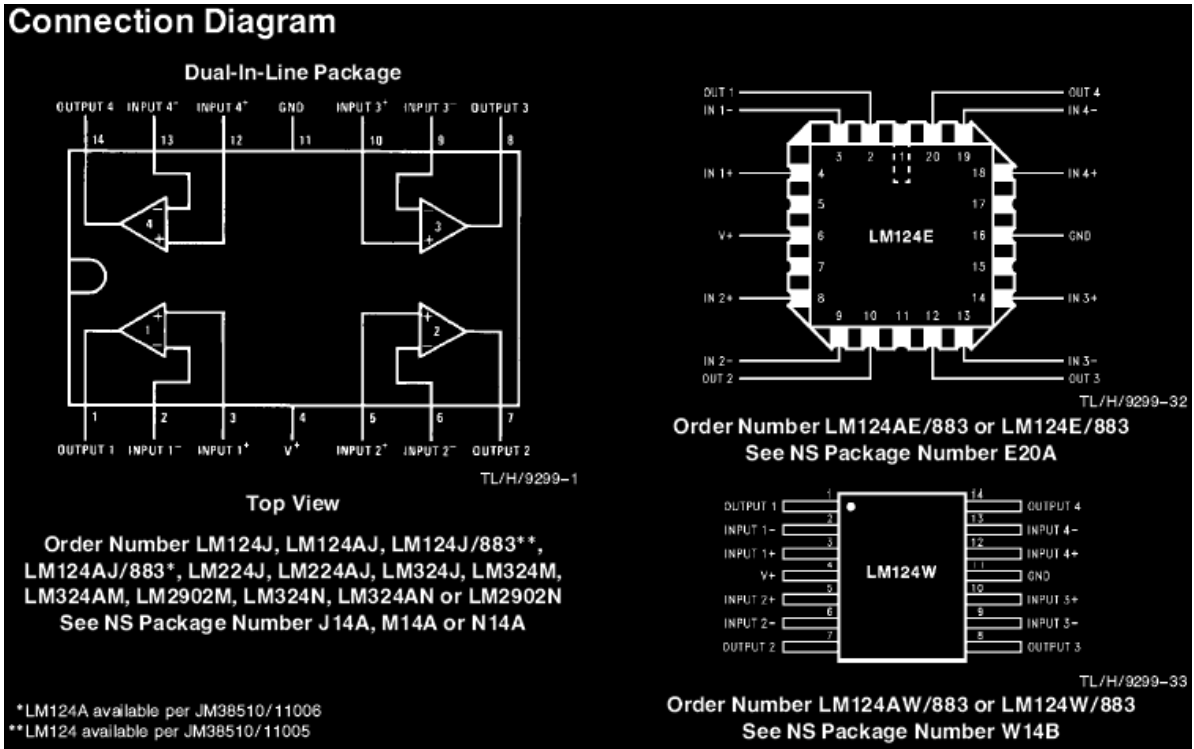
#### NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

#### Thermal Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
$P_D$	Total Device Dissipation	625	350	1,000	mW
	Derate above 25 $^\circ\text{C}$	5.0	2.6	8.0	mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	$^\circ\text{C}/\text{W}$

C.7 HOJA DE DATOS DEL CI. LM324



Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)																				
Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 8)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-120			-120			-120			-120			-120			-120			dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	20 40			20 40			20 40			20 40			20 40			20 40			mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	10 20			10 20			10 20			10 20			10 20			10 20			mA
	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200 \text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12 50			12 50			12 50			12 50			12 50			12 50			$\mu\text{A}$
Short Circuit to Ground	(Note 2) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ\text{C}$	40 60			40 60			40 60			40 60			40 60			40 60			mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	4			4			5			7			9			10			mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7 20			7 20			7 30			7			7			7			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$	30			30			75			100			150			45 200			nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10 200			10 200			10 300			10			10			10			$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$	40 100			40 100			40 200			40 300			40 500			40 500			nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	0 $V^+ - 2$			0 $V^+ - 2$			0 $V^+ - 2$			0 $V^+ - 2$			0 $V^+ - 2$			0 $V^+ - 2$			V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ( $V_O$ Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	25			25			15			25			15			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	26		26		26		26		26		26		22		22		V	
		$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	23	24	V	
	$V^+ = 5V, R_L = 10 \text{ k}\Omega$	5 20			5 20			5 20			5 20			5 20			5 100			mV



C.8 CARACTERISTICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35



December 1994

**LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D**  
**Precision Centigrade Temperature Sensors**

**General Description**

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

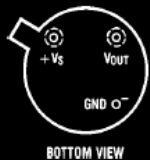
**Features**

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at + 25°C)
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

**LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D**  
**Precision Centigrade Temperature Sensors**

**Connection Diagrams**

**TO-46**  
**Metal Can Package\***



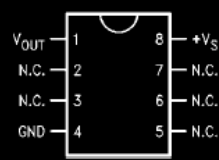
TL/H/5516-1

**TO-92**  
**Plastic Package**



TL/H/5516-2

**SO-8**  
**Small Outline Molded Package**



TL/H/5516-21

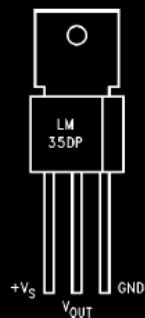
\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,  
 LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
 See NS Package Number H03H

Order Number LM35CZ,  
 LM35CAZ or LM35DZ  
 See NS Package Number Z03A

**Top View**  
 N.C. = No Connection  
 Order Number LM35DM  
 See NS Package Number M08A

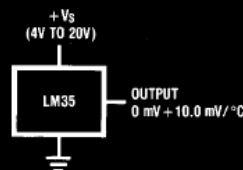
**TO-202**  
**Plastic Package**



TL/H/5516-24

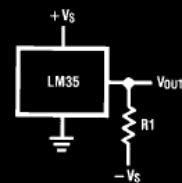
Order Number LM35DP  
 See NS Package Number P03A

**Typical Applications**



TL/H/5516-3

**FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )**



TL/H/5516-4

Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

**FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor**

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds) 215°C

Infrared (15 seconds) 220°C

ESD Susceptibility (Note 11) 2500V

Specified Operating Temperature Range:  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$

(Note 2)

LM35, LM35A -55°C to +150°C

LM35C, LM35CA -40°C to +110°C

LM35D 0°C to +100°C

**Electrical Characteristics** (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$			°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.18</math></b>		<b><math>\pm 0.35</math></b>	<b><math>\pm 0.15</math></b>		<b><math>\pm 0.3</math></b>	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5V$	<b>105</b>		<b>131</b>	<b>91</b>		<b>114</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V$	<b>105.5</b>		<b>133</b>	<b>91.5</b>		<b>116</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°C

**Note 1:** Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5V$ dc and  $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 2:** Thermal resistance of the TO-46 package is  $400^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is  $85^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

### Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$	
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	<b>+ 10.0</b>	<b>+ 9.8, + 10.2</b>		<b>+ 10.0</b>		<b>+ 9.8, + 10.2</b>	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	<b>105</b>		<b>158</b>	<b>91</b>		<b>138</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	<b>105.5</b>		<b>161</b>	<b>91.5</b>		<b>141</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+ 0.39</b>		<b>+ 0.7</b>	<b>+ 0.39</b>		<b>+ 0.7</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+ 1.5		+ 2.0	+ 1.5		+ 2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

**Note 3:** Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

**Note 4:** Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

**Note 5:** Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

**Note 6:** Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 7:** Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

**Note 8:** Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

**Note 9:** Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

**Note 10:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

**Note 11:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

**Note 12:** See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

## C.9 CARACTERISTICAS DEL SENSOR DE MOVIMIENTO LC-100PI



### LC-100PI

PIR Motion Detector with Pet Immunity up to 25kg

#### Installation Instructions



The LC-100PI detector uses a special designed optical Lens with unique Quad (Four element) PIR Sensor and new ASIC based electronics optimized to eliminate false alarms, caused by small animals and Pets. The LC-100PI provides unprecedented levels of immunity against visible light. The Detector offers an exceptional level of detection capability and stability for every security installation. The LC-100PI is supplied with Wide Angle lens.

The LC-100PI provides Pet immunity up to 25Kg (55 lbs). For better immunity avoid installation in areas where pets can reach upwards.

#### TYPICAL INSTALLATION

##### Select mounting location

Choose a location most likely to intercept an intruder. See detection pattern (Fig.5). The Quad high quality sensor detects motion crossing the beam; it is less sensitive detecting motion towards the detector. The LC-100PI performs best when provided with a constant and stable environment.

##### Avoid the following locations

\* Facing direct sunlight. \* Facing areas subject to rapid temperature changes. \* Areas with air ducts or substantial air flows.

#### MOUNTING THE DETECTOR

1. To remove the front cover (Fig.4), unscrew the holding screw (Fig.4-11) and gently raise the front cover.
2. To remove the PC board, carefully unscrew the holding screw (Fig.4-9) located on the PC board (Fig.4-10).
3. Break out the desired holes (Fig.2-B or C) for proper installation (flat or corner).
4. The circular and rectangular indentations at the bottom base are the knockout holes (Fig.2-D) for wire entry. You may also use mounting holes that are not in use for running the wiring into the detector. (For option with bracket (Fig.1 & 3)(Fig.4-7), lead wire through the bracket)
5. Mount the detector base to the wall, corner or ceiling. (For options with bracket install bracket).
6. Reinstall the PC board by fully tightening the holding screw. Connect wire to terminal block.
7. Replace the cover by inserting it back in the appropriate closing pins and screw in the holding screw.

