

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA NO
CONVENCIONAL BASADO EN REDES ZIGBEE
(802.15.4) PARA REALIZAR UN CONTROL SOBRE
EQUIPOS DE VIDEO E INTEGRACIÓN A SISTEMAS
DE SUPERVISIÓN DE MAYOR JERARQUÍA**

DANILO FABRICIO TRUJILLO RONQUILLO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado: **“Diseño de un sistema de vigilancia no convencional basados en redes ZigBee (802.15.4) para realizar un control sobre equipos de video e integración a sistemas de supervisión de mayor jerarquía”**, fue desarrollado en su totalidad por el señor Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Rodolfo Gordillo

DIRECTOR

Ing. Carlos Romero

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios, ese ser tan maravilloso y misterioso que nos llena con su sabiduría y nos da fuerza para seguir adelante en cada reto de nuestras vidas.

A mis padres, Francisco y Lilia que me enseñaron que la mejor forma de alcanzar una meta es vencer todos esos obstáculos que la vida nos presenta a diario.

A mis hermanos por brindarme ese apoyo incondicional, en las etapas más duras de mi carrera, y quienes siempre supieron alentarme para que pueda culminar con éxito, esta etapa de mi vida.

A mis amigos, Eduardo, Israel, Diego, Daniela, Estefanía, Fernanda por enseñarme que la confianza se la puede encontrar en verdaderos amigos y quienes nunca me dieron la espalda en los momentos más difíciles de mi vida.

A los Señores, Doña Miriam y Don Paco, quienes siempre me han dado una mano, y quienes me consideran como un hijo más de su familia.

A los Ingenieros, Rodolfo Gordillo y Carlos Romero, que con mucha apertura y predisposición me supieron guiar para la culminación del presente proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres, Francisco y Lilia

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
CAPÍTULO 2	7
ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR 802.15.4, SEGURIDAD Y VIGILANCIA	7
2.1. HISTORIA	7
2.1.1. Cronología	7
2.1.2. Definición	8
2.1.3. Objetivo	9
2.1.4. Estándar IEEE 802.15.4	9
2.1.5. Bandas de Operación	10
2.2. TIPOS DE DISPOSITIVOS	11
2.2.1. Coordinador ZigBee	11
2.2.2. Router ZigBee	11
2.2.3. Dispositivo final	12
2.2.4. Dispositivos de Funcionalidad Completa	12
2.2.5. Dispositivos de Funcionalidad Reducida	12
2.3. DISPOSITIVOS Y SERVICIOS DE DESCUBRIMIENTO	13
2.4. DISPOSITIVOS DE GESTIÓN	13
2.4.1. Dispositivos de Gestión	13
Gestor de Seguridad	13
Gestor de Enlace	13
Gestor de Red	14
Gestor de Nodos	14
2.5. MODELO DE TRANSFERENCIA DE DATOS	14
2.6. ARQUITECTURA	14
2.6.1. Capa Física y Capa MAC	15
2.6.2. Capa de Red	15
Servicio de Datos	17
Servicio de Control	17
2.6.3. Capa Soporte de Aplicación	18
2.6.4. Capa de Aplicación	18
2.7. TOPOLOGÍA	20
2.8. ÁREAS DE APLICACIÓN	21
2.9. APLICACIONES DE ALTO NIVEL	23
2.10. CARACTERÍSTICAS DE ZIGBEE	24
2.11. DOMÓTICA Y ZIGBEE	25
2.11.1. Sistemas que se integran en la Domótica	26
2.11.2. Aporte de la Domótica	27
2.11.3. ZigBee en Domótica	28
2.12. SEGURIDAD Y VIGILANCIA	28
2.12.1. Seguridad	28
2.12.2. Clasificación de los sistemas de Seguridad	28
2.12.3. Vigilancia	29
CAPÍTULO 3	30
COMPONENTES DEL SISTEMA	30
3.1. CÁMARAS IP	30

3.1.1.	Definición de una cámara IP	31
3.1.2.	Constitución de las Cámaras IP	32
3.1.3.	Aplicaciones	33
3.1.4.	Ventajas de las Cámaras IP frente a los CCTV	34
3.1.5.	Ubicaciones de las Cámaras IP	35
3.1.6.	Niveles de Seguridad	35
3.1.7.	Tipos de Cámaras IP	36
3.1.8.	Compresión H.264 o MPEG4.....	36
3.2.	SENSORES DE MOVIMIENTO	37
3.3.	KIT DE EVALUACIÓN DE FREESCALE TARJETAS EVK	42
3.3.1.	Tarjetas SARD.....	42
3.3.2.	Características de HCS08.....	44
3.3.3.	Características del Transceptor MC13192.....	45
3.4.	Dispositivo Externo	49
3.5.	SWITCH.....	50
3.6.	COMPUTADORA DE ESCRITORIO O PORTÁTIL	51
CAPÍTULO 4	52
DISEÑO DE APLICACIÓN	52
4.1.	DISEÑO Y ARQUITECTURA.....	52
4.1.1.	Aspectos previos al Diseño	52
4.1.2.	Diseño.....	53
4.1.3.	Topología de la Red	53
4.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	55
4.2.1.	Estación Sensor	56
4.2.2.	Estación Central	56
4.2.3.	Estación Remota	57
a)	Alternativa de Diseño Vía Hardware.....	58
	Descripción de la Alternativa de Diseño.....	59
b)	Alternativa de Diseño Vía Software.....	62
	Descripción de la Alternativa de Diseño.....	63
4.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	66
4.3.1.	Sistema convencional de vigilancia.....	66
	Ventajas	66
	Desventajas	66
4.3.2.	Sistema no convencional de vigilancia	66
	Ventajas.....	66
	Desventajas	67
CAPÍTULO 5	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1.	CONCLUSIONES.....	68
5.2.	RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
CAPÍTULO 2	70
CAPITULO 3	71
CAPITULO 4	72
ANEXOS	73
ANEXOS	74
ANEXO A	75
A. ZED	75
MANUAL	75

ZigBee™ Environment Demonstration (ZED)	75
A.1 ACERCA DE ESTA GUÍA	76
A.2 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES	76
A.3 INTRODUCCIÓN A ZeD	78
A.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	78
A.5 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE	79
A.6 INSTALACIÓN DE ZeD	79
A.7 INSTALANDO EN LA PC	81
A.8 FORMANDO UNA RED Y EMPEZANDO CON ZeD	82
A.8.1 Formación de la Red.....	82
Usando la tarjeta EVK 1322x.....	82
Usando la tarjeta EVK 1321x.....	84
Usando la tarjeta EVK 13192.....	86
A.9 EJECUTANDO ZeD	88
A.9.1 Casos donde se usa ZeD.....	92
A.9.2 Requerimientos para el Uso.....	92
A.9.3 Colocación de las tarjetas en Modo de Aplicación.....	92
A.9.4 Uso de ZeD para las tarjetas EVK.....	93
A.9.5 Inicialización de las EVKs.....	95
Uso del switch On/Off y del encendido y apagado de luz.....	97
Uso del Switch Potenciómetro y de la Luz Regulable.....	99
A.9.6 Descargando Archivos Integrados de Imágenes.....	100
Descargando Archivos para el HCS08.....	101
Requerimientos del Sistema.....	101
Conectando el BDM.....	101
Localizando la Aplicación HiWave.....	102
Cargando una Aplicación.....	102
ANEXO B	106
PROGRAMANDO EN CODEWARRIOR	106
B.1 PROGRAMANDO DIRECTAMENTE EN CODEWARRIOR	106
B.2 ADJUNTANDO UN PROGRAMA HECHO EN C	114
B.2.1 Comenzando con proyectos.....	115
B.2.2 Un proyecto de ejemplo.....	121
Compilación del proyecto.....	124
Simulación del proyecto.....	125
ANEXO C	127
C. PoE “POWER OVER ETHERNET”	127
C.1 VENTAJAS	128
C.2 DESVENTAJAS	129
ANEXO D	130
CÓDIGO DEL PROGRAMA HECHO EN VISUAL BASIC	130
ÍNDICE DE FIGURAS	137
ÍNDICE DE TABLAS	139

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La vigilancia siempre ha sido una prioridad para los gobiernos y autoridades locales a todos los niveles y abarca desde el control de tráfico y la supervisión de hospitales hasta las grandes operaciones de seguridad en caso de eventos excepcionales. Debido a los ataques a la seguridad registrados recientemente en el mundo, los sistemas de monitoreo en red están sujetos a un creciente análisis, por la información que pueden captar y por la manera de facilitar una reacción veloz y eficaz a los equipos de seguridad.

La digitalización de los dispositivos técnicos es algo imparable, de hecho ya ha implicado un incremento significativo en la flexibilidad dentro de la tecnología de monitoreo por video. Durante los últimos cinco años, renombrados fabricantes han invertido enormes cantidades de dinero en desarrollo y ofrecen actualmente una amplia pero desordenada gama de componentes y sistemas.

La ZigBee Alliance es una asociación de empresas que trabajan conjuntamente para lograr productos fiables, rentables, de baja potencia, mediante conexión inalámbrica en red, seguimiento y control basado en un estándar mundial abierto.

ZigBee es una tecnología inalámbrica de comunicaciones basado en el estándar IEEE 802.15.4 y su función es la de solucionar los problemas de interoperabilidad, flexibilidad, duración de la batería y costos de los protocolos. ZigBee se utiliza para controlar la calefacción, iluminación, sistema de seguridad, etc. de cualquier edificio inteligente.

1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En la actualidad la domótica se convierte en la nueva tendencia en el mundo de hoy, el estándar ZigBee se convierte en los cimientos necesarios para ésta, sus principales características tales como: que permite una mínima capacidad de transferencia de información, bajo consumo de energía, sistema de comunicación vía radio con topología tipo malla la hace más racional y con más sentido común.

La importancia de utilizar redes ZigBee radica en que ésta utiliza dispositivos que logran mejorar sobre el ahorro de consumo energético, bajo coste, flexibilidad de montaje, fácil instalación y control externo.

A nivel local se han hecho diseños sobre redes ZigBee, sin embargo no se ha analizado su utilización en sistemas de video, así como tampoco su integración con redes de mayor nivel.

El desarrollo de este proyecto permitirá conocer de forma primaria la forma de diseñar sistemas de supervisión de video basados en una tecnología no convencional (ZigBee) que poco a poco está siendo orientado para aplicaciones de control y monitoreo. La información técnica analizada y desarrollada servirá como documento de referencia para futuras investigaciones e implementaciones sobre integración de redes ZigBee con otras de mayor jerarquía.

Los sistemas de vigilancia convencional, utilizan redes con circuitos cerrados de televisión o redes de cámaras IP y un equipo de grabación o DVR para el almacenamiento de las imágenes.

ZigBee es un estándar de comunicaciones diseñado para trabajar dentro del campo de la Domótica, un conjunto de sistemas tecnológicos que permiten gestionar de manera eficiente, segura y confortable, los distintos aparatos e instalaciones domésticas que forman parte de la vivienda tradicional.

En este trabajo se pretende utilizar las características de la video vigilancia conjuntamente con protocolos ZigBee e IP para crear un sistema de vigilancia no convencional.

Al hacer hincapié a lo expuesto anteriormente, en esta época en la que la tecnología ha beneficiado a todas las personas, porque no utilizarla para vigilancia y seguridad en hogares u oficinas.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

En el **CAPÍTULO 2** se detalla brevemente definición, cronología, aplicaciones sobre ZigBee y el estándar IEEE 802.15.4, sus principales características, así como también cuál es su funcionamiento y como interactúan dentro de la domótica. Además se describe brevemente seguridad y vigilancia, y como trabajan en conjunto formando un sólo sistema.

El **CAPITULO 3** esta dedicado a detallar cada uno de los componentes del proyecto, tales como cámaras IP, dispositivos ZigBee, dispositivo externo, sensor de movimiento, computadora de escritorio o portátil; y adicionalmente el funcionamiento de las tarjetas EVK de Freescale y la compresión que usan las cámaras IP para la transmisión de imágenes.

En el **CAPÍTULO 4** luego de hacer un análisis de los componentes del sistema, se describe: sus funciones principales, ubicación de los diferentes dispositivos, topología de la red, además la localización de la vivienda que sirvió de base para una futura implementación del sistema de vigilancia. Y también el estudio de dos alternativas de diseño, para poder integrar los dos sistemas de comunicación. Por último un estudio sobre las ventajas y desventajas de utilizar un sistema de vigilancia convencional con respecto a un sistema de vigilancia no convencional.

En el **CAPÍTULO 5** se detalla las conclusiones y recomendaciones.

En **ANEXOS** se incluye un manual sobre la utilización del Kit de Evaluación de Freescale y descripción del programa ZeD, Una breve síntesis de cómo usar CodeWarrior para programar los microcontroladores que vienen inmersos en las tarjetas del Kit de Evaluación, además un breve resumen de la tecnología PoE y por último el código de programa de una rutina hecha en Visual Basic que permite controlar una tarjeta de red.

CAPÍTULO 2

ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR 802.15.4, SEGURIDAD Y VIGILANCIA

2.1. HISTORIA

El origen del nombre es un poco rebuscado, pero la idea surgió de la observación de una colmena de abejas pululando alrededor de su panal y la forma que tienen éstas para comunicarse entre sí [3]. ZigBee se define como la comunicación producida semejante al zumbido de una abeja.

2.1.1. Cronología

Los cambios que ha sufrido ZigBee de acuerdo a los siguientes años son:

En 1998 se observa la necesidad de redes *ad hoc*¹ inalámbricas, al tiempo que se hizo claro que Wi-Fi y Bluetooth no serían soluciones válidas para todos los contextos, según lo cual se conciben las redes de la familia ZigBee.

En mayo del 2003 se aprueba el estándar IEEE 802.15.4

En el verano del 2003 Philips Semiconductors pone fin a la inversión en redes de mallas, Philips Lighting perpetúa la participación de

¹ Modo de conexión de una WLAN, mediante la cual podemos conectar directamente varios nodos sin ninguna especificación de la red.