#### DETECTOR INSTALLATION

##### Terminal block connections (Fig.6)

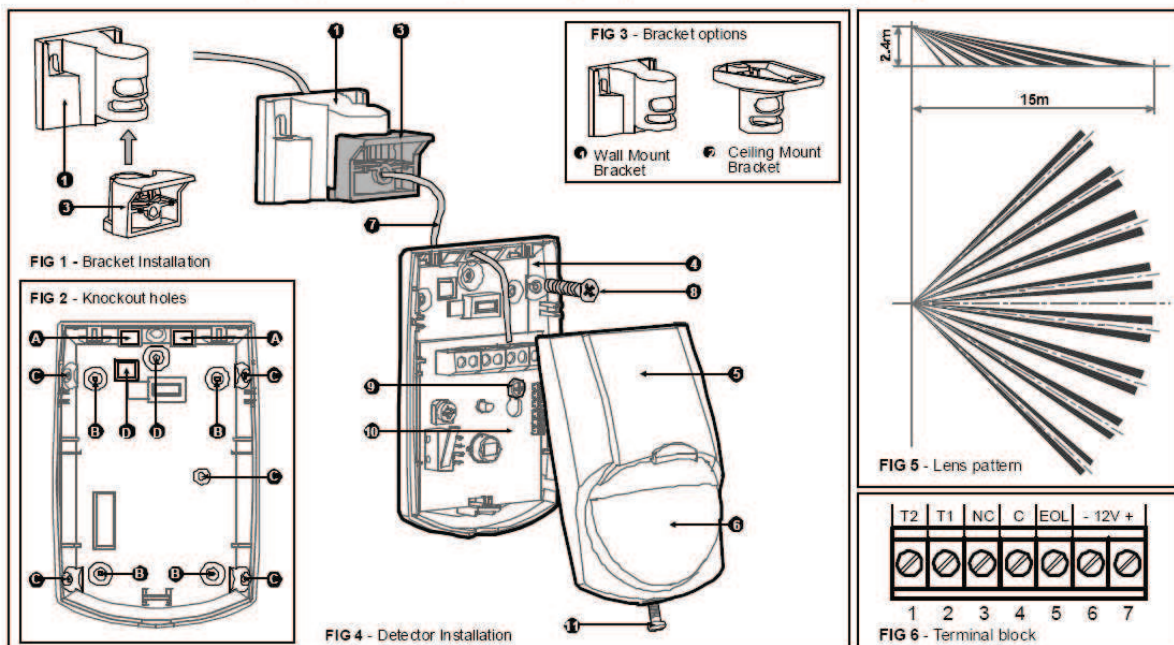
**Terminals 1 & 2 - Marked T2 and T1 (TAMPER)** If a Tamper function is required connect these terminals to a 24-hour normally closed protective zone in the control unit. If the front cover of the detector is opened, an immediate alarm signal will be sent to the control unit.

**Terminals 3 & 4 - Marked NC and C (RELAY)** These are the output relay contacts of the detector. Connect to a normally closed zone in the control panel.

**Terminal 5 - Marked EOL** End of line option.

**Terminal 6 - Marked GND** Connect to the negative Voltage output or ground of the control panel.

**Terminal 7 - Marked +12V** Connect to a positive Voltage output of 8.2 -16Vdc source (usually from the alarm control unit).



**PIR sensitivity adjustment**

**POTENTIOMETER** "SENS" adjustment according to protected area range. Use the potentiometer to adjust the detection range between 68% and 100% (factory set to 84%). Rotate the potentiometer clockwise to increase range, counter-clockwise to decrease range.

**Wire size requirements**

Use #22 AWG (0.5 mm) or wires with a larger diameter. Use the following table to determine required wire gauge (diameter) and length of wire between the detector and the control panel.

Wire Length	m	200	300	400	800
Wire Diameter	mm	.5	.75	1.0	1.5
Wire Length	ft.	800	1200	2000	3400
Wire Gauge	AWG	22	20	18	16

**TESTING**

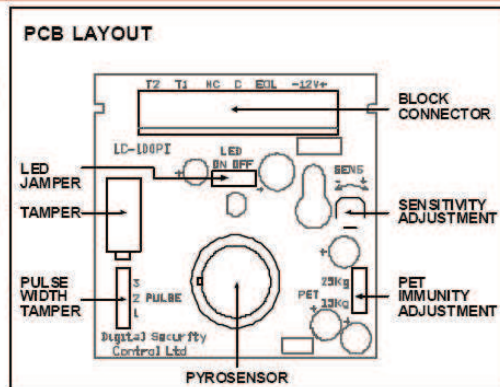
**Test procedures**

Wait one minute - warm up time after applying 12 Vdc power. Conduct testing with the protected area cleared of all people.

**Walk test**

1. Remove front cover. The pulse jumper must be in position 1. The LED must be enabled.
2. Replace the front cover.
3. Start walking slowly across the detection zone.
4. Observe that the detector's LED lights whenever motion is detected.
5. Allow 5 sec. between each test for the detector to stabilize.
6. After the walk test is completed, the LED may be disabled.

**Note:** Walk tests should be conducted, at least once a year, to confirm proper operation and coverage of the detector.



**TECHNICAL SPECIFICATION**

<b>Model</b>	LC-100PI	<b>Tamper Switch</b>	N.C 28VDC 0.1A with 10 Ohm series protection resistor - open when cover is removed
<b>Detection Method</b>	Quad (Four element) PIR	<b>Warm Up Period</b>	60sec (± 5sec)
<b>Power Input</b>	8.2 to 16 VDC	<b>LED Indicator</b>	LED is ON during alarm
<b>Current Draw</b>	Standby: 8mA (± 5%) Active: 10mA (± 5%)	<b>RFI Protection</b>	30V/m 10 - 1000MHz
<b>Temp.</b>		<b>EMI Protection</b>	50,000V of electrical interference from lightning or power through
<b>Compensation</b>	YES	<b>Dimensions</b>	92mm x 62.5mm x 40mm(3.62"x 2.46"x 1.57")
<b>Alarm Period</b>	2 sec (± 0.5sec)	<b>Weight</b>	40gr (1.4oz)
<b>Alarm Output</b>	N.C 28VDC 0.1 A with 27Ohm series protection resistor		

**C.10 HOJA DE DATOS DEL DIODO 1N4148**

# Switching diode

## 1N4148 / 1N4150 / 1N4448 / 1N914B

\*This product is available only outside of Japan.

**●Applications**  
High-speed switching

**●Features**  
1) Glass sealed envelope. (GSD)  
2) High speed.  
3) High reliability.

**●Construction**  
Silicon epitaxial planar

**●External dimensions (Units : mm)**

ROHM : GSD  
EIAJ : -  
JEDEC : DO-35

Type	V <sub>RM</sub> (V)	V <sub>R</sub> (V)	I <sub>FM</sub> (mA)	I <sub>C</sub> (mA)	I <sub>F</sub> (mA)	I <sub>FSM</sub> 1μs (A)	P (mW)	T <sub>J</sub> (°C)	T <sub>opr</sub> (°C)	T <sub>stg</sub> (°C)
1N4148	100	75	450	150	200	2	500	200	-65~+200	-65~+200

### D.1 COSTO DEL PROTOTIPO

A continuación se proporcionan valores aproximados de precios de cada uno de los nodos de este sistema, con el objetivo de tener una idea clara del costo de la implementación del prototipo.

<b>NODO</b>	<b>COSTO</b>
<b>Central</b>	\$ 254,00
<b>Medición de Temperatura</b>	\$ 78,60
<b>Acceso</b>	\$ 105,10
<b>Dimmer</b>	\$ 78,60
<b>On/Off</b>	\$ 78,10
<b>Cortina Motorizada</b>	\$ 96,60
<b>Fuentes</b>	\$ 44,00
<b>Programación y construcción</b>	\$ 300,00
<b>Total</b>	\$ 1035,00

Se debe considerar que al tratarse de un sistema demostrativo, éste incluye elementos adicionales que podrían ser retirados del sistema.

## E.1 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL CENTRAL

```

$regfile = "m128def.DAT"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
$lib "ds1307clock.lib"

Config Timer1 = Counter , Edge = Falling
Enable Interrupts
Config Timer2 = Timer , Async = On , Prescale = 256
On Timer2 Myisr

Config Sda = Portd.4
Config Scl = Portd.5

Const Ds1307w = &H00                                     ' Direcccionamiento del reloj
Const Ds1307r = &HD1
Dim Weekday As Byte
Dim Buf As String * Cmaxchar

On Urxc Rec_isr
Enable Urxc
Enable Interrupts
Config Graphlcd = 240 * 128 , Dataport = Portc , Controlport = Portb , Ce = 2 , Cd = 3 , Wr
= 0 , Rd = 5 , Reset = 4 , Fs = 5 , Mode = 8
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1024
Const Timer1preload = 58336
Config Portd.6 = Output
Config Portd.1 = Output

Dim Dato_eeprom As Byte                                 ' Declaración de Variables
Dim S_eeprom As Byte
Dim Temp As Byte , X As Word , Y As Word
Dim Row As Byte , Keyarray(3) As Byte , Col As Byte , Key As Byte , Keylus As Byte
Dim Keypressed As Byte , Menu As Byte
Dim Keypressed1 As Byte
Dim Timecount As Byte
Dim An1 As Single
Dim An2 As Single
Dim M As Byte
Dim N As Byte
Dim B As Bit
Dim E As Word
Dim G As Word
Dim D As Word
Dim Porcentaje As Single
Dim Porcen As Single
Dim Temperatura As String * 20
Dim Tempe As String * 2
Dim Datotemperatura As Byte
Dim Datotemperatura As String * 14
Dim Datotemperatura_u As String * 1
Dim Datotemperatura_d As String * 1
Dim Datotemperatura_c As String * 1
Dim Datotemperatura_u As Byte
Dim Datotemperatura_d As Byte
Dim Datotemperatura_c As Byte
Dim Temp_total As Word
Dim Temp_totall As Word
Dim B_temperatura As Byte
Dim Ida As Byte
Dim N_clave As Byte
Dim Clave_1 As Byte
Dim Clave_2 As Byte
Dim Clave_3 As Byte
Dim Clave_4 As Byte
Dim Clave_5 As Byte
Dim l_clave As Byte
Dim N_clave_e As Byte
Dim Clave_e_1 As Byte
Dim Clave_e_2 As Byte
Dim Clave_e_3 As Byte
Dim Clave_e_4 As Byte
Dim Clave_e_5 As Byte
Dim l_clave_e As Byte
Dim Ing_clave As Byte
Dim Anim As Byte
Dim Segundos As Byte
Dim U_segundos As Byte
Dim D_segundos As Byte
Dim Minutos As Byte
Dim U_minutos As Byte
Dim D_minutos As Byte

```

```

Dim U_horas As Byte
Dim D_horas As Byte
Dim Horas As Byte
Dim Fecha As Byte
Dim D_min As Byte
Dim D_hor As Byte
Dim H_h As Byte
Dim H_m As Byte
Dim H_s As Byte
Dim F_m As Byte
Dim F_d As Byte
Dim F_a As Byte
Dim Cur_x As Byte
Dim Cur_y As Byte
Dim B_reloj As Byte
Dim T_reloj As Byte
Dim Tl_reloj As Byte
Dim Tl_reloj_asc As String * 2
Dim Ajuste As Bit
Dim Diass As Byte
Dim Ddia As Byte
Dim Aano As Byte
Dim Aano_a As String * 2
Dim Mmes As Byte
Dim Mmes_a As String * 2
Dim Tsegun As Byte
Dim Tsegun_a As String * 2
Dim Dat_e_clave As Byte
Dim S_eeeprom_c As Byte
Dim Ani As Byte
Dim Aho As Bit
Dim Lon As Byte
Dim Carga As Word
Dim Md As Word
Dim Dimmer_cont As String * 10
Dim Dimmer_cont_c As Single
Dim Dimmer_cont_cc As Byte
Dim L As Integer
Dim Ll As Integer
Dim Dat As String * 30
Dim Porcenint As Byte
Dim Hexa As String * 10
Dim Hexal As String * 10
Dim Estado As Bit
Dim Estadol As Byte
Dim S As String * 10
Dim Datotemperatural As String * 5

Declare Sub Zbsendl(byref Zbdat As String) 'Declaración de subrutinas de envío de datos
Declare Sub Zbsendl(byref Zbdatl As String)
Declare Sub Consola(byref Dat As String , Byval Direccion As Integer)

Enable Ovfl 'Habilitación de bandera timer 1
On Timer1 lsecint 'Encendido timer 1
Start Adc
Stop Timer1
Enable Interrupts 'Habilitación de interrupciones

Gosub Showmainmenu 'Condición de inicio de ingreso de clave
l_clave = 0
Cond_inicio:
If l_clave = 1 Then
    Goto Continua_inicializacion
Else
    Goto Menu_clave
End If

Continua_inicializacion:

Cls
Cur_x = 11
Cur_y = 10
Buf = ""
Disable Urxc
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Portd.1 = 1

'***** PROGRAMA DEL MENU PRINCIPAL *****
Do

Pp2: 'Escribe una sola vez en EEPROM
Md = 1
Carga = 0
Readeeprom Dato_eeeprom , 10
If Dato_eeeprom = 1 Then
    Goto Sigue_menu

```



```

Else
  Goto Escribir
End If

Escribir:                                     ' Guarda la fecha/hora en memoria del reloj
Time$ = "20:00:00"
Date$ = "11-13-02"
Wait 1
S_eeeprom = 1
Writeeeprom S_eeeprom , 10
Goto Pp2

Segue_menu:                                  ' Deshabilitación de interrupción UART
Disable Urxc

If T >= 10000 And T <= 10500 Then           ' Ahorro automático de energía
  Portd.1 = 0
  Goto Sigue_t
End If

Segue_t:
Cursor Off Noblink
Keypressed = 0
Keypressed1 = 0
Datetemperatura = "00"
Gosub Readtouch                               ' Leer el touch screen
Gosub Whichkey                                ' Elegir tecla presionada
Gosub Tecla

Locate 15 , 16                                 ' Indica fecha/hora actual en el menú principal
Lcd "fecha: " ; Date$
Locate 16 , 16
Lcd "hora : " ; Time$

Loop

Tecla:                                         'Opciones de tecla

'*****
If Keypressed = 11 Then                       ANIMACION      *****
  Cls                                         ' Elección de botón animación
  Disable Timer2
  Disable Urxc
  T = 0

  Hexa = "3020" + Chr(13)                    ' Envío de datos a dimmer
  Call Zbsend1(hexa)
  Wait 1
  Hexa = "3040" + Chr(13)
  Call Zbsend1(hexa)
  Wait 1
  Hexa = "3060" + Chr(13)
  Call Zbsend1(hexa)

  Wait 1
  Hexa = "3080" + Chr(13)
  Call Zbsend1(hexa)
  Wait 1)
  Hexa = "3100" + Chr(13)
  Call Zbsend1(hexa)
  Wait 1

  Hexa = "2001" + Chr(13)                     ' Envío de datos a foco on/off
  Call Zbsend1(hexa)
  Hexa = "2001" + Chr(13)
  Call Zbsend1(hexa)

  Cls
  Showpic 0 , 0 , Menu_cortina                ' Muestra menú principal
  Enable Timer2
  Return
End If

'*****PANTALLA BLOQUEADA*****
If Keypressed = 22 Then                       ' Elección de botón bloqueo de pantalla
  Disable Timer2                             ' Condiciones iniciales de ingreso a pantalla bloqueada
  T = 0
  Disable Urxc
  Cls
  Showpic 0 , 0 , Locked

```

```

Rastrear:
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey

If Keypressed = 25 Or Keypressed = 24 Or Keypressed = 14 Or Keypressed = 15 Then
Menu_clave:
T = 0
Disable Urxc
Disable Timer2
Cursor Off Noblink
Showpic 0 , 0 , Clave
Locate 1 , 1
Lcd "KEY: "
If l_clave = 0 Then

K_sigue_e_1:                                ' Ingreso de clave en unidades
N_clave_e = 12
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
Gosub Keypressed_a_num

If N_clave_e = 12 Or N_clave_e = Clave_e_5 Then
Goto K_sigue_e_1
Else
Locate 1 , 6
Lcd "*"
Clave_e_1 = N_clave_e
Goto K_sigue_e_2
End If

K_sigue_e_2:                                ' Ingreso de clave en decenas
N_clave_e = 12
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
Gosub Keypressed_a_num
If N_clave_e = 12 Or N_clave_e = Clave_e_1 Then
Goto K_sigue_e_2
Else
Locate 1 , 7
Lcd "*"
Clave_e_2 = N_clave_e
Goto K_sigue_e_3
End If

K_sigue_e_3:                                ' Ingreso de clave en centenas
N_clave_e = 12
Gosub Readtouch

Gosub Whichkey
Gosub Keypressed_a_num
If N_clave_e = 12 Or N_clave_e = Clave_e_2 Then
Goto K_sigue_e_3
Else
Locate 1 , 8
Lcd "*"
Clave_e_3 = N_clave_e
Goto K_sigue_e_4
End If

K_sigue_e_4:                                ' Ingreso de clave en miles
N_clave_e = 12
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
Gosub Keypressed_a_num
If N_clave_e = 12 Or N_clave_e = Clave_e_3 Then
Goto K_sigue_e_4
Else
Locate 1 , 9
Lcd "*"
Clave_e_4 = N_clave_e
Goto K_sigue_e_5
End If

K_sigue_e_5:                                ' Ingreso de clave en unidades de mil
N_clave_e = 12
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
Gosub Keypressed_a_num
If N_clave_e = 12 Or N_clave_e = Clave_e_4 Then
Goto K_sigue_e_5
Else
Locate 1 , 10
Lcd "*"
Clave_e_5 = N_clave_e
Goto K_sigue_e_6
End If

```

```

K_sigue_e_6:                                     ' Ingreso de clave en decenas de mil
N_clave_e = 12

Pp3:
Readeeprom Dat_e_clave , 20
If Dat_e_clave = 1 Then
  Readeeprom Clave_e_1_entrada , 21
  Readeeprom Clave_e_2_entrada , 22
  Readeeprom Clave_e_3_entrada , 23
  Readeeprom Clave_e_4_entrada , 24
  Readeeprom Clave_e_5_entrada , 25
  ' Comparación de clave ingresada con clave almacenada
  If Clave_e_1 = Clave_e_1_entrada And Clave_e_2 = Clave_e_2_entrada And Clave_e_3 =
Clave_e_3_entrada And Clave_e_4 = Clave_e_4_entrada And Clave_e_5 = Clave_e_5_entrada Then
    Goto Sigue_menu_c          ' Ir a menú inicial
  Else
    Goto P_error              ' Ir a menú erróneo
  End If

Else
  Goto Escribir_c
End If

Escribir_c:                                     ' Mensaje de almacenamiento de clave por primera vez
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Guardando clave"
Waitms 500
Locate 1 , 1
Lcd "Guardando clave."
Waitms 500
Locate 1 , 1
Lcd "Guardando clave.."
Waitms 500

Locate 1 , 1
Lcd "Guardando clave..."
Waitms 750

S_eeeprom_c = 1                               'Almacenamiento de clave en memoria EEPROM
Writeeeprom S_eeeprom_c , 20
Writeeeprom Clave_e_1 , 21
Writeeeprom Clave_e_2 , 22
Writeeeprom Clave_e_3 , 23
Writeeeprom Clave_e_4 , 24
Writeeeprom Clave_e_5 , 25
Goto Pp3
Sigue_menu_c:
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
l_clave = 1
Goto Cond_inicio
Else
  Goto Ing_clave
End If

Ing_clave:
Goto K_sigue_1
Else
Goto Rastrear
End If

If Clave_1 = Clave_e_1 And Clave_2 = Clave_e_2 And Clave_3 = Clave_e_3 And Clave_4 =
Clave_e_4 And Clave_5 = Clave_e_5 Then
  Cls
  Portd.6 = 1
  Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
  Enable Timer2
  Goto Regresar
Else
  P_error:
  Cls
  Portd.6 = 0
  Showpic 0 , 0 , Error
  Wait 3
  Goto Menu_clave
End If
Goto Rastrear
End If
!*****
If Keypressed = 42 Then                       *****
  T = 0
  Disable Timer2
  Cls
  *****
  ' Elección de botón para opción cortina