Philips convirtiéndose en uno de los más prominentes miembros de la ZigBee Alliance [4].

En octubre del 2004 la ZigBee Alliance anuncia la duplicación de miembros en el último año a más de 100 en 22 países.

En diciembre del 2004 se aprueba la especificación ZigBee.

El 13 de junio del 2005 ZigBee 2004 se pone a disposición del público sin fines de lucro, en San Ramón California.

En el 2006 los dispositivos ZigBee se convierten en los más económicos en el mercado.

En diciembre del 2006 se publicó la actual revisión de la especificación.

Y en noviembre del 2007 se publicó el perfil *HOME AUTOMATION* de la especificación.

2.1.2. Definición

También conocido como "*HomeRF Lite*" [4] es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación, se basa en el estándar 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*WPAN, wireless personal area network*).

ZigBee es una alianza sin fines de lucro de más de 100 empresas, en su mayoría fabricantes de semiconductores, con el objetivo de auspiciar el desarrollo e implementación de una tecnología inalámbrica de bajo coste.

Destacan empresas como Invensys, Siemens, Samsung, Mitsubishi, Honeywell, Philips y Motorola que trabajan para crear un sistema estándar de comunicaciones para redes inalámbricas con capacidad de control y monitoreo

que sean confiables de bajo consumo energético y de bajo coste, vía radio y bidireccional, para usarlo dentro de dispositivos de domótica automatización de edificios (inmótica), control industrial, periféricos de PC, juguetería, sensores médicos.

Los miembros de esta Alianza justifican la existencia de este estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo de Bluetooth.

2.1.3. Objetivo

El objetivo de esta tecnología no es obtener velocidades muy altas, ya que sólo puede alcanzar una tasa de 20 a 250 kbps en un rango de 10 a 75 metros, si no que es obtener sensores cuyos transceptores tengan un muy bajo consumo energético. De acuerdo a esto existen dispositivos cuyas baterías pueden durar dos años ya que estos pasan la mayor parte del tiempo en un estado latente, es decir duermen para que su consumo sea menor.

2.1.4. Estándar IEEE 802.15.4

Fue desarrollado como un estándar para hacer investigaciones sobre redes inalámbricas personales que requerían una baja tasa de transmisión, de muy baja complejidad y de bajo coste y que operen sin licencias sobre la banda de frecuencias de 2.4 GHz.

Es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con bajas de tasas de transmisión de datos (*low – rate wireless personal area network, LR - WPAN*) [9].

También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, el cual ofrece una solución completa para este tipo de redes (802.15.4), construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

2.1.5. Bandas de Operación

ZigBee opera en las bandas libres de 2.4 Ghz, 858 Mhz para Europa y 915 Mhz para Estados Unidos. En la figura 2.1 se puede apreciar bandas del protocolo 802, incluyendo ZigBee.

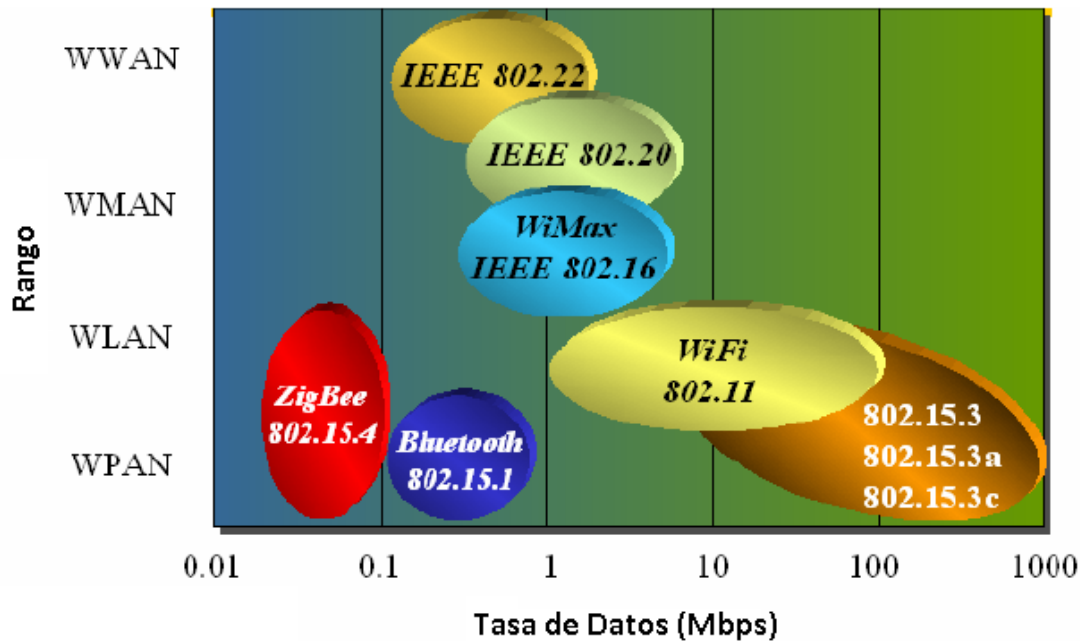


Figura 2.1 Tecnologías en 2.4 GHz.

En la banda de 2.4 GHz se usa la modulación de espectro expandido DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). A una velocidad de transmisión de 250 kbps y con una potencia de 1mW cubre un radio de aproximadamente 13 metros [8].

En la figura 2.2 se puede apreciar las características de radio de las señales.

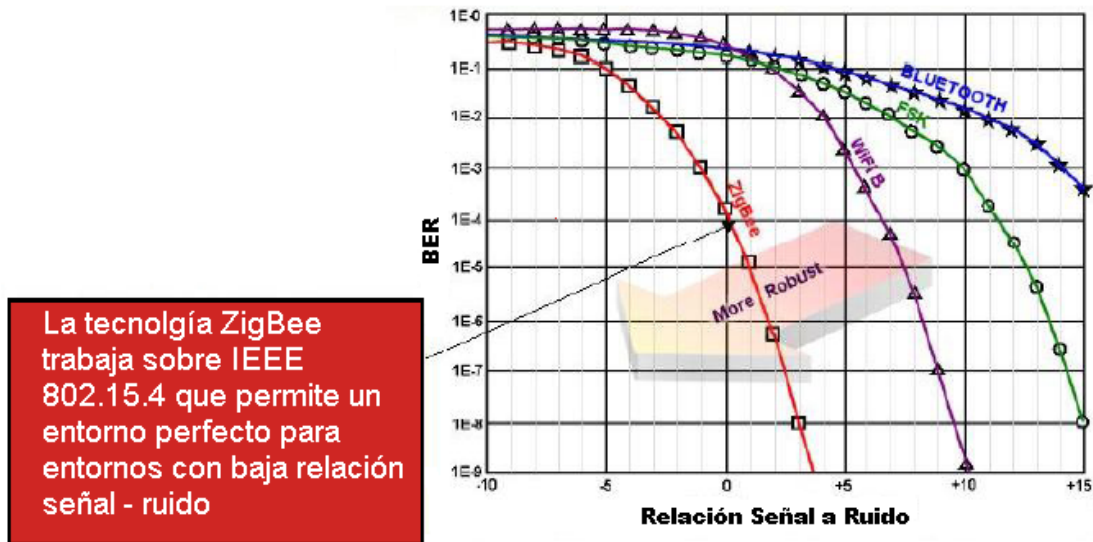


Figura 2.2 Radio de Señales según el BER

2.2. TIPOS DE DISPOSITIVOS

Según su papel en la red, se definen tres tipos de dispositivos:

2.2.1. Coordinador ZigBee

(*ZigBee coordinator, ZC*), es el dispositivo que mantiene en todo el momento el control del sistema, además es el que inicia una red y forma raíz de ésta; una de sus principales características es que es capaz de guardar información de toda su red y puede actuar como “centro de confianza” al almacenar y administrar las llaves de seguridad. Sólo puede existir un coordinador por red.

2.2.2. Router ZigBee

(*ZigBee Router, ZR*), es aquel que conecta dispositivos que están separados en una topología de red, además ofrece un nivel de aplicación para la ejecución de código del usuario.

2.2.3. Dispositivo final

(*ZigBee end device, ZED*), poseen la funcionalidad para comunicarse sólo con su nodo padre, no puede transmitir datos a otros dispositivos, una de sus principales características es que mantiene desactivado el radio transmisor la mayor parte del tiempo con la finalidad de consumir la menor cantidad de energía y así obtener una mayor vida de las baterías. Beneficio principal de ZigBee [10].

2.2.4. Dispositivos de Funcionalidad Completa

(*FFD*) También conocido como nodo activo, es capaz de recibir mensajes en formato del estándar 802.15.4, gracias a que posee una memoria adicional y a su capacidad de computar. Una de sus características es que puede actuar como coordinador, como router o también como dispositivo de red que actúen de interfaz con el usuario.

2.2.5. Dispositivos de Funcionalidad Reducida

(*RFD*) También conocido como nodo pasivo, tiene capacidad y funcionalidad limitadas (especificadas en el estándar) con el objeto de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente son los sensores/actuadores de la red [6].

Un nodo ZigBee (tanto activo como pasivo) reduce su consumo gracias a que puede permanecer dormido la mayor parte del tiempo (incluido muchos días seguidos). Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo ínfimo, para volverse a dormir cuando deja de ser requerido. Un nodo cualquiera despierta en aproximadamente 15 ms, además de este tiempo se muestran otras medidas de funciones comunes:

- Nueva enumeración de los nodos esclavos por parte del coordinador aproximadamente 30 ms.

- Acceso al canal entre un nodo activo y uno pasivo aproximadamente 15 ms.

2.3. DISPOSITIVOS Y SERVICIOS DE DESCUBRIMIENTO

El dispositivo y las funciones del servicio de descubrimiento soportan:

- El dispositivo de descubrimiento
- El servicio de descubrimiento

2.4. DISPOSITIVOS DE GESTIÓN

2.4.1. Dispositivos de Gestión

- **Gestor de Seguridad**

El gestor de seguridad determina que seguridad esta habilitada o deshabilitada [8], si esta habilitada debe permitir:

- Establecer una clave.
- Transportar la clave.
- Autenticación.

- **Gestor de Enlace**

La función de gestión de enlace soporta:

- El enlace de los dispositivos finales.
- El enlace y desenlace.

- **Gestor de Red**

La función del gestor de red soporta:

- El descubrimiento de la red.
- La formación de la red.
- Permitir y denegar asociaciones
- Asociaciones y desasociaciones.
- Descubrimiento de rutas.
- Reseteo de la red.
- Habilitación e inhabilitación del estado del receptor de radio.

- **Gestor de Nodos**

Soporta la petición y respuesta de la función de gestión. Esta función solo proporciona visibilidad a dispositivos externos en cuanto al estado del dispositivo receptor de la petición [8].

2.5. MODELO DE TRANSFERENCIA DE DATOS

El estándar IEEE 802.15.4 especifica que en una red de este tipo, pueden existir tres tipos de transferencia de datos:

- De un dispositivo hacia un coordinador.
- De un coordinador hacia un dispositivo.
- Entre dispositivos semejantes.

2.6. ARQUITECTURA

ZigBee se define como una pila de protocolos que permite la comunicación de forma sencilla entre múltiples dispositivos. Especifica diversas capas, adecuándose al modelo OSI en la figura 2.3 se puede apreciar las diferentes capas que conforman la pila de protocolos [12].

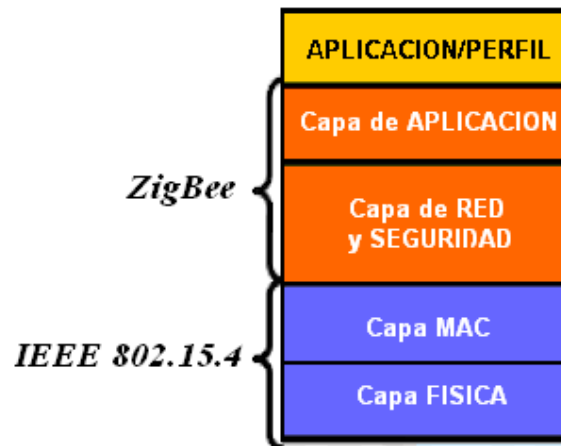


Figura 2.3. Capas que conforman la pila de protocolos para ZigBee

2.6.1. Capa Física y Capa MAC

IEEE 802.15.4 ofrece dos opciones de capa física (PHY) que combina con el MAC que permite un amplio rango de aplicaciones en redes. Ambas capas se basan en métodos de Secuencia Directa de Espectro Extendido (DSSS) que resultan en bajos costos de implementación digital y bajo consumo de energía.

La principal diferencia entre ambas capas radica en la banda de frecuencias, la capa física a 2.4 GHz especifica la operación en la banda Industrial, Médica y Científica (ISM), que prácticamente esta disponible en todo el mundo, mientras que la otra especifica la operación en la banda de 865 MHz en Europa y 915 en Estados Unidos.

2.6.2. Capa de Red

(*NWK*) Debido a que la pila del protocolo ZigBee es relativamente simple en comparación con otras pilas de protocolos de comunicaciones, la capa de red de ZigBee a menudo hace referencia a la capa de aplicación (APL).

En esta capa se brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos de la red, proporcionar

los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos.

Cuando esta capa se encuentra cumpliendo la función de unir o separar dispositivos a través del controlador de la red, implementa seguridad, y encamina tramas a sus respectivos destinos, además la capa de red del controlador de red es responsable de crear una nueva red y asignar direcciones a los dispositivos de la misma.

En esta capa es donde se implementa las distintas topologías de red que ZigBee soporta: árbol, estrella y red tipo malla.

La capa de red es necesaria para ofrecer servicios a la capa inmediatamente superior, la capa de Aplicación que permitan realizar operaciones sobre la capa inmediatamente inferior a la misma, la sub-capa MAC, definida en el IEEE 802.15.4 – 2003, la capa de red hace de interfaz entre la capa de Aplicación y la de MAC.