```

```

Showpic 0 , 0 , Onoffcortina
Revisar1:
Keypressed = 0
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey

If Keypressed = 42 Then ' Opción de envío de datos para opción 1
Hexa = "3000" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa)
Goto Revisar1
End If
If Keypressed = 43 Then ' Opción de envío de datos para opción 2
Hexa = "3001" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa)
Goto Revisar1
End If
If Keypressed = 45 Then ' Opción de envío de datos para opción 3
Hexa = "3002" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa)
Goto Revisar1
End If
If Keypressed = 33 Then ' Opción de envío de datos para opción 4
Hexa = "3003" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa)
Goto Revisar1
End If
If Keypressed = 53 Then ' Opción de envío de datos para opción 5
Hexa = "3004" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa)
Goto Revisar1
End If
If Keypressed = 24 Or Keypressed = 25 Then
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Enable Timer2
Goto Regresar
End If
Goto Revisar1
End If

'***** PUERTA *****
If Keypressed = 12 Then ' Botón para apertura remota de puerta
Portd.6 = 1
Hexa1 = "6000" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexa1) ' Envío de datos
Waitms 250
Portd.6 = 0
Goto Regresar
End If
'***** CONTROL AHORRO DE ENERGIA*****
If Keypressed = 13 Then
If Aho = 1 Then ' Encendido de back light
Portd.1 = 0
Aho = 0
Waitms 100
Goto Regresar
End If
If Aho = 0 Then ' Apagado de back light
Portd.1 = 1
Aho = 1
Waitms 100
Goto Regresar
End If
Goto Regresar
End If

'***** RELOJ *****
If Keypressed = 14 Then
Disable Timer2
T = 0
Cls
If B_reloj = 0 Or B_reloj = 5 Then
Showpic 0 , 0 , Relej
Goto Regresar_r
End If
If B_reloj = 1 Then
Showpic 0 , 0 , Releja
Goto Regresar_r
End If

Regresar_r:
Keypressed = 0
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
Locate 5 , 4 ' Submenú de simulación de presencia
Lcd "HORA ACTUAL"

```

```

Locate 6 , 4
Lcd "Hora: " ; Time$
Locate 7 , 4
Lcd "Fecha: " ; Date$
Locate 9 , 4
Lcd "HORA PROGRAMADA"
Locate 10 , 4
Lcd "Hora: " ; H_h ; ":" ; H_m ; ":" ; H_s
Locate 11 , 4
Lcd "Fecha: " ; F_d ; ":" ; F_m ; ":" ; F_a
Locate Cur_y , Cur_x
Cursor On Blink

' Manejo de cursores en el glcd para incremento de parámetros (hora)
If Cur_x = 11 And Cur_y = 10 And Keypressed = 23 Then
H_h = H_h + 1
If H_h = 25 Then
H_h = 0
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 13 And Cur_y = 10 And Keypressed = 23 Then
H_m = H_m + 1
If H_m = 60 Then
H_m = 0
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 15 And Cur_y = 10 And Keypressed = 23 Then
H_s = H_s + 1
If H_s = 60 Then
H_s = 0
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If

' Manejo de cursores en el glcd para decremento de parámetros (hora)
If Cur_x = 11 And Cur_y = 10 And Keypressed = 25 Then
H_h = H_h - 1
If H_h = 255 Then
H_h = 24
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 13 And Cur_y = 10 And Keypressed = 25 Then
H_m = H_m - 1
If H_m = 255 Then
H_m = 59
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 15 And Cur_y = 10 And Keypressed = 25 Then
H_s = H_s - 1
If H_s = 255 Then
H_s = 59
Goto Regresar_r
End If
Goto Regresar_r
End If

' Manejo de cursores en el glcd para incremento de parámetros (fecha)
If Cur_x = 11 And Cur_y = 11 And Keypressed = 23 Then
F_d = F_d + 1
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 13 And Cur_y = 11 And Keypressed = 23 Then
F_m = F_m + 1
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 15 And Cur_y = 11 And Keypressed = 23 Then
F_a = F_a + 1
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 11 And Cur_y = 11 And Keypressed = 25 Then
F_d = F_d - 1
Goto Regresar_r
End If
If Cur_x = 13 And Cur_y = 11 And Keypressed = 25 Then
F_m = F_m - 1
Goto Regresar_r

```

```

End If
If Cur_x = 15 And Cur_y = 11 And Keypressed = 25 Then
  F_a = F_a - 1
  Goto Regresar_r
End If

If Keypressed = 24 Then
  Wait 1
  Cur_x = Cur_x + 1
  If Cur_x = 19 And Cur_y = 10 Then
    Cur_x = 11
    Cur_y = 11
    Goto Regresar_r
  End If
  If Cur_x = 19 And Cur_y = 11 Then
    Cur_x = 11
    Cur_y = 10
    Goto Regresar_r
  End If
  Goto Regresar_r
End If

If Keypressed = 34 Then
  Wait 1
  Cur_x = Cur_x - 1
  If Cur_x = 10 And Cur_y = 10 Then
    Cur_x = 18
    Cur_y = 11
    Goto Regresar_r
  End If
  If Cur_x = 10 And Cur_y = 11 Then
    Cur_x = 18
    Cur_y = 10
    Goto Regresar_r
  End If
  Goto Regresar_r
End If

If Keypressed = 55 Then
  Cls
  Cursor Off Noblink
  Showpic 0 , 0 , Menucortina
endif

Cortina:
Keypressed = 0
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
If Keypressed = 44 Or Keypressed = 43 Or Keypressed = 23 Or Keypressed = 33 Then
  Revisar_r1:
  Keypressed = 0
  Gosub Readtouch
  Gosub Whichkey
  If Keypressed = 34 Then
    B_reloj = 5
    Cls
    Showpic 0 , 0 , Relojd
    Goto Regresar_r
  Else
    Goto Revisar_r1
  End If
End If

If Keypressed = 62 Or Keypressed = 52 Or Keypressed = 63 Or Keypressed = 53 Then
  Revisar_r2:

  Keypressed = 0
  Gosub Readtouch
  Gosub Whichkey
  If Keypressed = 54 Then
    B_reloj = 0
    Cls
    Showpic 0 , 0 , Reloja
    Goto Regresar_r
  End If
  If Keypressed = 64 Then
    B_reloj = 1
    Cls
    Showpic 0 , 0 , Reloja
    Goto Regresar_r
  End If
  Goto Revisar_r2
End If

Goto Cortina

```

```

End If
Goto Regresar_r
End If

!***** ALARMA *****
If Keypressed = 23 Then
Disable Timer2
T = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Alarmaonoff
Revisar2:
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
If Keypressed = 53 Then ' Envía dato para activar la alarma
Portd.6 = 1
Hexal = "6001" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexal)
Wait 1
Portd.6 = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Goto Regresar
End If
If Keypressed = 33 Then ' Envía dato para desactivar la alarma
Portd.6 = 1
Hexal = "6002" + Chr(13)
Call Zbsendl(hexal)
Wait 1
Portd.6 = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Goto Regresar
End If

Goto Revisar2
End If

!***** ON/OFF FOCO*****
If Keypressed = 43 Then
Disable Timer2
T = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Onoffluz1
Revisar:
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey
If Keypressed = 53 Then
Portd.6 = 1
Carga = 2
Estado = 0
Hexa = "00" + Str(carga) + "F" + Str(estados)
Call Zbsendl(hexa)
Wait 1
Portd.6 = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Goto Regresar
End If
If Keypressed = 33 Then
Portd.6 = 1
Carga = 2
Estado = 1
Hexa = "00" + Str(carga) + "F" + Str(estados)
Call Zbsendl(hexa)
Wait 1
Portd.6 = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Goto Regresar
End If

Goto Revisar
End If

!***** DIMMER *****
If Keypressed = 24 Then
Disable Timer2
T = 0
Cls
Showpic 0 , 0 , Menudimmer1

Regdimmer:
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey1 ' Verificar botón de salida
If Keypressed = 25 Or Keypressed = 14 Or Keypressed = 15 Then