Para esto la capa de red dispone en esta interfaz de dos servicios, con los que cubre las necesidades de la capa de Aplicación, Estos dos servicios se conocen como Servicio de Datos y Servicio de Control.

La comunicación entre la capa de Aplicación y la subcapa MAC, se lleva a cabo en el SAP de la capa de red, como se puede apreciar en la figura 2.4. Existen dos SAP uno por cada servicio que la capa de red oferta a la de Aplicación. De la misma forma aparecen otros dos SAP más entre la capa de red y la subcapa MAC.

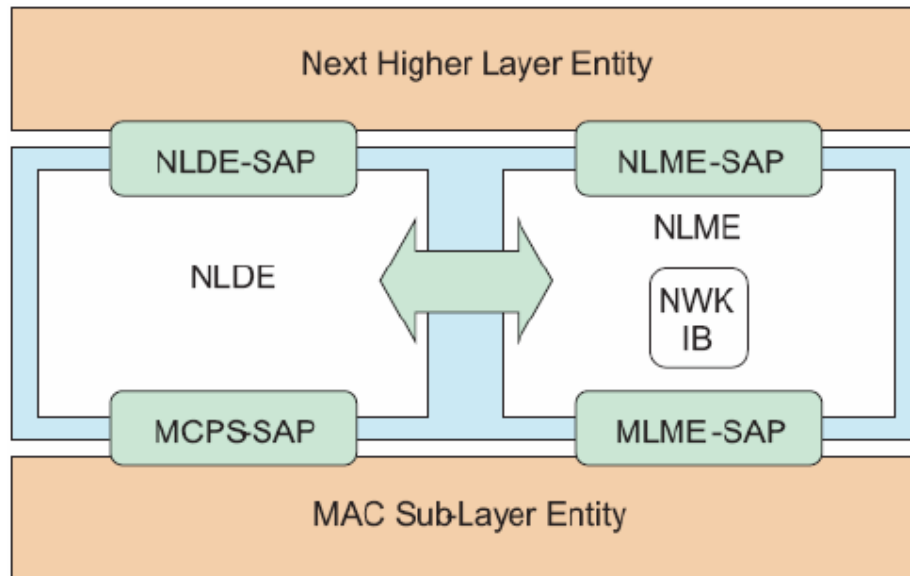


Figura 2.4. Capa de Red

- **Servicio de Datos**

También conocido como *NLDE* (*Network Layer Data Entity*) [5], provee de un servicio de datos, que permite a cualquier aplicación comunicarse con las mismas unidades de datos, con dos o más dispositivos que deben estar en la misma red de interconexión.

Dispone de los siguientes servicios:

- Generación de la *PDU* (*Protocol Data Unit*) de la capa de red (*Network Protocol Data Unit, NPDU*).
- Especificación de la topología de encaminamiento.

- **Servicio de Control**

También conocido como *NLME* (*Network Layer Management Entity*) [5], es un servicio ofertado desde la capa de red a la superior, que permite a la capa de aplicación interactuar o comunicarse con la pila directamente.

Dispone de los siguientes servicios:

- Configuración de un nuevo dispositivo.
- Inicialización de una nueva red.
- Integración y salida de una red.
- Direccionamiento.
- Descubrimiento de vecinos.
- Descubrimiento de la ruta.
- Recepción de control.

2.6.3. Capa Soporte de Aplicación

Es la capa responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtra paquetes a nivel de aplicación, mantiene la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. La capa de Red y Soporte a la aplicación son definidas por la ZigBee Alliance.

2.6.4. Capa de Aplicación

En el nivel conceptual más alto se encuentra la capa de aplicación que no es otra cosa que la aplicación misma y de la que se encargan los fabricantes. Es en esta capa donde se encuentran los *ZDO [6] (ZigBee Device Objects)* que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si actuara como coordinador, ruteador o dispositivo final. La subcapa de soporte de aplicación (*Application Support sub – layer, APS*) y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interface de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores.

Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos:

- Módulo de Seguridad, que es quien provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes.
- Módulo de Administración del dispositivo ZigBee, que es el encargado de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.

Para operar, el estándar opera con cuatro tipos de estructuras de trama:

- Trama de balizado para la transmisión de balizas (*Beacon Frames*).
- Trama de datos.
- Trama de asentimiento para confirmar la recepción (*Acknowledgement frame, ACK*).
- Tramas de comandos MAC.

Mediante las supertramas con baliza (*Superframes with beacons*) se permite la sincronización de todos los dispositivos de una red sin necesidad de que estén permanentemente en modo de escucha, esto representa un gran ahorro de energía.

Los nodos solo despiertan cuando se provoca un broadcast de una supertrama; si la dirección no coincide con la del nodo, este vuelve a dormirse.

En la figura 2.5 se muestra el formato de una supertrama.

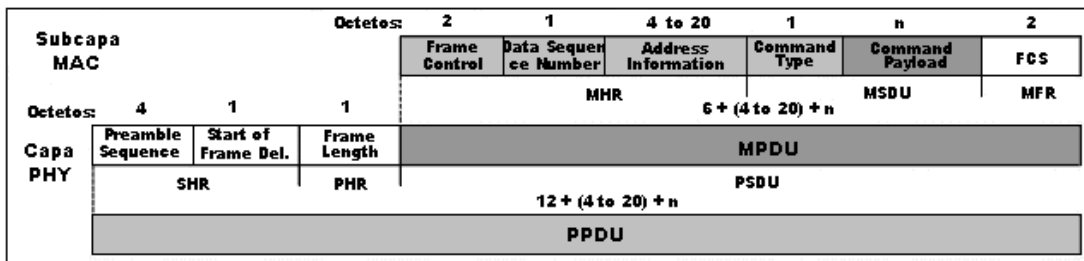


Figura 2.5 Formato de una Supertrama

El periodo entre balizas oscila entre 15.38 mseg y 252 mseg. El coordinador establece en ese intervalo 16 espacios de tiempo o slots idénticos, por lo que el acceso del canal es sin contienda. Por otro lado el acceso al canal individual está basado en contienda [13].

El paquete de datos tiene una carga de datos de hasta 104 bytes, la trama esta numerada para asegurar que todos lo paquetes lleguen a su destino. Un campo nos asegura que el paquete sea recibido sin errores, esta estructura aumenta la fiabilidad en condiciones complicadas de transmisión.

La estructura de los paquetes *ACK*, llamada también paquete de reconocimiento, es donde se realiza una realimentación desde el receptor al emisor, de esta manera se confirma que el paquete se ha recibido sin errores.

Se puede incluir un tiempo de silencio entre tramas, para enviar un pequeño paquete después de la transmisión de cada paquete.

El paquete MAC, se utiliza para el control remoto y la configuración de dispositivos/nodos. Una red centralizada utiliza este tipo de paquetes para configurar la red a distancia.

2.7. TOPOLOGÍA

Existe tres tipos de topologías: estrellas, árbol, y en red malla (*mesh network*), las cuales pueden observarse en la figura 2.6.

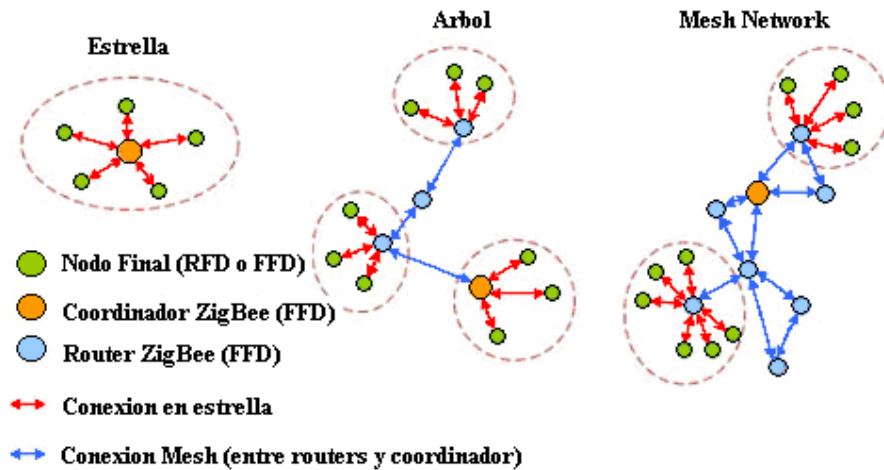


Figura 2.6 Diferentes Topologías de Red

Sin importar la topología que se utilice siempre va a existir un único coordinador de red [11], el que se encarga de mantener el control de la red; es decir el dispositivo encargado de centralizar la información y la adquisición de las rutas para la comunicación con los diferentes dispositivos.

La topología que se quiera utilizar dependerá de la aplicación y la cobertura que se quiera tener con una red ZigBee, por ejemplo si se quiere controlar varios dispositivos en una edificación se puede utilizar una topología tipo estrella, sin embargo si quiere tener una mayor eficiencia en la red se puede utilizar una topología tipo malla ya que si un nodo falla los otros nodos pueden encontrar rutas alternas para comunicarse.

2.8. ÁREAS DE APLICACIÓN

El mercado para redes ZigBee comprende una amplia variedad de aplicaciones. Gran número de compañías que forman parte de la ZigBee Alliance se encuentran desarrollando productos que van desde electrodomésticos hasta teléfonos celulares, en la figura 2.7 se presentan los grupos más dominantes de aplicaciones que están en la mira de ZigBee.

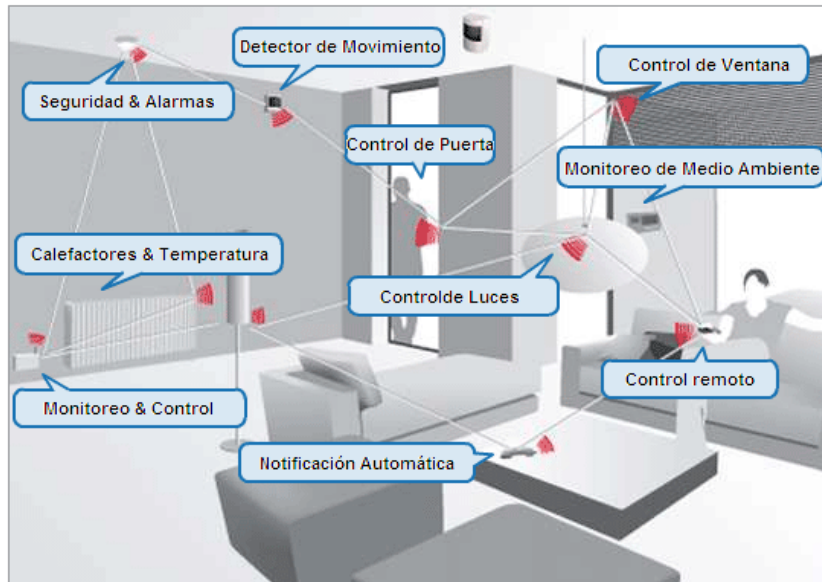


Figura 2.7 Grupos de aplicaciones que están en la mira de ZigBee

ZigBee está diseñado para aplicaciones que transmiten unos cuantos bytes esporádicamente [10], como por ejemplo para automatizar el hogar (domótica), con esta tecnología no hay necesidad de cablear los interruptores, los cuales pueden ser cambiados de un lugar a otro con plena libertad. Pudiendo prender o apagar las luces de la casa a través del Internet o utilizando un teléfono celular en cualquier momento.

Una de las áreas de aplicación que ha tomado fuerza, es para la utilización en sistemas de medición avanzada, medidores de agua, luz y gas que forman parte de una red con otros dispositivos como displays ubicados dentro de las casas, que puedan monitorear el consumo de energía y también interactuar con electrodomésticos o cualquier otro sistema eléctrico como bombas de agua o calefacción aprovechando de mejor manera el consumo de energía.

ZigBee goza de un importante respaldo para la gestión energética y para las soluciones de consumo eficiente por parte de la industria de los servicios públicos y por parte de los patrocinadores de las redes energéticas inteligentes en varios países.

Otra área de aplicación que es bien prometedora es el rastreo de bienes por ejemplo identificación vehicular, nodos ubicados en vehículos que permiten identificar al vehículo a distancia y descargar información que ha recopilado por un periodo de tiempo determinado. Monitorización médica de pacientes y cuidado personal, control de máquinas y herramientas y redes de sensores para el control industrial de plantas de proceso.

En general ZigBee resulta ideal para redes estáticas escalables y con muchos dispositivos, pocos requisitos de ancho de banda, uso infrecuente y donde se requiera una duración muy prolongada de la batería.

En ciertas condiciones y para determinadas aplicaciones puede ser una buena alternativa a otras tecnologías inalámbricas ya consolidadas en el mercado como Wi-Fi y Bluetooth, aunque la falta de TCP/IP no lo hace adecuado, por si solo, para la interconexión de redes de comunicación IP. Por lo tanto ZigBee no acabará con otras tecnologías ya establecidas, sino que convivirá con ellas y encontrará sus propios usos y aplicación.

2.9. APLICACIONES DE ALTO NIVEL

En la figura 2.8 se puede apreciar algunas de las aplicaciones que ZigBee tiene.



Figura 2.8 Diversos grupos de aplicación para ZigBee

El principal uso de ZigBee es para la Domótica, sin embargo se esta haciendo estudios para su implementación en otras áreas como por ejemplo en medicina, industria, seguridad y control.

2.10. CARACTERÍSTICAS DE ZIGBEE

Algunas de las características de ZigBee son:

Opera en las bandas libres *ISM (Industrial, Scientific & Medical)* de 2.4 GHz con 16 canales cada uno de ellos con un ancho de banda de 5 MHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz con 10 canales (Estados Unidos).

Tiene una velocidad de transmisión de 250 kbps y un rango de cobertura de 10 a 75 metros.

El método de acceso al canal es CSMA – CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) [13].

Es de bajo consumo energético, de bajo coste y de baja latencia.

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

Tiene la capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.

Cada red ZigBee tiene un identificador de red único, lo que permita que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema. Teóricamente pueden existir hasta 16000 redes diferentes en un mismo canal y cada red puede estar constituida por hasta 65000 nodos, obviamente estos límites

se ven truncados por algunas restricciones físicas (memoria disponible, ancho de banda, etc.).

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

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

Todos los dispositivos ZigBee disponen de dos funcionalidades: Incorporación a una red y Abandono de una Red.

2.11. DOMÓTICA Y ZIGBEE

El nombre domótica proviene del latín *domus* que significa casa y el sufijo *-tica*, el cual se refiere a la “gestión de medios informáticos” [1]. Entonces la Domótica se encarga de la automatización de la vivienda o del hogar, ya sea en una casa aislada o en un piso de un inmueble por medio del uso de tecnología, en cambio que la automatización de edificios que no son destinados para vivienda sino para oficinas o despachos se le denomina inmótica.

En la figura 2.9 se puede apreciar todos los aspectos que se puede automatizar por medio de la domótica.



Figura 2.9 Domótica

Para la CEDOM (Asociación Española de Domótica) [2], el término domótica intenta dar significado al conjunto de soluciones que mediante el uso de las técnicas y tecnologías disponibles tales como electricidad, electrónica, informática, robótica, telecomunicaciones entre otras logra una mejor gestión y control de todos los aspectos relacionados con la vivienda como: confort, seguridad, ahorro de consumo de energía, comunicaciones, etc.

2.11.1. Sistemas que se integran en la Domótica

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

- Encender/apagar, abrir/cerrar, regular, detectar, posicionar persianas, toldos, puertas, ventanas, iluminación, climatización, riego, electrodomésticos (línea blanca).
- Simulación de presencia, creación de escenas de iluminación.
- Gestión remota, programación por medio de un horario, gestión de la energía.

- Sistemas de seguridad técnica (humo, gas, agua, fallo suministro eléctrico, fallo línea telefónica).
- Sistema de seguridad no conectado a una central receptora de alarmas (detección de presencia, intrusión, apertura de puertas y ventanas entre otras).

2.11.2. Aporte de la Domótica

La domótica aporta a la vivienda tradicional la posibilidad de controlar y gestionar de forma eficiente los sistemas existentes y equipos ya instalados [2] (Sistemas de alarma, TV, Teléfono, etc.) mediante de, un sistema de gestión técnico inteligente con el fin de permitir una mejor calidad de vida al usuario.

Las principales áreas que cubre la domótica son:

- a) Automatización y Control.-** Abrir, cerrar, apagar, encender, regular dispositivos y actividades domésticas (iluminación, climatización, persianas, toldos, puertas, ventanas, cerraduras, riego, electrodomésticos, suministro de agua, gas, electricidad)
- b) Gestión Energética.-** Conexión de dispositivos de calefacción y aire acondicionado según criterios de ahorros y confort, complemento de control de toldos y persianas para aprovechamiento de las energías naturales, control de alumbrados, racionalización de cargas eléctricas.
- c) Seguridad.-** Vigilancia automática de personas, bienes, e incidencias y averías, alarmas de intrusión y cámaras de vigilancia, alarmas personales, alarmas técnicas de incendio, humo, agua, gas.
- d) Comunicaciones.-** Control de la vivienda y aviso de intrusión por medio del teléfono, control remoto y visualización de la vivienda por medio de internet, control mediante mensajes (sms).

2.11.3. ZigBee en Domótica

ZigBee ofrece dispositivos flexibles al alcance de cualquier bolsillo con sistemas modulares y fácilmente ampliables de acuerdo a las necesidades de los usuarios, estos dispositivos son sencillos y de fácil manejo y fácil configuración para integrar seguridad, confort, comunicación, y gestión de la energía en un sistema de fácil manejo [3].

2.12. SEGURIDAD Y VIGILANCIA

2.12.1. Seguridad

En el más amplio sentido de la palabra, se refiere a la ausencia de riesgos, que va desde los amplios campos de la seguridad nacional de un estado, hasta su sentido más restringido refiriéndose a la seguridad del ser humano, en la salvaguarda de sus intereses y de su propia vida.

A través de los tiempos el ser humano se ha visto en la necesidad de proteger sus pertenencias, bien por motivos de sustracción por parte de otros individuos o bien por acciones normales de la naturaleza.

El propio individuo se encargaba de vigilar o establecía mecanismos naturales de protección, pero con la aparición de nuevos avances tecnológicos que proporciona una gran variedad de nuevos sistemas de seguridad sin la necesidad de la intervención humana.

2.12.2. Clasificación de los sistemas de Seguridad

De acuerdo a las distintas aplicaciones, los sistemas de seguridad son:

- **Contra Robo.-** Se compone de sensores y centrales de alarma, defensa física; aquí se ubican los Circuitos Cerrados de Televisión o CCTV.

- **Contra Incendios.-** Sensores y Centrales de Incendio, accionamiento de dispositivos de extinción y accionamiento de dispositivos de aviso y señalización.
- **Anti – Hurto.-** Protección de los artículos de grandes almacenes y pequeños establecimientos, se compone de escáner de rayos X, detector de explosivos.
- **Especiales.-** Detector de metales, Sonda detectora de niveles, detector de sustancias químicas, detector de presión, detector de drogas entre otros.

2.12.3. Vigilancia

Es el monitoreo de un suceso o un evento, con lo cual se logra la recolección de información necesaria para realizar control y observación, con la intención de precautelar un bien o una persona y así evitar algún daño o peligro.

Los sistemas de vigilancia, forman parte de los sistemas de seguridad, no son autónomos, por lo general suelen estar acompañados de sensores y alarmas.

El trabajo de estos sistemas es el de brindar seguridad, vigilar espacios de posible intrusión o controlar ciertas áreas en locales públicos.

CAPÍTULO 3

COMPONENTES DEL SISTEMA

En este capítulo se explican los diferentes componentes que han sido considerados para el diseño de este proyecto.

En la figura 3.1 se muestra todos los dispositivos que formarán parte del sistema de vigilancia.



Figura 3.1 Componentes del Sistema

3.1. CÁMARAS IP

Las medidas de seguridad necesarias hoy tanto en hogares como en el comercio, oficinas e industria deben ser aplicadas de acuerdo a cada requerimiento y necesidad específicos.

La preocupación por la seguridad, no sólo a nivel empresarial, sino también doméstico, es cada vez mayor a medida que se van produciendo avances en el ámbito de la tecnología.

Estos avances han supuesto la llegada de sistemas de video vigilancia con múltiples alternativas de diseño.

Una de las aplicaciones aparecidas en años recientes son las cámaras IP que permiten transmitir imágenes sin necesidad de equipos intermedios. Este tipo de cámaras tiene la ventaja de ser *plug and play* pero la desventaja es de que en muchos casos se puede utilizar tan solo una cámara dejando vulnerables otras áreas de nuestra empresa, hogar u oficinas.

La tecnología actual permite controlar y vigilar el hogar o negocio desde un ordenador con conexión a internet, en cualquier parte del mundo por medio de un servidor web y unas cámaras IP convenientemente configuradas.

3.1.1. Definición de una cámara IP

Las cámaras IP son videocámaras especialmente diseñadas para enviar las señales de video y en algunos casos audio en tiempo real a través de internet desde un navegador web o a través de un concentrador en una red local sin necesidad de un ordenador.

A la vez las cámaras IP permiten el envío de alarmas por medio de e-mail, la grabación de secuencias de imágenes, o de fotogramas, en formato digital en equipos informáticos situados tanto dentro de una LAN o una WAN [17], permitiendo de esta forma verificar posteriormente lo que ha sucedido en el lugar o lugares vigilados.

El sistema que utilizan estas cámaras es el formato MPEG4, que comprime la imagen digital en una imagen que contiene menos datos para permitir una transferencia más eficiente a través de la red.

Las cámaras IP actualmente se pueden instalar en cualquier sitio que disponga de conexión a internet mediante un Router ADSL o XDSL con una dirección IP fija, aunque muchos modelos permiten que se asigne direcciones IP dinámicamente por medio de un servidor DHCP.

Una de las principales ventajas de estas cámaras es que pueden equiparse con muchas otras funciones de valor añadido tales como: detección de movimiento, entrada para alarmas, salida de relés entre otros.

3.1.2. Constitución de las Cámaras IP

Las cámaras IP, internamente están constituidas por:

- **Cámara de video** propiamente dicha que consta de los lentes, sensor de imagen, procesador digital de señal.
- **Motor** de compresión de imagen, que es un chip encargado de comprimir al máximo la información contenida en las imágenes.
- **Ordenador** en miniatura *CPU, FLASH, DRAM* y modulo *ETHERNET O WIFI*; que son encargados en exclusiva de gestionar procesos propios tales como la comprensión de imágenes, el envío de imágenes, la gestión de alarmas y avisos, la gestión de las autorizaciones para visualizar imágenes .

En definitiva las cámaras IP son equipos totalmente autóctonos, lo que permite conectarlo en el caso más sencillo directamente a un router ADSL, y a la red eléctrica y de esta forma estar enviando imágenes de emplazamiento donde este situada.

También es posible conectar las cámaras IP como un equipo mas tal como se aprecia en la figura 3.2, dentro de una red local, y debido a que generalmente las redes locales tienen conexión a internet, la información de las cámaras sale al exterior de la misma manera que lo hace el resto de la información de la red.

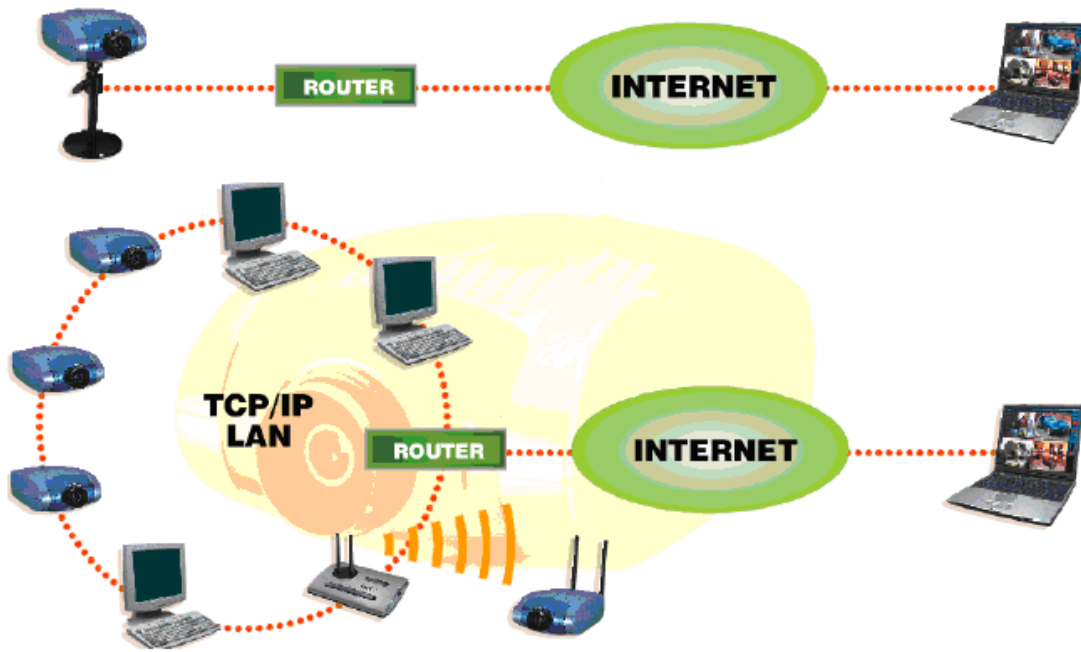


Figura 3.2 Diferentes tipos de Conexiones

3.1.3. Aplicaciones

En la figura 3.3 se pueden ver algunas de las aplicaciones más frecuentes de las cámaras IP, y se usan para vigilancia de:

- **Viviendas**, permitiendo visionar la propia vivienda desde la oficina, desde un hotel, etc.
- **Negocios**, permitiendo controlar por ejemplo varias sucursales de una cadena de tiendas, gasolineras.
- **Instalaciones Industriales**, almacenes, zonas de aparcamiento, muelles de descarga, accesos, incluso determinados procesos de maquinaria o medidores.
- **Hostelería**, Restauración Instalaciones deportivas.
- **Lugares Turísticos**, cada día es más frecuente que organismos oficiales, como Comunidades Autónomas, Ayuntamientos,

promocionen sus zonas turísticas, o lugares emblemáticos de la ciudad; implementando en sus páginas web las imágenes precedentes de Cámaras IP estratégicamente situadas en esos lugares.

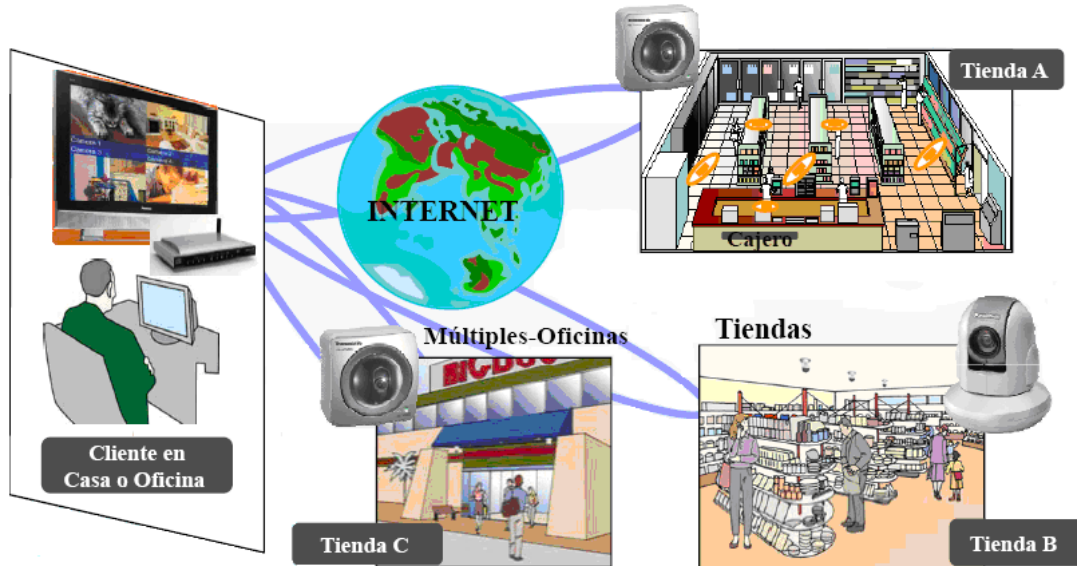


Figura 3.3 Aplicaciones

3.1.4. Ventajas de las Cámaras IP frente a los CCTV

Estas cámaras poseen muchas ventajas frente a los sistemas tradicionales de vigilancia mediante Circuito Cerrado de TV (CCTV), entre las principales tenemos:

- **Acceso Remoto:** La observación y grabación de los eventos no tiene que realizarse “in situ” como requieren los sistemas CCTV.
- **Costo Reducido:** La instalación es mucho más flexible ya que se basa en la infraestructura de la red local existente o nueva, o también en una conexión directa a un router, bien por un cable o de manera inalámbrica (wireless LAN). Se elimina el costo de los sistemas de grabación digital de los CCTV, ya que las grabaciones se realizan en el disco duro de un PC de la propia red local o en un PC local.