```

```

Cls
Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
Enable Timer2
Goto Regresar
Else
Sensar_barra_y_cuadro:                                ' Rellenar recuadro inicial
For E = 45 To G
Line(e , 55) -(e , 70) , 255
Next E
If Porcentaje = 29 Then
Locate 11 , 23
Porcen = 0
Porcenn = 0
Goto Dimmer_rr1
End If

Dimmer_rr1:
Locate 11 , 23
Lcd Porcenn ; "%"

Line(45 , 55) -(195 , 55) , 255
Line(45 , 70) -(195 , 70) , 255
Line(45 , 55) -(45 , 70) , 255
Line(195 , 55) -(195 , 70) , 255

Sensar_barra:                                         ' Zona de la barra presionada
Gosub Readtouch
Gosub Whichkey1

If Keypressed1 = 63 Then
Porcentaje = 29
Goto Barra
End If
If Keypressed1 = 13 Then
Porcentaje = 255
Goto Barra
End If
If Keypressed1 = 23 Then
Porcentaje = 204
Goto Barra
End If
If Keypressed1 = 33 Then
Porcentaje = 153
Goto Barra
End If
If Keypressed1 = 43 Then
Porcentaje = 102
Goto Barra
End If
If Keypressed1 = 53 Then
Porcentaje = 51
Goto Barra
End If

If Keypressed1 = 25 Then                               ' Selección de pantallas
Keypressed1 = 0
Md = Md + 1
Cls
If Md = 1 Then
Showpic 0 , 0 , Menudimmer1
End If
If Md = 2 Then
Showpic 0 , 0 , Menudimmer2
End If
If Md = 3 Or Md = 0 Then
Showpic 0 , 0 , Menudimmer3
Md = 0
End If
Line(45 , 55) -(195 , 55) , 255
Line(45 , 70) -(195 , 70) , 255
Line(45 , 55) -(45 , 70) , 255
Line(195 , 55) -(195 , 70) , 255
Goto Siga_d
End If

If Keypressed1 = 35 Then                               ' Selección de la carga a controlar
Carga = 3
End If
If Md = 2 Then
Carga = 7
End If
If Md = 3 Or Md = 0 Then
Carga = 11
End If
Goto Siga_d
End If
If Keypressed1 = 45 Then

```



```

    If Md = 1 Then
      Carga = 3
    End If
    If Md = 2 Then
      Carga = 6
    End If
    If Md = 3 Or Md = 0 Then
      Carga = 10
    End If
    Goto Siga_d
  End If
If Keypressed1 = 55 Then
  If Md = 1 Then
    Carga = 3
  End If
  If Md = 2 Then
    Carga = 5
  End If
  If Md = 3 Or Md = 0 Then
    Carga = 9
  End If
  Goto Siga_d
End If
If Keypressed1 = 65 Then
  If Md = 1 Then
    Carga = 3
  End If
  If Md = 2 Then
    Carga = 4
  End If
  If Md = 3 Or Md = 0 Then
    Carga = 8
  End If
  Goto Siga_d
End If

Goto Sensar_barra

Barra:
Porcen = -2 * Porcentaje + 126          ' Cálculo del porcentaje dimmer
Hexa = Str(carga) + Str(porcen) + Chr(13)  ' Envía el dato dimmer
Call Zbsendl(hexa)
Goto Regresar
Else
  Keypressed1 = 0
  Goto Sensar_barra
End If
End If

***** TEMPERATURA *****

If Keypressed = 44 Then
  Enable Urxc
  Disable Timer2
  Locate 11 , 7
  Lcd Temp_total ; " :GRD CENTIGRADOS"
  T = 0
  Cls
  Showpic 0 , 0 , Menutemperatura

  Hexa = "5001" + Chr(13)          ' Envía código de petición
  Call Zbsendl(hexa)

  Seguir:
  Gosub Readtouch
  Gosub Whichkey
  If Keypressed = 15 Or Keypressed = 24 Or Keypressed = 14 Or Keypressed = 25 Then

  Hexa = "5000" + Chr(13)          ' Envía código de fin de envío de datos
  Call Zbsendl(hexa)
  Cls
  Showpic 0 , 0 , Menu_cortina
  Goto Regresar
  End If

  Locate 11 , 7
  Lcd Temp_totall ; " :GRD CENTIGRADOS"

  No_regresar:
  Porcentaje = Temp_totall          ' Calcula y muestra la barra de la temperatura

```

```

G = Int(porcentaje)
G = G + 20
Solo_dibujar:
For E = 20 To G
Line(e , 55) -(e , 70) , 255
Next E
Wait 1.5

No_temp:
If B_temperatura = 1 Then
Cls
Showpic 0 , 0 , Menutemperatura
Goto Seguir
Else
Goto No_temp
End If
End If

'***** SUB RUTINAS *****
'*****SUB RUTINA DE LECTURA DATO TOUCH *****

Readtouch:                                ' Sub rutina de lectura del dato touch
Config Pinf.0 = Output
Config Pinf.2 = Output
Set Portf.0
Reset Portf.2
Ddrf.1 = 0
Ddrf.3 = 0
Waitms 20
X = Getadc(3)
X = 1024 - X                                ' Adquisición del dato análogo a manera de coordenada "X"

Config Pinf.1 = Output                    ' Inversión de la lectura
Config Pinf.3 = Output
Reset Portf.1
Set Portf.3
Ddrf.0 = 0
Ddrf.2 = 0
Waitms 20
Y = Getadc(2)
Y = 1024 - Y                                ' Adquisición del dato análogo a manera de coordenada "Y"
Return

'*****SUB RUTINA DE ASIGNACIÓN DE TECLA *****
Whichkey:
Select Case X
Case 159 To 257 : Col = 10                ' Asignación en columnas del dato análogo
Case 258 To 356 : Col = 20
Case 357 To 455 : Col = 30
Case 456 To 555 : Col = 40
Case 556 To 653 : Col = 50
Case 654 To 752 : Col = 60
Case 753 To 853 : Col = 70
Case Else Col = 0

End Select
Select Case Y
Case 300 To 387 : Row = 1                ' Asignación en filas del dato análogo
Case 387 To 474 : Row = 2
Case 474 To 561 : Row = 3
Case 561 To 648 : Row = 4
Case 648 To 735 : Row = 5
Case Else Row = 0

End Select
Key = Col + Row                            ' Asignación de tecla presionada
If Key > 0 Then
Keyarray(keylus) = Key
Incr Keylus
If Keylus > 3 Then Keylus = 1            'Verificación de tecla presionada
If Keyarray(1) = Keyarray(2) Then
If Keyarray(2) = Keyarray(3) Then

Keypressed = Key
Timecount = 0

End If
End If
End If
Return

Return

'***** SUB RUTINA DE ASIGNACIÓN PARA DIFERENTE ZONA *****
Whichkey1:
Select Case

```

```

        Case 298 To 368 : Col = 10
        Case 369 To 438 : Col = 20
        Case 438 To 508 : Col = 30
        Case 509 To 578 : Col = 40
        Case 579 To 648 : Col = 50
        Case 649 To 718 : Col = 60
        Case Else Col = 0
End Select
Select Case Y
    Case 485 To 530 : Row = 3
    Case 510 To 628 : Row = 4
    Case 628 To 715 : Row = 5
    Case Else Row = 0
End Select
Key = Col + Row
If Key > 0 Then
    Keyarray(keylus) = Key
    Incr Keylus
    If Keylus > 3 Then Keylus = 1
    If Keyarray(1) = Keyarray(2) Then
        If Keyarray(2) = Keyarray(3) Then
            Keypressed1 = Key
            Timecount = 0
        End If
    End If
End If
Return
Return

```

```

!*****SUB RUTINA PARA RELOJ *****
Getdatetime:

```

```

    I2cstart
    I2cbyte Ds1307w
    I2cbyte 0
    I2cstart
    I2cbyte Ds1307r
    I2cbyte _sec , Ack
    I2cbyte _min , Ack
    I2cbyte _hour , Ack
    I2cbyte Weekday , Ack
    I2cbyte _day , Ack
    I2cbyte _month , Ack
    I2cbyte _year , Nack
    I2cstop
Return

```

```

Setdate:
    I2cstart
    I2cbyte Ds1307w
    I2cbyte 4
    I2cbyte _day
    I2cbyte _month
    I2cbyte _year
    I2cstop
Return

```

```

Settime:
    I2cstart
    I2cbyte Ds1307w
    I2cbyte 0
    I2cbyte _sec
    I2cbyte _min
    I2cbyte _hour
    I2cstop
Return

```

```

!*****SUB RUTINA DE SWITCHEO DE BACKLIGHT *****

```

```

Myisr:
T = T + 1
Return

```

```

!*****SUB RUTINA DE CAMBIO DE PROTOCOLO *****

```

```

Sub Zbsend1(byref Zbdato1 As String * 30)
    Dim N1 As String * 2
    Dim N2 As String * 4
    Dim Vn1 As Integer
    Dat = Mid(zbdato1 , 2 , 3)
    N2 = Mid(zbdato1 , 1 , 1)
    Direccion = Val(n2)

```

```

    Call Consola(dat , Direccion)
End Sub

!*****SUB RUTINA DE ENVÍO DE DATOS *****
Sub Consola(byref Cola As String * 30 , Byval My As Integer)
    Dim Longitud As Integer
    Dim Vector(20) As Byte
    Dim Cont2 As Integer
    Dim Cont1 As Integer
    Dim Checksum As Integer
    Dim Valor As Integer
    Dim Valor2 As Integer
    Dim Caract As String * 1
    Dim Caract2 As String * 20
    Dim He As Integer
    Dim H As String * 5
    Longitud = Len(cola)
    Longitud = Longitud + 9
    Vector(1) = 126
    Vector(2) = 0
    Valor = Longitud - 4
    Vector(3) = Valor
    Vector(4) = 1
    Vector(5) = 1

    If My >= 100 Then
        He = My \ 100
        Vector(6) = He
        He = My Mod 100
        H = Str(he)
        Vector(7) = Hexval(h)
    Else
        Vector(6) = 0
        Vector(7) = My
    End If
    Vector(8) = 4
    Valor = Longitud - 1
    For Cont2 = 9 To Valor
        Valor2 = Cont2 - 8
        Caract = Mid(cola , Valor2 , 1)
        Vector(cont2) = Asc(caract)
    Next Cont2
    Valor = Longitud - 1
    Checksum = 0
    For Cont1 = 4 To Valor
        Checksum = Checksum + Vector(cont1)
    Next Cont1
    If Checksum <= 255 Then
        Vector(cont2) = 255 - Checksum
    Else
        While Checksum > 255
            Checksum = Checksum - 256
        Wend
        Vector(cont2) = 255 - Checksum
    End If
    Printbin Vector(1) ; Longitud
End Sub

!***** INTERRUPCION DE RECEPCION DE TEMPERATURA *****

Rec_isr:
D = Udr
I = I + 1
Vec(i) = D
Lon = I
Total = 0
For I = 4 To Lon
    Total = Total + Vec(i)
Next I
Checksum = Hex(255) - Hex(total)
Checksumstrin = Str(checksum)
Checksumstrin = Mid(checksumstrin , 3 , 2)
Checksum = Val(checksumstrin)
Vec(lon) = Checksum

Total = Total + Vec(lon)
If Total = 255 Then
    For I = 9 To Lon - 1
        Dato = Dato + Chr(vec(i))
    Next I
    Buf = Dato
    I = 0
    If D = 13 Then
        Temp_totall = Val(buf)
        B_temperatura = 1
        Buf = ""
    Else