- **Flexibilidad frente a la ampliación del sistema:** Los sistemas tradicionales CCTV generalmente requieren duplicar los sistemas de monitorización cuando se amplía el sistema, los sistemas de cámaras IP permiten su ampliación sin necesidad de invertir en nuevos sistemas de monitorización.

Si se tiene un sistema CCTV es posible convertirlo en un sistema de cámaras IP por medio de Servidores de Video IP. Un servidor de video es una de las partes integradas en el interior de una Cámara de Red, internamente está constituido por: Conversores, Motor y Ordenador.

3.1.5. Ubicaciones de las Cámaras IP

Las cámaras IP y en general todas las cámaras de televisión, están diseñadas para su uso en interiores en condiciones normales de polvo, humedad y temperatura.

Para la utilización de las cámaras IP o de las cámaras de televisión en exteriores o en interiores donde las condiciones de trabajo sean extremas, es necesario utilizar carcasas de protección adecuadas a la utilización que se le vaya a dar.

Existen gran variedad de carcasas, estancas, con ventilación, con calefacción, metálicas, de plástico; cada aplicación dependerá del uso que se le vaya a proporcionar.

3.1.6. Niveles de Seguridad

Las cámaras de red y los servidores de video disponen en su software interno de apartados de seguridad que permiten en general establecer diferentes niveles de seguridad en el acceso a las mismas.

Los niveles de seguridad son:

Administrador: Acceso mediante nombre de usuario y contraseña a la configuración total de la cámara.

Usuario: Acceso mediante nombre de usuario y contraseña a la visualización de las imágenes y manejo del relé de salida.

Demo: Acceso libre a la visualización sin necesidad de identificación.

3.1.7. Tipos de Cámaras IP

Dentro de la gama de cámaras IP existe una gran variedad en función de las aplicaciones que se le vaya a dar, en general existen cámaras para transmisión por medio de cables con módulos *ETHERNET* y cámaras para transmisión inalámbricas con módulos *WIFI*, o *BLUETOOTH*.

Dentro de estas existen cámaras fijas y cámaras con movimiento, las denominadas “Pan – Tilt” (P/T) así llamadas por disponer de posibilidad de movimiento Horizontal y Vertical, permitiendo crear un sistema de vigilancia con gran cobertura y gran flexibilidad, ya que en muchas ocasiones pueden sustituir a varias cámaras fijas.

Existen algunas desventajas que poseen las cámaras IP, como por ejemplo solo se puede ver un sector de una área determinada, grabar de forma remota es una complicación que presentan estos equipos.

3.1.8. Compresión H.264 o MPEG4

H.264 o MPEG4 parte 10 es un códec de video de alta compresión, desarrollada conjuntamente por el ITU-T *Video Coding Experts Group* (VCEG) y el ISO/IEC *Moving Picture Experts Group* (MPEG) [20]. La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas binarias notablemente inferiores a los estándares previos

(MPEG-2, H.263 o MPEG-4 o parte 2); además de no incrementar la complejidad de su diseño.

Para garantizar un ágil desarrollo de la misma, la ITU-T y la ISO/IEC acordaron unirse para desarrollar conjuntamente la siguiente generación de códecs de video. El *Join Video Team* (JVT) estaba formado por expertos del VCEG y MPEG y nació en Diciembre del 2001 con el objetivo de completar el desarrollo técnico del estándar hacia el 2003. La ITU-T planeó adoptar el estándar bajo el nombre de ITU-T H.264 e ISO/IEC bajo el nombre de MPEG-4 parte 10 Códec de Video Avanzado (AVC) y de aquí surgió el nombre híbrido de H.264/MPEG-4 AVC.

No supone una gran tecnología con respecto a las normas de codificación de video anteriores. Las diferencias se pueden encontrar a pequeña escala sobre el principio general de codificación (predicción, transformada, cuantificación, etc.)

3.2. SENSORES DE MOVIMIENTO

Son dispositivos electrónicos encargados de detectar cambios físicos, los más utilizados en protección son los detectores de infrarrojo pasivo, o detectores PIR.

Los PIR detectan los cambios de temperatura dentro del área protegida monitoreando la radiación infrarroja, que es una forma de energía térmica que irradian todos los seres vivos.

Cuando se detecta un intruso en la zona protegida, el detector PIR nota el rápido cambio de la radiación infrarroja [21]. Si esta correctamente ubicado e instalado, el sensor ignora todos los cambios normales y graduales de los niveles de energía infrarroja provocados por la luz solar y los sistemas de calefacción.

Para evitar estos inconvenientes, se debe instalar el PIR siguiendo las instrucciones y tomando las precauciones que se citan a continuación:

- Se selecciona primero una ubicación desde la cuál sea probable que un eventual ladrón pueda cruzar el campo de detección del PIR, si se llegara a producir un asalto.
- Seleccionar la altura adecuada de acuerdo a la siguiente tabla 3.1:

Tabla 3.1 Altura de instalación del PIR según el tipo de lente

Tipo de Lente	Altura recomendada de Instalación
Estándar	2.2 mts.
Long Range	2 mts.
Cortina	1 mt.

- Evitar ubicar el detector en contacto directo con radiadores, conductos de calefacción o refrigeración, o acondicionadores de aire.
- No ubicar el detector frente a ventanas, expuesto a luz solar directa o corrientes de aire.
- No ubicar el PIR frente a objetos voluminosos.

Tal vez el mayor inconveniente de los detectores de infrarrojo pasivos es que no pueden “ver” la totalidad de una habitación simultáneamente. Un PIR tiene patrones de detección específicos y limitados, que son determinados por su lente. Sin embargo, y es más importante todavía, rara vez se necesita mas de uno de estos sensores en la habitación.

La solución al problema mencionado consiste en elegir el tipo de lente correcto que permita lograr la cobertura para la habitación o área que se desea proteger.

El sensor *MP MOTION* que se aprecia en la figura 3.4 de la marca Panasonic es el que va a ser tomado en cuenta para el diseño del sistema de vigilancia no convencional, ya que son sensores básicos que no tienen ningún tipo de configuración prediseñada para una utilización concreta al detectar señales de infrarrojas; este sensor es tan básico que la única finalidad que tiene es la de aportar una señal digital al detectar un nivel de energía infrarrojo.

Para su implementación se debe considerar las especificaciones indicadas anteriormente y las características técnicas del mismo previstas en la tabla 3.2.

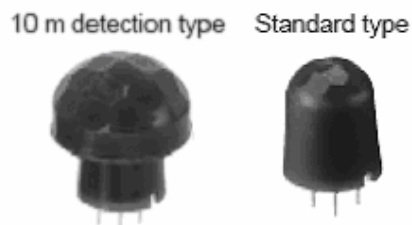


Figura 3.4 Detector MP MOTION

Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas

Especificación Técnica	Descripción
Tensión de Entrada	3 – 6 Voltios DC
Consumo Energía	Standby 170 - 300 μ A
Máxima Corriente de Salida	100 μ A
Máximo Voltaje de Salida	3 – 6 Voltios DC
Tiempo de Estabilización del Sistema	7 – 30 s

En la figura 3.5 se muestra el diagrama de bloques del sensor *MP MOTION*.

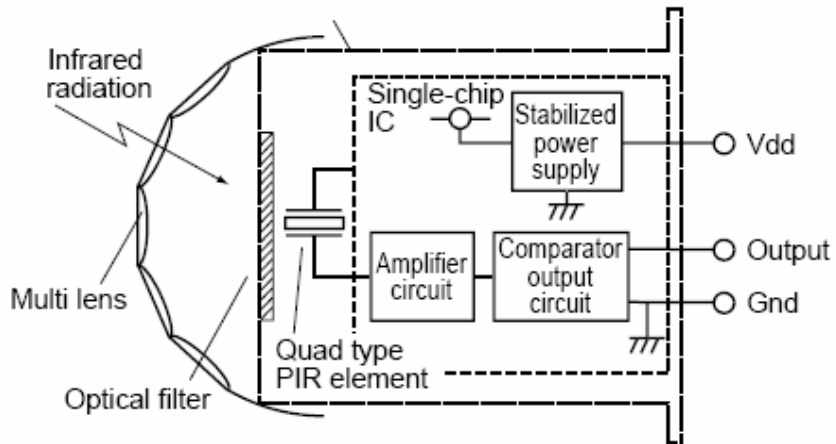


Figura 3.5 Diagrama de Bloques de un Sensor de Movimiento.

Las señales que aporta el sensor se las puede observar en el grafico 3.6

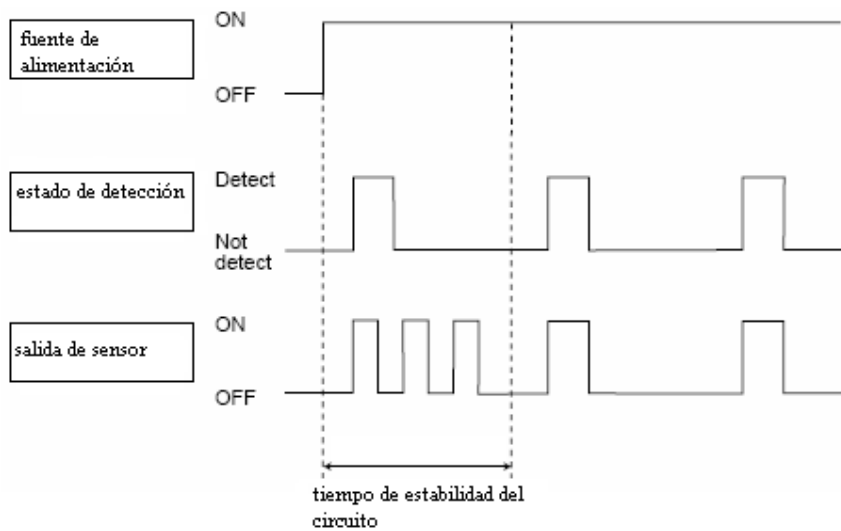


Figura 3.6 Señales del Sensor.

En la tabla 3.3 y en las figuras 3.7 y 3.8 se aprecia los rangos de detección del sensor *MP MOTION*.

Tabla 3.3 Zonas de Detección.

		Tipo Estándar	Tipo detección 10m
Distancia de Detección Nominal		5m. (Max.)	10m. (Max.)
Rango de Detección	Horizontal	100°	110°
	Vertical	82°	93°
	Zonas de Detección	64 zonas	80 zonas

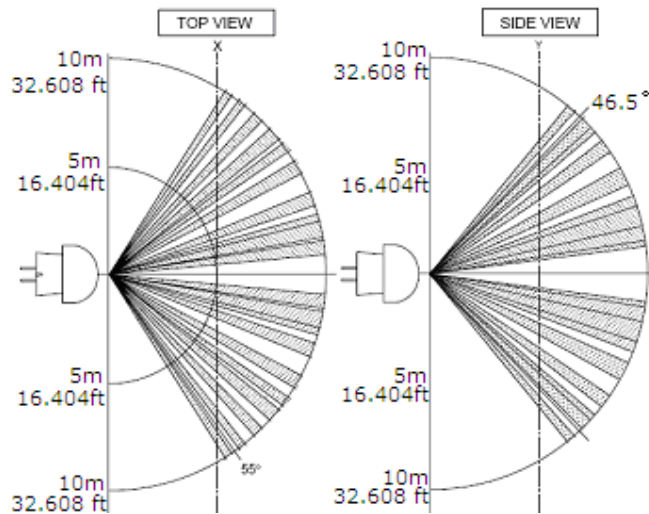


Figura 3.7 Rango de Cobertura de un sensor MP MOTION 10m.

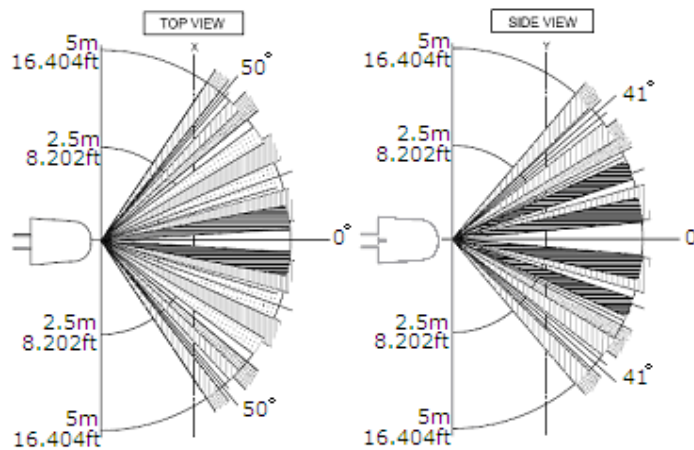


Figura 3.8 Rango de Cobertura de un sensor MP MOTION ESTÁNDAR

3.3. KIT DE EVALUACIÓN DE FREESCALE TARJETAS EVK

Las tarjetas utilizadas para este diseño son las denominada EVK de Freescale (Motorola) que cuenta con un microcontrolador de 8 bits, el MC9S08GT60 [22]. El microcontrolador es la parte más importante de la tarjeta ya que es el que controla todas las funciones de la tarjeta electrónica. Aparte del microcontrolador, la tarjeta cuenta con un transceiver denominado MC13192 que controla la transmisión y recepción de datos a través de la antena y los envía al microcontrolador principal. La tarjeta se alimenta de una tensión de tres voltios continua y esos tres voltios se puede conseguir de dos formas diferentes: la primera es a través de la red eléctrica, es decir, conectando a red a una fuente de alimentación, y la segunda es a partir de una pila de nueve voltios.

3.3.1. Tarjetas SARD

Este tipo de tarjetas incorporan también una serie de acelerómetros, compuestos por dos microcontroladores que controlan la aceleración del movimiento efectuado por la placa.

La utilidad que se le puede dar a estos controladores depende mucho de su funcionamiento, ya que estos no controlan la orientación de la placa, sino la aceleración de su movimiento hacia cualquier lado sin dar importancia a la posición a la posición inicial de la placa antes de moverse.

Además esta placa consta con un pulsador para reset, cuatro pulsadores que comparten el Puerto D con cuatro leds, haciendo un total de ocho componentes.

El resto de puertos de la placa están dispuestos para su utilización, tanto para E/S como para algún tipo otro tipo de finalidad como entradas de reloj externas o entradas para hacer una conversión A/D. Estos puertos van desde el PORTA hasta el PORTG.

En la figura 3.9 se observan los diferentes componentes de la tarjeta EVK.

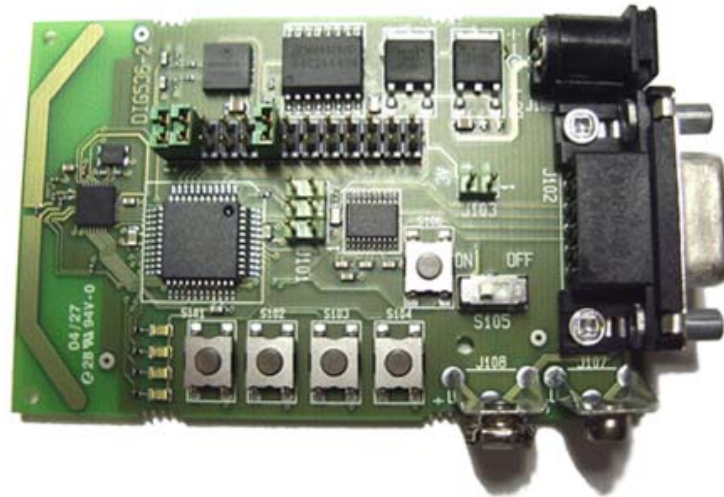


Figura 3.9 Tarjeta EVK.

Se puede analizar el funcionamiento interno de la tarjeta por medio de dos partes distintas, por medio de un microcontrolador “HCS08” y por un transceptor integrado “MC13192”.

El microcontrolador “HCS08” es el encargado de controlar toda la gestión de datos y toma de decisiones de los que se compone el programa, a más de dirigir el resto de componentes incluidos en la placa para asegurar un funcionamiento sincronizado en conjunto.

En cambio que el transceptor integrado “MC13192” proporcionará el control de la comunicación inalámbrica, esta vinculado al “HCS08” pero tiene un funcionamiento autónomo.

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de bloques de dos tarjetas EVK.

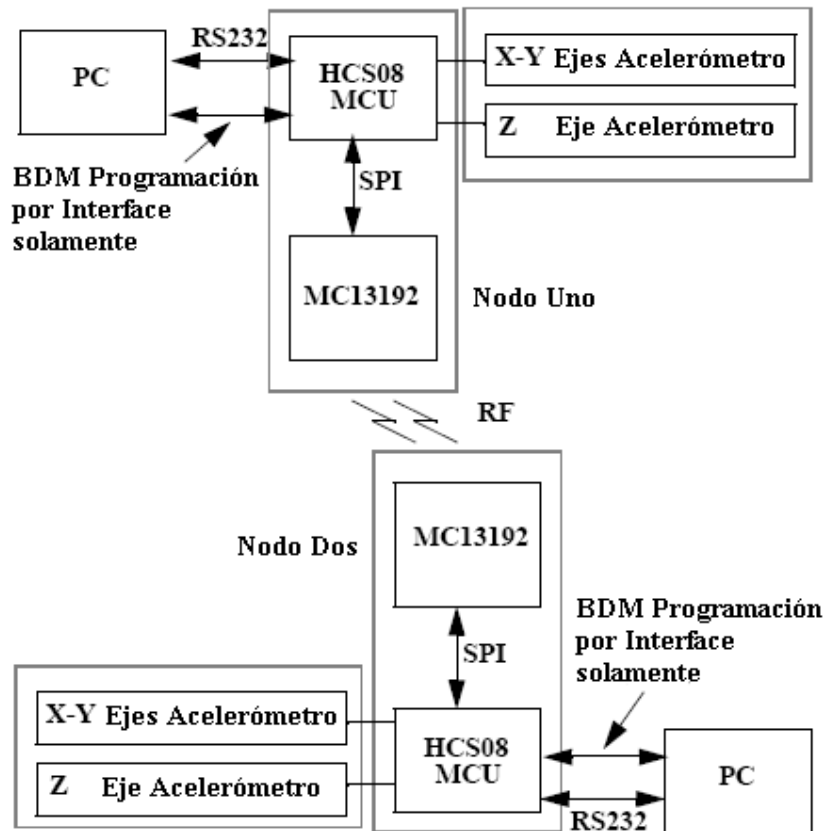


Figura 3.10 Diagrama de Bloques y Funcionamiento de dos Tarjetas EVK

El microcontrolador es el que viene a ser el cerebro de la tarjeta, se comunica con una PC en la cual este instalado el programa “*CodeWarrior*”¹ por medio de conexión RS – 232 o USB, con el transceptor MC13192 por medio de una conexión SPI y con los acelerómetros de manera directa.

3.3.2. Características de HCS08

El microcontrolador basado en el HCS08 es uno de los más rápidos y está creciendo dentro de la familia de los HC08 creados por Motorola/Freescale, estos contienen una tecnología avanzada en el campo de bajo consumo, basándose en microcontroladores de 8 bits [23], siendo estos en algunos casos tan eficaces como los HCS12, los cuales trabajan a 16 bits.

¹ Programa de Freescale que permite configurar tarjetas SARD

Freescale ha hecho hincapié en la reducción de consumo de estos modelos, creando un sistema interno de puesta en bajo consumo que puede ser configurado según convenga.

Las principales características de este microcontrolador incorporado en la tarjeta EVK son:

- Memoria Flash de 60 kbytes.
- Memoria RAM de 4 kbytes.
- 32 pines
- 8 de los 32 pines para poder conectar un teclado controlado por KBI.
- 2 *Timers* de 16 bits.
- Rango de trabajo en las entradas de 1.8 a 3.6 voltios.
- 2 módulos SCI (*Serial Communications Interface*).
- 1 módulo SPI (*Serial Peripheral Interface*).
- 4 módulos de bajo consumo.
- *Auto wake up timer*.

3.3.3. Características del Transceptor MC13192

Este transceptor ofrece la posibilidad de trabajar cumpliendo con la norma 802.15.4 y funcionando en la gama de frecuencias de 2.4 GHz, y trabajan conjuntamente con microcontroladores de la familia “HC08” y “HC12”.

Las principales características del transceptor MC13192 son:

- 16 canales en la banda de 2.4 GHz.
- Amplias funciones de transmisión para datos en paquetes.
- Diseño económico CMOS.
- Pocos componentes externos para reducir costes y complicaciones.
- Sensibilidad Rx de -92 dBm a 1% PER.
- Salida de corriente programable de 0 dB (típica) en un margen de 20 dB.

- Modos de bajo consumo para prolongar la vida de las baterías.
- Tensión de entrada de 2.0 a 3.4 voltios con regulador en el chip.
- 4 comparadores internos de reloj para consumir menos recursos de la MCU.
- Siete E/S de uso general (GPIO).
- Interfaz de datos SPI con la MCU.
- Salida de reloj programable para la MCU.
- Amplio margen de temperaturas: de -40 °C a +85°C.
- Encapsulado QFN – 32 de 5 mm x 5 mm sin plomo.

El MC13192 RF se conecta al MCU HCS08 mediante una interfaz en serie SPI y constituye una solución económica y de bajo consumo para una gran variedad de aplicaciones de transmisión de datos a baja velocidad cumpliendo con la normativa IEEE 802.15.4 [23]. Por medio de este protocolo el transceptor supervisa a distancia los datos de baja velocidad, los cuales por su característico rendimiento requieren un bajo consumo.

Las distintas interrupciones que puede generar el transceptor MC13192 RF pueden ser debidas a múltiples actividades del propio microcontrolador, como de sucesos ocurridos por la comunicación de datos. Estas interrupciones son dirigidas hacia el microcontrolador HCS08 mediante la interfaz SPI pudiendo avisar al sistema de cualquier acontecimiento ocurrido referentes a las actividades externas a la placa.

Las interrupciones que van sucediendo entre los dos dispositivos pueden ser en los dos sentidos, ya que tanto uno como el otro deben intercambiar los datos mediante la interfaz SPI.

En la figura 3.11 se puede apreciar la estructura interna del MC13192 y del microcontrolador HCS08 y como se comunican por medio de la interfaz SPI.

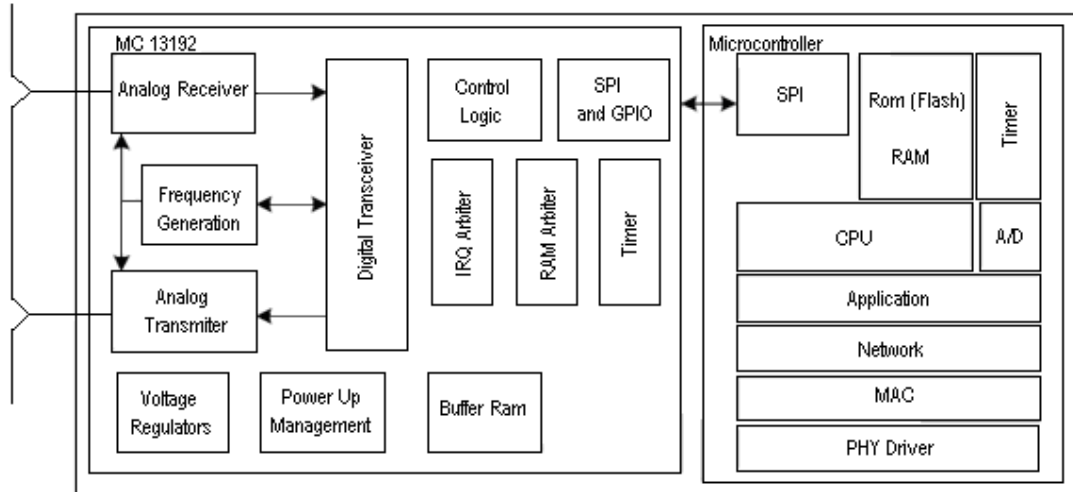


Figura 3.11 Estructura de MC13192 y del HCS08

La potencia que puede proporcionar el transceptor es de entre -16.6 dBm y 3.6 dBm. Estos niveles de transmisión son configurables por medio de software, pudiendo configurar desde su mínima potencia hasta la máxima en una escala del 0 al 11. Respecto a niveles en recepción que es capaz de detectar, el mínimo nivel de señal que es capaz de captar es de -92 dBm con sensibilidad en la recepción de paquetes de 1% (PER), muy por encima de las especificadas en el estándar.

La distancia que se puede cubrir es de 10 a 20 metros, dependiendo de los diferentes obstáculos con los que puede encontrarse la señal.

Consta también con dos antenas y cada una de ellas tiene su función, una para la transmisión y otra para la recepción ya que el microcontrolador controla por separado cada puerto y cada estado.

El transceptor MC13192, al igual que el microcontrolador HCS08 tiene propiedades de bajo consumo. Esta reducción no es referente a la potencia de transmisión elegida, es mediante la reducción de trabajo del microcontrolador en sí, ya que se lo puede poner en estados de hibernación o espera.

Los diferentes estados en los que se puede configurar son:

- **Estado *Idle*:** Este es el estado de funcionamiento normal, teniendo total funcionalidad del microcontrolador.
- **Estado *off*:** Todas las funciones del MC13192 quedarán desconectadas.
- **Estado *Hibernate*:** Este es el estado en que se consume menos recursos, detrás del estado *off*. Se sale de este estado mediante una actuación de una señal externa digital sobre la entrada ATTN del microcontrolador MC13192. La interfaz SPI en dirección del HCS08 queda deshabilitado además de los sistemas de reloj del microcontrolador.
- **Estado *Doze*:** Este estado esta un nivel por debajo del *Hibernate*, en cuanto a consumo. Aquí se cuenta con lo sistemas de reloj para poder generar un TIMEOUT, con el cual se vuelve al estado *idle*. También se sale de este estado por medio de la entrada ATTN pero sigue la interfaz SPI deshabilitada.
- **Estado *Receiver*:** Se tiene toda la funcionalidad, pero sólo se puede estar en modo de recepción.
- **Estado *Transmit*:** Se tiene toda la funcionalidad, pero sólo se puede estar en modo de transmisión.

La tabla 3.4 muestra el tiempo que toma en pasar de un estado en espera hacia el estado *idle* o desde el estado *idle* hacia el estado de transmisión o recepción.