```

```

        Buf = Buf + Chr(d)
    End If

End If
Return

'*****BASE DE DATOS DE LAS IMÁGENES *****
Menu_cortina:
$bgf "cx.bgf"
Locked:
$bgf "locked.bgf"
Onofffluz1:
$bgf "onofffluz1.bgf"
Onofffluz2:
$bgf "onofffluz2.bgf"
Menudimmer1:
$bgf "menudimmer1.bgf"
Menudimmer2:
$bgf "menudimmer2.bgf"
Menudimmer3:
$bgf "menudimmer3.bgf"
Menutemperatura:
$bgf "menutemperatura.bgf"
Clave:
$bgf "clave.bgf"
Error:
$bgf "error.bgf"
Onoffcortina:
$bgf "onoffcortina.bgf"
Alarmaonoff:
$bgf "alarmaonoff.bgf"
Relojd:
$bgf "relojd.bgf"
Reloja:
$bgf "reloja.bgf"
Hnoajustada:
$bgf "Hnoajustada.bgf"
Hajustada:
$bgf "Hajustada.bgf"
Menucortina:
$bgf "menucortina.bgf"
Av1:
$bgf "av1.bgf"
End

```

## E.2 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE ACCESO

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600

A Alias Portb.0
B Alias Portb.1
C Alias Portb.2
D Alias Portb.3

Uno Alias Portb.4
Dos Alias Portb.5
Tres Alias Portb.6
Cuatro Alias Portb.7

Enable Interrupts
Cursor Off Noblink

Reseteo_de_clave:
Nume = 20

Key_1:
Gosub Barrido
If Nume = 20 Then Goto Key_1
Gosub Pulse_led
Key_1 = Nume
Nume = 20

Key_2:
Gosub Pause
Cursor Off Noblink
Gosub Barrido
If Nume = 20 Or Nume = Key_1 Then Goto Key_2
Gosub Pulse_led
Key_2 = Nume
Nume = 20

' Se escoge microcontrolador ATmega16
' Cristal de 8MHz
' Puerto UART a 9600bits/s

' Configuración para teclado

' Habilitación global de interrupciones
' Cursor de LCD apagado

' Ingreso de clave por dígitos

```

```

Key_3:
Gosub Barrido
If Nume = 20 Or Nume = Key_2 Then Goto Key_3
Gosub Pulse_led
Key_3 = Nume
Nume = 20

Key_4:
Gosub Barrido
If Nume = 20 Or Nume = Key_3 Then Goto Key_4
Gosub Pulse_led
Key_4 = Nume
Nume = 20

Key_5:
Gosub Barrido
If Nume = 20 Or Nume = Key_4 Then Goto Key_5
Gosub Pulse_led
Key_5 = Nume
Nume = 20

If Key_1 = Key_1confir And Key_2 = Key_2confir And Key_3 = Key_3confir And Key_4 =
Key_4confir And Key_5 = Key_5confir Then

Dir:
Locate 1 , 1
Lcd " CLAVE INGRESADA"
Locate 2 , 1
Lcd " EXITOSAMENTE"
Pausa = 1
Pausa2 = 65000
Gosub Pause

Pp2:
Readeeprom Dato_eeeprom , 11
If Dato_eeeprom = 1 Then
  Goto Menu_inicial
Else
  Goto Write_eeeprom
End If
End If

Locate 1 , 1
Lcd "INGRESE LA CLAVE"
Locate 2 , 1
Lcd " NUEVAMENTE"

Repite:                                     ' Caso en que se haya ingresado inicialmente la clave errónea
Locate 1 , 1
Lcd "OTRA VEZ?"
Locate 2 , 1
Lcd " SI NO"
Nume = 20
Gosub Barrido
If Nume = 1 Then Goto Si
If Nume = 4 Then Goto No

Goto Repite
Goto Reseteo_de_clave
End If

Si:
Excesos = Excesos + 1
If Excesos = 3 Then Goto Panico
Cls
Goto Reseteo_de_clave
No:
Pausa = 1
Nume = 20
Goto Menu_inicial

'*****EEPROM*****
Write_eeeprom:
S = Key_1                                     ' Escritura en memoria EEPROM
Writeeeeprom S , 6
S = Key_2
Writeeeeprom S , 7
S = Key_3
Writeeeeprom S , 8
S = Key_4
Writeeeeprom S , 9
S = Key_5
Writeeeeprom S , 10

S_eeeprom = 1
Writeeeeprom S_eeeprom , 11
Nume = 20

```

```

Menu_inicial:
Cls
Locate 1 , 3
Lcd "INGRESE CLAVE"
Locate 2 , 7
Cursor On Blink

Pos = 1
Bip = 0

' ***** PROGRAMA PRINCIPAL *****

Pp:
Excesos = 0
Nume = 20
Primero:
Cursor Off Noblink
Cls
Locate 1 , 5
Lcd "S M A R T "
Locate 2 , 5
Lcd "H O M E "
Enable Urxc

For Shag = 1 To 10           ' Gráfica de animación
Gosub Horsel
Gosub Lcd_pictur
Next Shag

Disable Urxc
Pos = Pos + 1
If Pos = 16 Then
  Pos = 1
  Gosub Pause
  Goto Sigue
Else
  Goto Sigue
End If

Sigue:
Locate 1 , 6
Lcd "Adr.: " ; Address
Locate 2 , 5
Lcd " Cmd: " ; Command
End If

A = 1
B = 1
C = 1
D = 1
Locate 2 , 7
Lcd ""

If Setprime_leido = Setprime And Setsegun_leido = Setsegun And Settercer_leido = Settercer
And Setcuart_leido = Setcuart And Setquinto_leido = Setquinto Then Goto Opengate
Si = 0
Goto Panico
End If

'***** SUBROUTINAS *****

Confir_clave:
Cls
Locate 1 , 1
Lcd " CONFIRME CLAVE "
Locate 2 , 7
Nume = 20

Gosub Barrido
If Nume = 20 Then Goto Primero_c
Setprime_leido_c = Nume

A = 1
B = 1
C = 1
D = 1
Locate 2 , 7
Lcd ""

If Setprime = Setprime_leido_c And Setsegun_leido_c = Setsegun And Settercer_leido_c =
Settercer And Setcuart_leido_c = Setcuart And Setquinto_leido_c = Setquinto Then
' Confirmación de clave

Pausa = 0
Gosub Pause
S_eeeprom = 0

```

```

    Writeeprom S_eeeprom , 11
    Goto Reseteo_de_clave
Else
  Cls
  Goto Menu_inicial
End If

Opengate:                                     'Apertura de Cerradura Eléctrica
Cursor Off Noblink
Nume = 20
Locate 1 , 1
Lcd "   ***CLAVE***   "
Locate 2 , 1
Lcd "*** CORRECTA ***"
Door = 0
Wait 1
Door = 1
Pausa = 1
Pausa2 = 65000
Gosub Pause

For K = 0 To 100
Pulseout Portc , 2 , 2000000
Next K

Sensor:
Sensor = Pinc.4
If Sensor = 1 Or Test2 = 1 Then Goto Panico   'Sensor de corte de cable
Return

Barrido:                                     'Barrido de Teclado
A = 0
Uno = Pinb.4
If Uno = 0 Then Nume = 1
Dos = Pinb.5
If Dos = 0 Then Nume = 2
Tres = Pinb.6
If Tres = 0 Then Nume = 3
Cuatro = Pinb.7
If Cuatro = 0 Then Nume = 10
A = 1
B = 0
Uno = Pinb.4
If Uno = 0 Then Nume = 4
Dos = Pinb.5
If Dos = 0 Then Nume = 5
Tres = Pinb.6
If Tres = 0 Then Nume = 6
Cuatro = Pinb.7
If Cuatro = 0 Then Nume = 11
B = 1
C = 0
Uno = Pinb.4
If Uno = 0 Then Nume = 7
Dos = Pinb.5
If Dos = 0 Then Nume = 8
Tres = Pinb.6
If Tres = 0 Then Nume = 9
Cuatro = Pinb.7
If Cuatro = 0 Then Nume = 12
C = 1
D = 0
Uno = Pinb.4
If Uno = 0 Then Nume = 14
Dos = Pinb.5
If Dos = 0 Then Nume = 0
Tres = Pinb.6
If Tres = 0 Then Nume = 15
Cuatro = Pinb.7
If Cuatro = 0 Then Nume = 16
D = 1
Return