Tabla 3.4 Tiempos de Cambio

Modo	Tiempo de transición de o hacia idle
<i>Off</i>	23.332 ms hacia Idle
<i>Hibernate</i>	18.332 ms hacia Idle
<i>Doze</i>	332 μ s hacia Idle
<i>Idle</i>	
<i>Receive</i>	144 μ s desde Idle
<i>Transmit</i>	144 μ s desde Idle

3.4. Dispositivo Externo

Se ha tomado en consideración un relé de estado sólido como dispositivo externo para realizar el diseño de este proyecto.

Un relé es un dispositivo electromecánico, que funciona como interruptor y esta controlado por un circuito eléctrico.

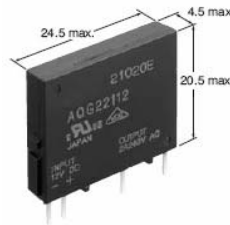


Figura 3.12 Relé de Estado Sólido AQ – G

Las principales características se pueden apreciar en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Especificaciones del Relé AQ – G

	Tipo	AQ – G	Observaciones
Entrada Lateral	Voltaje de Entrada	4 a 16 V DC.	
	Tensión mínima	1V	
	Tensión inversa	3V	
Entrada de Carga	Max. Corriente de carga	1A AC	
	Voltaje de Carga	75 a 264V AC	
	Frecuencia	45 a 65 Hz	
	Aumento de corriente	8A	En un ciclo de 60 Hz
	Voltaje de encendido	1.6 V	Para una max. corriente
	Min. Corriente de carga	20 mA	

Este modelo de la familia AQ – G hace la función de varios componentes como se puede apreciar en la figura 3.13, hace la función de un Triac activado por un foto acoplador, un Triac estándar y un circuito RC que sirve como amortiguador para los cambios de estado del Triac.

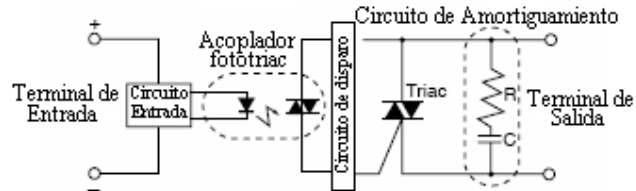


Figura 3.13 Composición del AQ – G

3.5. SWITCH

Un switch es un dispositivo lógico de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI.

Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes (bridges) su diferencia radica en que los switches eliminan los dominios de colisión, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

En la figura 3.14 se puede ver la imagen de un switch.



Figura 3.14 Switch

3.6. COMPUTADORA DE ESCRITORIO O PORTÁTIL

Necesaria para configurar las tarjetas EVK y grabado de las imágenes enviadas por las cámaras IP, puede ser una portátil o una de escritorio con Windows 2000 o XP.

El grabado de las imágenes se lo va a realizar en el disco duro, por lo que para este diseño se utilizará una PC de escritorio (figura 3.15), sus características mínimas son: Procesador Pentium IV, memoria RAM de 1 GHz, Disco Duro de 80 Gigas, y en el software Windows XP con *Service Pack 2*.



Figura 3.15 Computador de Escritorio

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE APLICACIÓN

Una vez analizados los componentes del sistema, en éste capítulo se describen los aspectos principales sobre la constitución y características del sistema de vigilancia.

4.1. DISEÑO Y ARQUITECTURA

4.1.1. Aspectos previos al Diseño

La idea básica del sistema es cómo diseñar una red WSN que ahorre el consumo de energía, donde se pretende controlar una red IP de cámaras por medio de una red de dispositivos ZigBee, para que éstas puedan enviar imágenes a un ordenador para su grabación.

Por lo tanto al hacer un diseño de redes se debe tener en cuenta algunos aspectos importantes que pueden influir en el correcto funcionamiento de las mismas.

Para la formación de la red inalámbrica ZigBee, un factor primordial e importante que hay que considerar es la ubicación y la estructura sobre la cual se basa el diseño.

La edificación en la cual se va a montar el mismo es de cemento armado, material que si puede ser penetrado por las señales de RF que emiten los módulos ZigBee.

Al trabajar con dos redes con diferentes protocolos de comunicación, se hizo evidente hacer un estudio sobre la forma de cómo poder integrarlos, ya que para este proyecto no se tomó en cuenta el uso de un gateway.

4.1.2. Diseño

Todo sistema de vigilancia consta de por lo menos tres elementos una unidad de control, uno o más sensores y un actuador.

- **Unidad de Control.-** Que consta de un host (computadora que puede ser de escritorio o Laptop), un módulo ZigBee y un equipo de grabación digital.
- **Sensores.-** Los que están tomados en cuenta para este sistema son los detectores de infrarrojo pasivos o detectores PIR que son los sensores de protección más usados.
- **Actuadores.-** Los módulos ZigBee, el dispositivo externo, el switch y las cámaras IP serán los actuadores de este sistema.

4.1.3. Topología de la Red

El término topología se refiere a la forma en que está diseñada la red, bien físicamente (rigiéndose de algunas de sus características en su hardware) o bien lógicamente (basándose en las características internas de su hardware).

Una topología de red es la representación geométrica de la relación entre todos los enlaces y los dispositivos que los enlazan entre sí (habitualmente denominados nodos) [24].

El presente proyecto consta de dos redes.

Una red de cámaras IP donde los elementos están conectados física y lógicamente y una red inalámbrica ZigBee donde no es posible conectar físicamente los elemento ya que el medio de transmisión es en el aire, sin embargo si se lo puede hacer de manera lógica.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente la topología presente va a ser:

- Estrella
- Punto multipunto

La figura 4.1 muestra la topología punto multi punto y estrella para la red inalámbrica ZigBee.



Figura 4.1 Topología de la Red ZigBee

En la figura 4.2 se puede apreciar la topología para la red IP, para el desarrollo del presente proyecto.

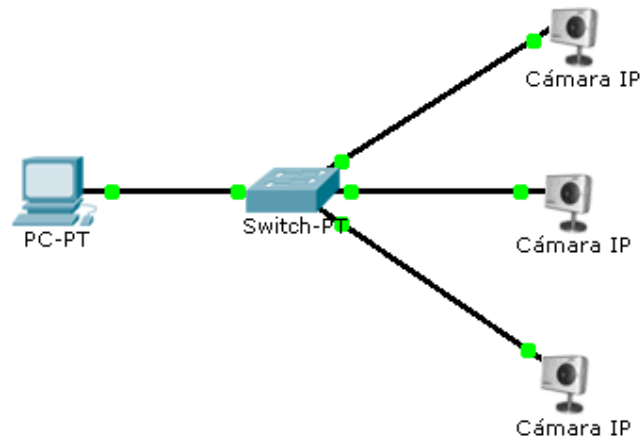


Figura 4.2 Topología de la Red IP

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para la elaboración del diseño del presente proyecto, se tomó en cuenta un Kit de Evaluación de Freescale, del cual se utilizará una tarjeta EVB (*Evaluation Board*) y dos tarjetas SARD (*Sensor Application Reference Design*).

La tarjeta encargada de ser el coordinador de la red será la EVB, ambas tarjetas poseen un microcontrolador MC9S08GT60 y pueden ser programadas o re – programadas por medio del programa *HiWave* incluido en *CodeWarrior*¹.

Existe ya una gran cantidad de archivos con aplicaciones de demostración para el funcionamiento de una red ZigBee, como por ejemplo para controlar (encender y apagar) una lámpara, entre otros; pero como para este proyecto se necesita una aplicación diferente de las ya existentes, se procederá a su desarrollo realizando un nuevo programa² para el microcontrolador de cada tarjeta, con la ayuda de *CodeWarrior* del Kit de Freescale [22].

El alcance de cobertura de las tarjetas es de 20 metros. El presente diseño esta hecho para cubrir una casa de 2 pisos a 9 metros de la casa se ubica un almacén cuyas dimensiones son de 3.5 por 3 metros en un área de 12 metros por 10 metros; este almacén será el lugar donde se ubicará el sistema de vigilancia.

¹ Ver Anexo A, sección A.9.6

² Ver Anexo B

La edificación se encuentra en Ambato cerca del Estadio Bellavista en las calles Napo Pastaza # 17 entre Guayas y Oriente, en la figura 4.3 se ve la ubicación de la misma.

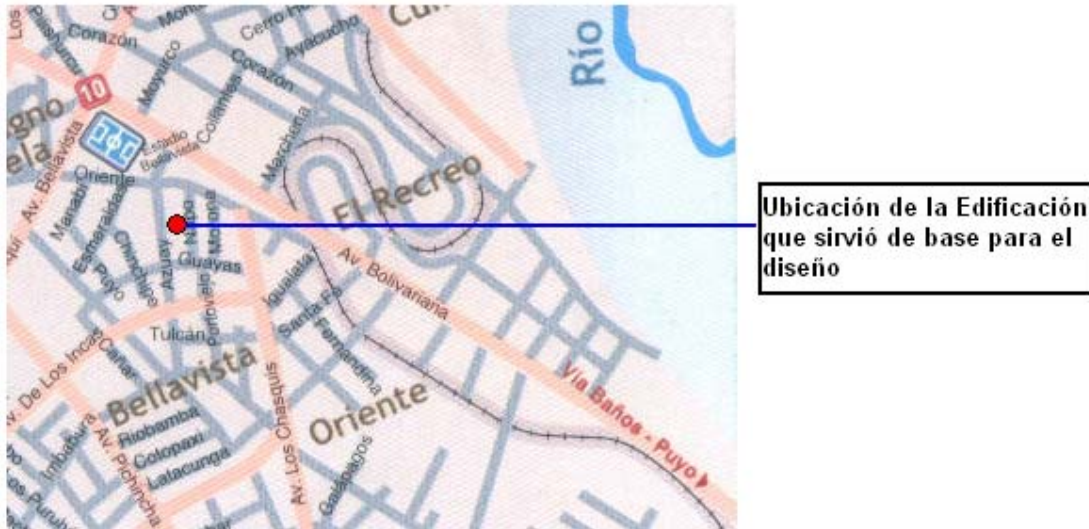


Figura 4.3 Ubicación de la Edificación

Este sistema de vigilancia está dividido en tres bloques denominados: Estación Sensor, Estación Central y Estación Remota.

4.2.1. Estación Sensor

En esta etapa del sistema un sensor de movimiento y una tarjeta SARD actuarán en conjunto para realizar la tarea de detección; si ocurre una incursión se produce un evento y el sensor envía una señal a la tarjeta, ésta a su vez envía una señal al coordinador de red para que despierte a los dispositivos en la red ZigBee.

4.2.2. Estación Central

La estación central es lugar donde se localizará el computador encargado de ser el supervisor de las cámaras IP, ya que en esta máquina se grabarán las imágenes enviadas por las cámaras a través de la red y también en esta se configurarán las tarjetas; además aquí se ubicará la tarjeta SARD, según sea la alternativa de diseño.

4.2.3. Estación Remota

Esta estación es el almacén ya que es en este lugar donde se situará la otra tarjeta SARD encargada de controlar las cámaras IP su encendido y apagado.

En la figura 4.4 se aprecia las dimensiones de la edificación y la forma en que se comunican las estaciones.

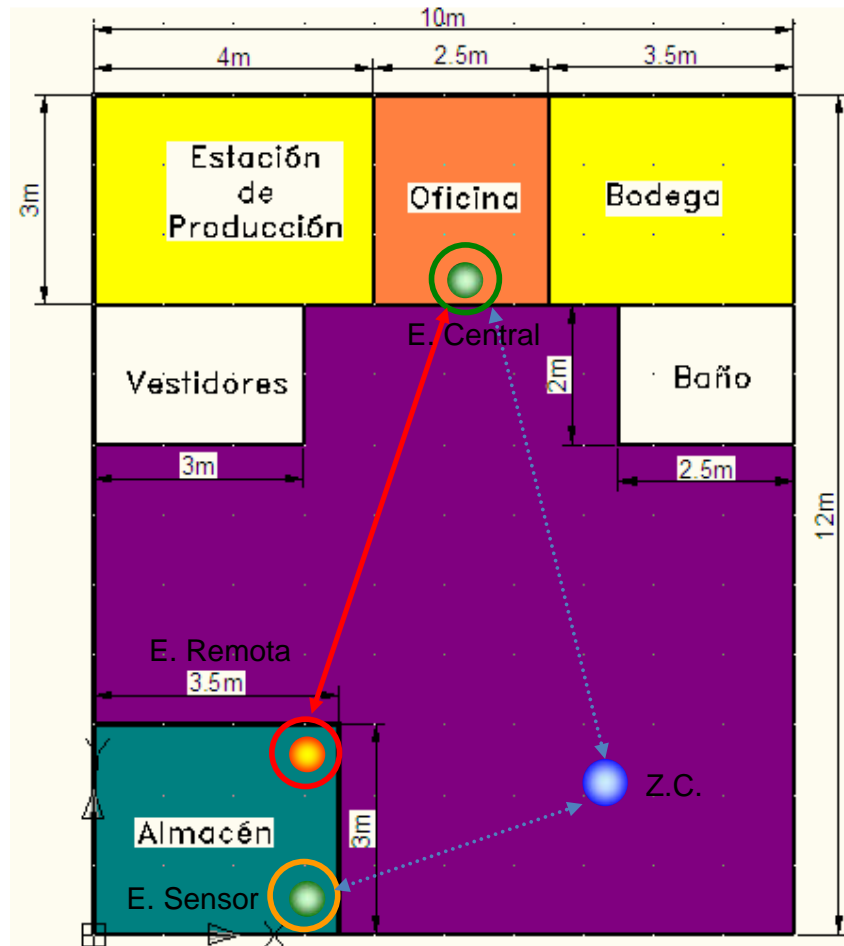


Figura 4.4 Diagrama del Diseño

Para este diseño se hizo un estudio sobre las diferentes maneras de poder controlar las cámaras IP (encenderlas y apagarlas), para lo cual se llegó a considerar dos soluciones:

- Alternativa de Diseño Vía Hardware
- Alternativa de Diseño Vía Software

a) Alternativa de Diseño Vía Hardware

En esta alternativa de diseño un dispositivo externo actuará como unidad de control.