Lcd_pictur:
Locate 1 , Pos
Lcd Chr(0) ; Chr(1) ; Chr(2) ; Chr(3)
Locate 2 , Pos
Lcd Chr(4) ; Chr(5) ; Chr(6) ; Chr(7)
Pausa = 0
Pausa2 = 20000
Gosub Pause
Return

Horsel:                                     'Gráfica de imagen por pixel
Deflcdchar 0 , 32 , 32 , 32 , 32 , 3 , 7 , 14 , 14
Deflcdchar 1 , 32 , 32 , 32 , 32 , 15 , 31 , 31 , 31
Deflcdchar 2 , 32 , 32 , 32 , 32 , 3 , 31 , 31 , 31

```



```

Deflcdchar 3 , 32 , 1 , 31 , 31 , 31 , 27 , 19 , 16
Deflcdchar 4 , 12 , 24 , 16 , 1 , 1 , 1 , 32 , 32
Deflcdchar 5 , 31 , 31 , 30 , 23 , 32 , 32 , 16 , 32
Deflcdchar 6 , 31 , 31 , 3 , 2 , 18 , 2 , 1 , 32
Deflcdchar 7 , 28 , 28 , 4 , 4 , 8 , 32 , 32 , 32
Return

Panico:
Bip = 1
Portc.0 = 1
If Si = 1 Then                                     'Proviene de repetir tres veces la clave
  Cls
  Locate 1 , 1
  Lcd " SISTEMA "
  Locate 2 , 1
  Lcd " BLOQUEADO "
  Gosub Barrido
  If Nume = 15 Then Goto Espera2
  Goto Panico
Else
  Sistema_bloqueado:
  Gosub Barrido
  If Nume = 15 Then Goto Espera2
  For R = 1 To 150
  Sound Speaker , 110 , 758
  Next R
  Goto Sistema_bloqueado
End If
'***** INTERRUPCIÓN *****
Rec_isr:

P = Udr                                           'Recepción de datos
I = I + 1                                         'Contador de datos
Vec(i) = P                                       'Creación de vector de recepción de datos
Lon = I
Total = 0
If P = 13 Then
  For I = 4 To Lon
    Total = Total + Vec(i)                       'Suma de datos
  Next I
Check = Hex(255) - Hex(total)
Checkstrin = Str(check)
Checkstrin = Mid(checkstrin , 3 , 2)
Check = Val(checkstrin)
Vec(lon) = Check
Total = Total + Vec(lon)

If Total = 255 Then                               'Verificación de checksum
  For I = 9 To Lon -1
    Dato = Dato + Chr(vec(i))
  Next I
  Buf = Dato
  I = 0

If Buf = "001" Then                               'Comprobación de datos
  Test = 1
  Cls
  Locate 1 , 1
  Lcd " ALARMA "
  Locate 2 , 1
  Lcd " ACTIVADA "
  For F = 0 To 1500000
    Delay
  Next F
End If

If Buf = "000" Then
  Test = 0
  Cls
  Locate 1 , 1
  Lcd " ALARMA "
  Locate 2 , 1
  Lcd " DESACTIVADA "
End If

If Buf = "002" Then
  For K = 0 To 100
    Pulseout Portc , 2 , 2000000
  Next K
  Goto Sig
Else
End If

```

### E.3 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DEL MOTOR CORTINA

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
$lib "mcsbyte.lbx"
$lib "dsl307clock.lib"
$lib "lcd4busy.lib"

Config Int0 = Low Level
Config Int1 = Low Level
On Int0 Int0_int
On Int1 Int1_int
Enable Interrupts
Enable Int0
Enable Int1
On Urxrc Rec_isr
Enable Urxrc
Const _lcdport = Portc
Const _lcdaddr = Ddrc
Const _lcdin = Pinc
Const _lcd_e = 0
Const _lcd_rw = 1
Const _lcd_rs = 2
Config Lcd = 16 * 2

Dim Tiempo As Byte
Dim T As Single
Dim K As Word
Const Cmaxchar = 20
Dim Buf As String * Cmaxchar
Dim Comando As String * Cmaxchar
Dim D As Byte
Dim S As String * 10
Dim F As Word
Dim Lon As Byte
Dim Estado As Byte
Dim H As Bit
Dim A As Bit
Dim Al As String * 6
Dim Vac(20) As Byte
Cursor Off Noblink

Tiempo = 9
T = 1
!***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
Do
Gosub Mostrar_y_velocidad
Loop
!*****MUESTRA LCD Y CONTROL VELOCIDAD*****
Mostrar_y_velocidad:
Portb.1 = Pinb.1
If Portb.1 = 0 Then 'Decremento de velocidad en motor a pasos
Tiempo = Tiempo + 4

Cls 'Muestra el estado del movimiento del motor
Locate 1 , 1
Lcd "VELOCIDAD"
If Tiempo = 9 Or Tiempo = 25 Then
Locate 2 , 1
Lcd "ALTA"
Wait 1
End If
If Tiempo = 13 Then
Locate 2 , 1
Lcd "MEDIA ALTA"
Wait 1
End If
If Tiempo = 17 Then
Locate 2 , 1
Lcd "MEDIA BAJA"
Wait 1
End If
If Tiempo = 21 Then
Locate 2 , 1
Lcd "BAJA"
Wait 1
End If

If Tiempo = 25 Then 'Límite de velocidad de motor
Tiempo = 9
End If
End If

Portb.3 = Pinb.3
If Portb.3 = 0 Then 'Sensado del movimiento del motor
Estado = 0
End If

```

```

Portb.2 = Pinb.2
If Portb.2 = 0 Or Estado = 4 Then                                'Movimiento total en sentido horario
Locate 2 , 1
Lcd "GIRO HORARIO"
Gosub Hor
Goto Regresar
End If

Portb.4 = Pinb.4
If Portb.4 = 0 Or Estado = 3 Then                                'Movimiento total en sentido antihorario
Locate 2 , 1
Lcd "GIRO ANTIHOR "
Gosub Antihor
Goto Regresar
End If

If Estado = 0 Then                                                'Motor detenido
Locate 1 , 1
Lcd " MOTOR A PASOS "
Locate 2 , 1
Lcd " MOTOR PARADO "
Waitms 100
Portd = 0
Goto Regresar
End If

If Estado = 1 Then                                                'Movimiento horario de paso en paso
Gosub Antihor2
Goto Regresar
End If

If Estado = 2 Then                                                'Movimiento antihorario de paso en paso
Gosub Hor2
Goto Regresar
End If

Regresar:
Return

!*****MOVIMIENTO*****
Hor:
H = 1
For K = 0 To 2
Portd = 144
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 192
Waitms Tiempo
Next K
Return

Antihor:
A = 1
For K = 0 To 2
Portd = 192
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 144
Waitms Tiempo
Next K
Return
!*****INTERRUPCIONES*****
Int0_int:

If Pinb.2 = 0 Or Pinb.4 = 0 Then                                'Movimiento contrario al detectar fin de carrera
Portd = 0
Goto Bloq0
End If

If H = 1 Then
For K = 0 To 20
Portd = 192
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 144
Waitms Tiempo

```

```

Next K
End If
If A = 1 Then
For K = 0 To 20
Portd = 144
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 192
Waitms Tiempo
Next K
End If

H = 0
A = 0
Bloq0:
Estado = 0
Return

Intl_int:

If Pinb.2 = 0 Or Pinb.4 = 0 Then      'Movimiento contrario al detectar fin de carrera
Portd = 0
Goto Bloq1
End If

If H = 1 Then
For K = 0 To 20
Portd = 192
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 144
Waitms Tiempo
Next K
End If

If A = 1 Then
For K = 0 To 20
Portd = 144
Waitms Tiempo
Portd = 48
Waitms Tiempo
Portd = 96
Waitms Tiempo
Portd = 192
Waitms Tiempo
Next K

End If
H = 0
A = 0
Bloq1:
Estado = 0
Return
!***** UART *****
Rec_isr:
D = Udr
I = I + 1
Vec(i) = D
Lon = I
Total = 0
If D = 13 Then
For I = 4 To Lon
Total = Total + Vec(i)
Next I
Check = Hex(255) - Hex(total)
Checkstrin = Str(check)
Checkstrin = Mid(checkstrin , 3 , 2)
Check = Val(checkstrin)
Vec(lon) = Check
Total = Total + Vec(lon)

If Total = 255 Then
For I = 9 To Lon -1
Dato = Dato + Chr(vec(i))
Buf = Dato
Next I
I = 0
If Dato = "000" Then
Estado = 0
End If

```

```

If Dato = "001" Then
  Estado = 1
End If
If Dato = "002" Then
  Estado = 2
End If
If Dato = "003" Then
  Estado = 3
End If
If Dato = "004" Then
  Estado = 4
End If

End If
End If
Return
End

```

## E.4 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DIMMER

```

$regfile = "m16def.dat"           'Configuración del microcontrolador
$crystal = 8000000
$baud = 9600
$lib "mcsbyte.lbx"
$lib "lcd4busy.lib"

Ddrb.3 = 1                        'Puerto b.3 como salida PWM
TCCR0 = &B01101010               'Prescalador de 8 para PWM
Config Timer1 = Timer , Prescale = 8 'Configuración del timer0
Const Timerstart = 65536 - 61630
Timer1 = Timerstart
On Timer1 Timer_1_int
Enable Timer1
Enable Interrupts

Dim W As
Dim Checkstrin As String * 10
Dim Check As String * 10
Dim D As Byte
Dim Lon As Byte
Dim Valor As Byte
Dim W1 As Byte
Dim Vac(20) As Byte
Dim Total As Word

On Urx Rec_isr
Enable Urx
'***** Programa Principal*****
Do
Locate 1 , 5
Lcd "DIMMER"
Waitms 20
W1 = W
Locate 2 , 6
Lcd W1 ; "%"
Waitms 200
Cls

W = 2.55 * W
Ocr0 = W           ' Registrando ancho de pulso
Loop

' ***** INTERRUPTCION UART *****
Rec_isr:
  D = Udr
  I = I + 1
  Vec(i) = D
  Lon = I
  Total = 0
If D = 13 Then
  For I = 4 To Lon
  Total = Total + Vec(i)
  Next I
  Check = Hex(255) - Hex(total)
  Checkstrin = Str(check)
  Checkstrin = Mid(checkstrin , 3 , 2)
  Check = Val(checkstrin)
  Vec(lon) = Check
  Total = Total + Vec(lon)
If Total = 255 Then
  For I = 9 To Lon -1
  Dato = Dato + Chr(vec(i))
  Buf = Dato
  Next I
  I = 0

```

```
W = 2.55 * Dato
Return
```

## E.5 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL ON/OFF

```
$regfile = "m16def.dat"           ' Configuración del microcontrolador
$crystal = 8000000
$baud = 9600
$lib "mcsbyte.lbx"
$lib "lcd4busy.lib"

Dim Vac(20) As Integer
Const Cmaxchar = 20
Dim Bc As Byte
Dim Buf As String * Cmaxchar
Dim D As Byte
On Urxrc Rec_isr
Enable Urxrc
Enable Interrupts
Dim S As String * 10
Dim Lon As Byte
Dim A As String * 5

'***** Programa Principal *****
Do
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Nodo"
Locate 2 , 1
Lcd "Foco"

If A = "001" Then                 ' Condición de activado del relé
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Foco encendido"
Portb.0 = 1
Wait 1
End If
If A = "000" Then                 ' Condición de desactivado del relé
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Foco apagado"
Portb.0 = 0
Wait 1
End If
Loop
'***** Interrupción *****
Rec_isr:
  D = Udr
Rec_isr:
  D = Udr
  I = I + 1
  Vec(i) = D
  Lon = I
  Total = 0
If D = 13 Then
  For I = 4 To Lon
  Total = Total + Vec(i)
  Next I
  Check = Hex(255) - Hex(total)
  Checkstrin = Str(check)
  Checkstrin = Mid(checkstrin , 3 , 2)
  Check = Val(checkstrin)
  Vec(lon) = Check
  Total = Total + Vec(lon)

If Total = 255 Then
  For I = 9 To Lon -1
  Dato = Dato + Chr(vec(i))
  Buf = Dato
  Next I
  I = 0
A = Mid(buf , 2 , 3)
Return
```

## E.6 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

```
$regfile = "m16def.dat"           'Configuración del microcontrolador
$crystal = 8000000
```

```

$baud = 9600

On Urxrc Rec_isr
Enable Urxrc
Enable Interrupts

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

$lib "lcd4busy.lib" 'Configuración del LCD
Const _lcdport = Portc
Const _lcdaddr = Ddrc
Const _lcdin = Pinc
Const _lcd_e = 0
Const _lcd_rw = 1
Const _lcd_rs = 2
Config Lcd = 16 * 2

Config Portb.3 = Output
Config Portb.1 = Output
Config Portb.7 = Output

Config Timer1 = Timer , Prescale = 64
Const Timerstart = 65536 - 64999
Timer1 = Timerstart
On Timer1 Timer_1_int
Enable Timer1
Enable Interrupts

Declare Sub Zbsend(byref Zbdat As String) 'Declaración de subrutinas de envío de datos
Declare Sub Zbsendl(byref Zbdat1 As String)
Declare Sub Consola(byref Dat As String , Byval Direccion As Integer)

Dim W As Word , Channel As Byte
Dim D As Byte
Const Cmaxchar = 20
Dim Comando As String * Cmaxchar
Dim S As String * 10
Dim Lon As Byte
Dim Buf As String * Cmaxchar
Dim L As Integer
Dim Ll As Integer
Dim Dat As String * 30
Dim Numc As Integer
Dim Porcenint As Byte
Dim Hexa As String * 10
Dim Hexal As String * 10
Dim Carga As Byte
Dim Estado As Byte
Dim A As Long
Dim A2 As Long
Dim B2 As Long
Dim Var As Word
Dim Retorno As Byte
Dim W1 As Single
Dim W2 As Byte
Dim Dato_puerta As Byte
Dim W_far As Single
Dim W_far_ent As Word
Dim W_ant As Word
Dim W_ant1 As Word
Dim Tstr As String * 6
W_ant1 = 20
Start Adc
!***** Programa Principal *****
Do
Pp:

W = Getadc(0)
W1 = W * 0.25
W1 = W1 * 0.39
W1 = Int(w1)
W2 = W1
W_far = 9 * W2
W_far = W_far / 5
W_far = W_far + 32
W_far_ent = Int(w_far)

Locate 1 , 1 ' Visualización de la Temperatura
Lcd " TEMP ACTUAL "
Locate 2 , 1
Lcd "Tm:" ; W2 ; "oC" ; " Tm:" ; W_far_ent ; "oF"
Wait 2
Cls
Locate 1 , 1
Lcd " TEMPERATURA "
Locate 2 , 1
Lcd "Mx:" ; W_ant ; "oC" ; " Mn:" ; W_ant1 ; "oC"

```

```

Wait 1
Cls

If T1 = 1 Then                                     ' Envío de datos de manera direccionada

    If W2 < 10 Then
        Tstr = "100" + Str(w2) + Chr(13)
        Hexa = Tstr
        Call Zbsendl(hexa)
        Goto Pp
    End If

    If W2 < 100 And W2 >= 10 Then
        Tstr = "10" + Str(w2) + Chr(13)
        Hexa = Tstr
        Call Zbsendl(hexa)
    End If

    If W2 >= 100 Then
        Tstr = "1" + Str(w2) + Chr(13)
        Hexa = Tstr
        Call Zbsendl(hexa)
        Goto Pp
    End If

Else
    Goto Pp
End If

Loop

'***** Subrutinas de envío de datos modo API *****

Sub Zbsend(byref Zbdato As String * 30)
    Dim N11 As String * 2
    Dim N12 As String * 4
    Dim Vn1 As Integer
    Null1 = Mid(zbdato , 4 , 1)

    Null1 = "4" + Null1                                     ' Se toma el dato
    L = Hexval(null1)
    Dat = Chr(L)
    Null2 = Mid(zbdato , 1 , 1)                             ' Se coloca el dato listo para enviarlo
    Direccion = Val(Null2)                                  ' Se coloca la dirección lista para enviarla

    Call Imprimir(dat , Direccion)                         ' Envío a subrutina para enviar datos
End Sub

Sub Zbsendl(byref Zbdato1 As String * 30)
    Dim N11 As String * 2
    Dim N21 As String * 4
    Dim Vn1 As Integer

    Dat = Mid(zbdato1 , 2 , 4)
    N21 = Mid(zbdato1 , 1 , 1)
    Numc = Val(n21)

    Call Consola(dat , Numc)
End Sub

' Imprimir en modo API
Sub Consola(byref Cola As String * 30 , Byval Direccion As Integer)
    Dim Longitud As Integer
    Dim Vector(20) As Byte
    Dim Ib As Integer
    Dim Cont1 As Integer
    Dim Checksum As Integer
    Dim Valor As Integer
    Dim Valor2 As Integer
    Dim Caract As String * 1
    Dim Caract2 As String * 20
    Dim He As Integer
    Dim H As String * 5
    Longitud = Len(Cola)
    Longitud = Longitud + 9
    Vector(1) = 126                                     ' Delimitador de trama
    Vector(2) = 0                                       ' Longitud de trama
    Valor = Longitud - 4
    Vector(3) = Valor                                     ' Longitud de trama
    Vector(4) = 1                                       ' Identificador API
    Vector(5) = 1                                       ' Configuración ACK
    If Direccion >= 100 Then
        He = Direccion \ 100
        Vector(6) = He
        He = Direccion Mod 100
        H = Str(he)

```



```

    Vector(7) = Hexval(h)
Else
    Vector(6) = 0
    Vector(7) = Direccion
End If
End If
Vector(8) = 4
Valor = Longitud - 1
For Ib = 9 To Valor
    Valor2 = Ib - 8
    Caract = Mid(cola , Valor2 , 1)
    Vector(ib) = Asc(caract)
Next Ib
Valor = Longitud - 1
Checksum = 0
For Cont1 = 4 To Valor
    Checksum = Checksum + Vector(cont1)
Next Cont1
If Checksum <= 255 Then
    Vector(cont2) = 255 - Checksum
Else
    While Checksum > 255
        Checksum = Checksum - 256
    Wend
    Vector(cont2) = 255 - Checksum
End If
Printbin Vector(1) ; Longitud
End Sub

' ***** Interrupción Recepción de datos *****
Rec_isr:
Disable Timer1
D = Udr
I = I + 1
Vec(i) = D
Lon = I
Total = 0

If D = 13 Then
    For I = 4 To Lon
        Total = Total + Vec(i)
    Next I

    Checksum = Hex(255) - Hex(total)
    Checksumstrin = Str(checksum)
    Checksumstrin = Mid(checksumstrin , 3 , 2)
    Checksum = Val(checksumstrin)
    Vec(lon) = Checksum
    Total = Total + Vec(lon)

    If Total = 255 Then
        For I = 9 To Lon -1
            Dato = Dato + Chr(vec(i))
        Next I
        I = 0

        Buf = Mid(buf , 7 , 1)
        If Buf = "000" Then
            T1 = 1
        End If

        If Buf = "001" Then
            T1 = 0
        End If

        Buf = ""

    Else
        Buf = Buf + Chr(d)
    End If

Return
End

```