Para esta alternativa de diseño se consideró los siguientes elementos:

- 1 Sensor Detector de Presencia
- 3 Cámaras IP
- 1 Switch Ethernet
- 1 Kit de Evaluación de Freescale
- Un Relé de Estado Sólido
- Una computadora de Escritorio

La alternativa de diseño vía hardware incorpora un componente actuador, que va a ser un relé de estado sólido, él cuál va a activar a las cámaras IP, éste se acopla de manera muy sencilla a la tarjeta SARD, ya que se activa con unos niveles de tensión muy bajos y su conexión es de forma directa.

Para su funcionamiento sólo es necesario un puerto de la tarjeta SARD, que será configurado como puerto de salida, el diagrama se muestra a continuación en la figura 4.5

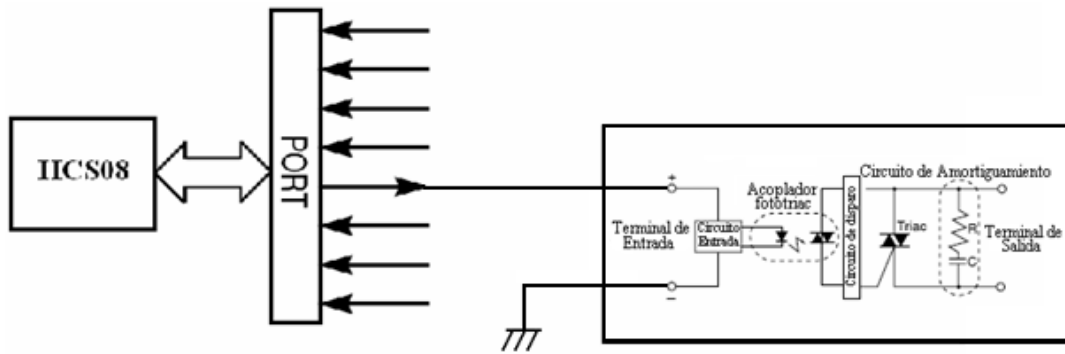


Figura 4.5 Conexión Tarjeta SARD y Relé AQ – G

Descripción de la Alternativa de Diseño

Las cámaras IP estarán apagadas, también los módulos ZigBee a excepción del coordinador de red y el sensor de movimiento; éstos siempre permanecerán activos.

El sensor de movimiento al detectar una incursión o movimiento envía una señal a una tarjeta SARD, ésta envía una señal al coordinador de red (tarjeta EVB), éste despierta vía RF a otros dispositivos de red ZigBee; en este caso otra tarjeta SARD; la cuál al ser despertada envía una señal al dispositivo externo (relé de estado sólido), el cual actuará como interruptor On/Off para suministrar la alimentación eléctrica, activando de esta manera las cámaras IP y un Switch ethernet.

Cuando las cámaras IP se encienden, éstas empiezan a transmitir imágenes a un ordenador, el cual va a estar configurado como un equipo de grabación en donde se almacenarán como archivo de datos.

Cuando termina el evento, es decir ya no hay detección, el sensor deja de transmitir la señal a la tarjeta SARD, el coordinador al no tener señal deja de enviar información a la otra tarjeta SARD desactivándola y por ende también al dispositivo externo, por lo que el interruptor pasará de ON a OFF en ese instante, desactivando las cámaras IP y el Switch ethernet.

La Figura 4.6 muestra el diagrama de flujo para la configuración de la tarjeta SARD, que se encuentra junto al sensor de movimiento.

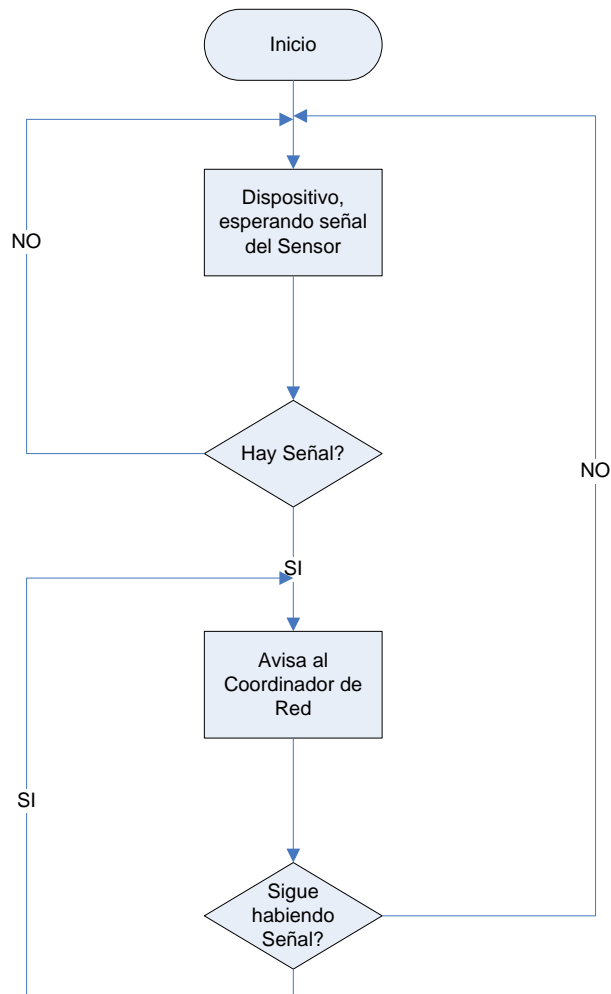


Figura 4.6 Configuración de la tarjeta SARD, unida al sensor de movimiento

La Figura 4.7 muestra el diagrama de flujo para configurar la otra tarjeta SARD, que se encuentra unida a la PC por medio de cable serial.

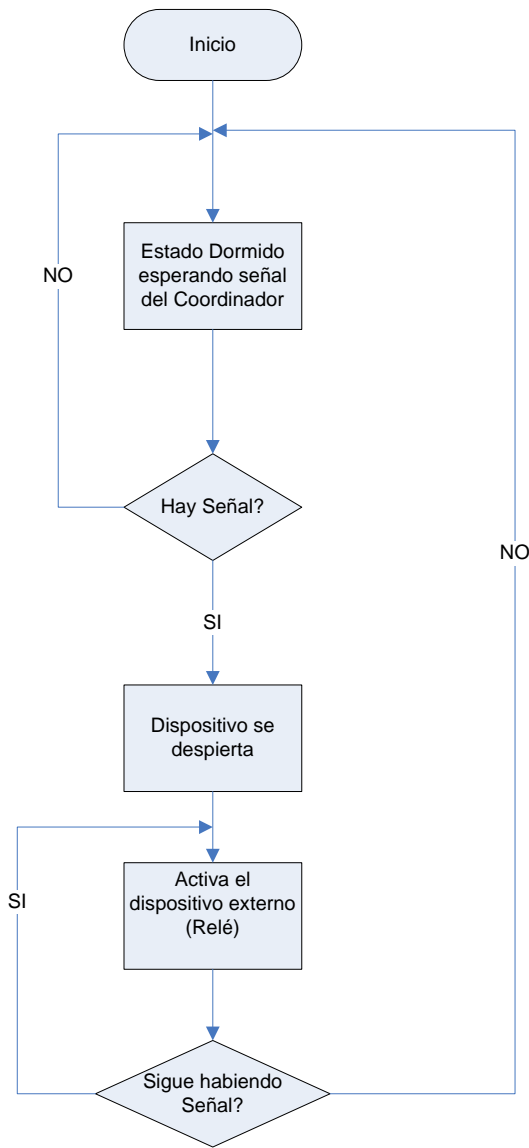


Figura 4.7 Configuración de la tarjeta SARD, unida a la PC

En la figura 4.8 se muestra el diagrama del sistema de vigilancia, bajo la alternativa de diseño vía hardware.

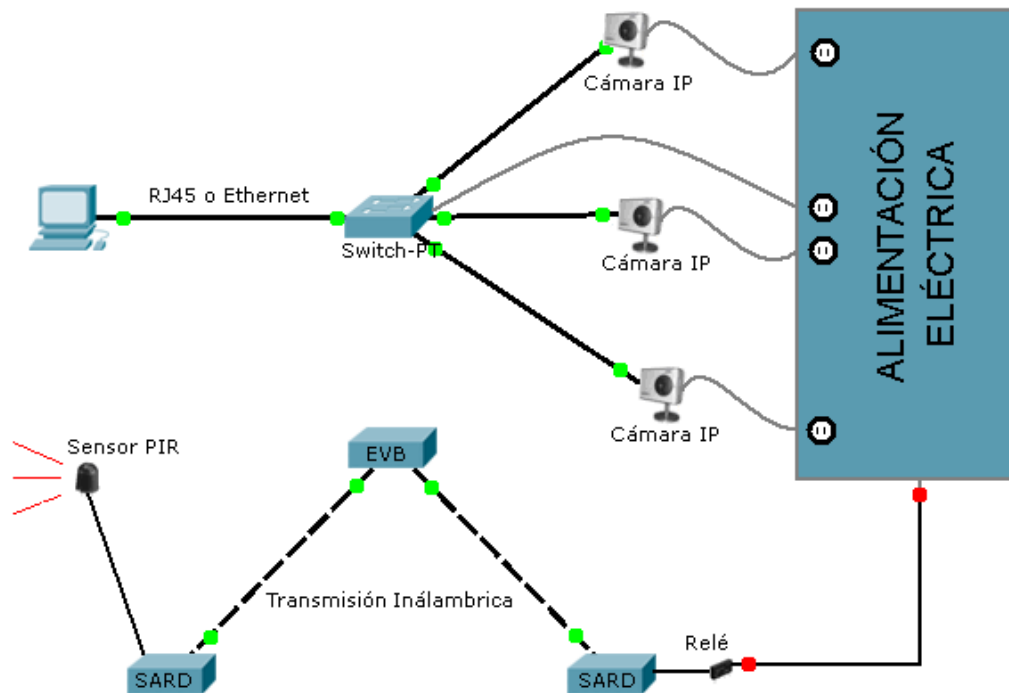


Figura 4.8 Diseño del Sistema Vía Hardware

b) Alternativa de Diseño Vía Software

Para el desarrollo de esta alternativa de diseño, fue necesario el realizar una rutina (hecha en Visual Basic); para poder controlar el funcionamiento de las cámaras IP, única y exclusivamente vía software.

Los elementos utilizados en esta alternativa de diseño son:

- 1 Sensor Detector de Presencia (PIR).
- 3 Cámaras IP, con tecnología PoE.
- 1 Switch Ethernet, con tecnología PoE.
- 1 Kit de Evaluación de Freescale.
- Una computadora de Escritorio.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se hizo un previo análisis de cómo controlar dispositivos de red vía LAN, para poder utilizar estas características en la realización de una rutina de control.

La tecnología que controla dispositivos vía LAN se denomina *Power Over Ethernet* (PoE¹), la cual permite que energía eléctrica se suministre a dispositivos de red como por ejemplo un teléfono IP o una cámara IP.

Descripción de la Alternativa de Diseño

Cuando el sensor detecta si hay alguna incursión envía una señal a la tarjeta SARD, ésta envía esta información al coordinador de red (tarjeta EVB), el cual despierta a otros dispositivos de red ZigBee; para este caso una tarjeta SARD, la cual se encuentra unida a una PC por medio del puerto serial.

Siempre se va a estar ejecutando la rutina en el ordenador. La lógica es la siguiente:

Mientras no se presione un botón de salida la rutina deshabilita la tarjeta de red, luego verifica si hay una señal en el puerto serial; si hay una señal: se habilita la tarjeta de red, se activan el switch ethernet y las cámaras IP con tecnología PoE, después de esto se ejecuta el programa para la grabación de las imágenes en el ordenador. Si no hay señal se deshabilita la tarjeta de red y la rutina regresa a comprobar si existe una señal en el puerto serial constituyéndose en un bucle hasta que se oprima un botón de salida².

En la figura 4.9 se aprecia el diseño del sistema de vigilancia, bajo la alternativa de diseño vía Software.

¹ Para mayor información de PoE ver Anexo C

² Código del programa en Anexo D

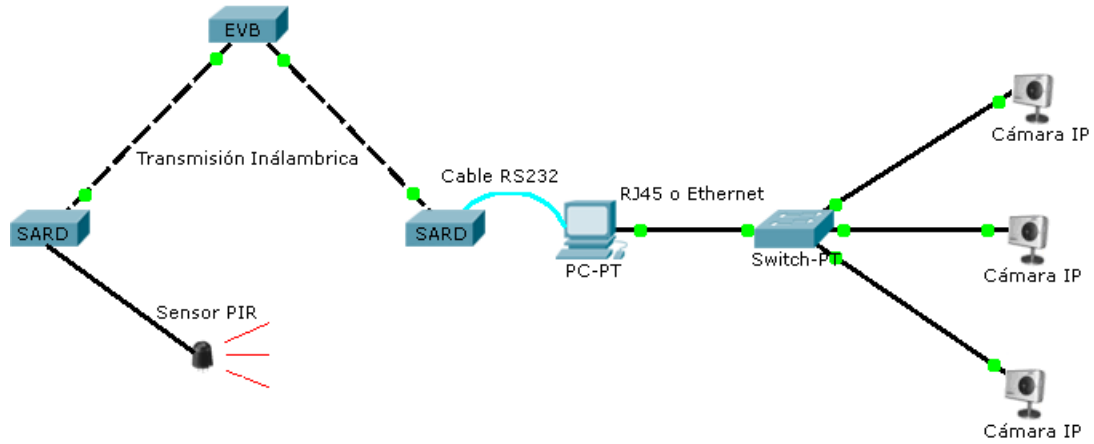


Figura 4.9 Diseño del Sistema Vía Software

Las configuraciones de las tarjetas SARD son las mismas que las mostradas en la figura 4.7 y 4.8, la única diferencia es que en vez de que la una tarjeta SARD envíe una señal por el puerto del microcontrolador, lo va a hacer por el puerto serial.

En la figura 4.10 se puede apreciar el diagrama de flujo de una rutina para habilitar y deshabilitar una tarjeta de red.

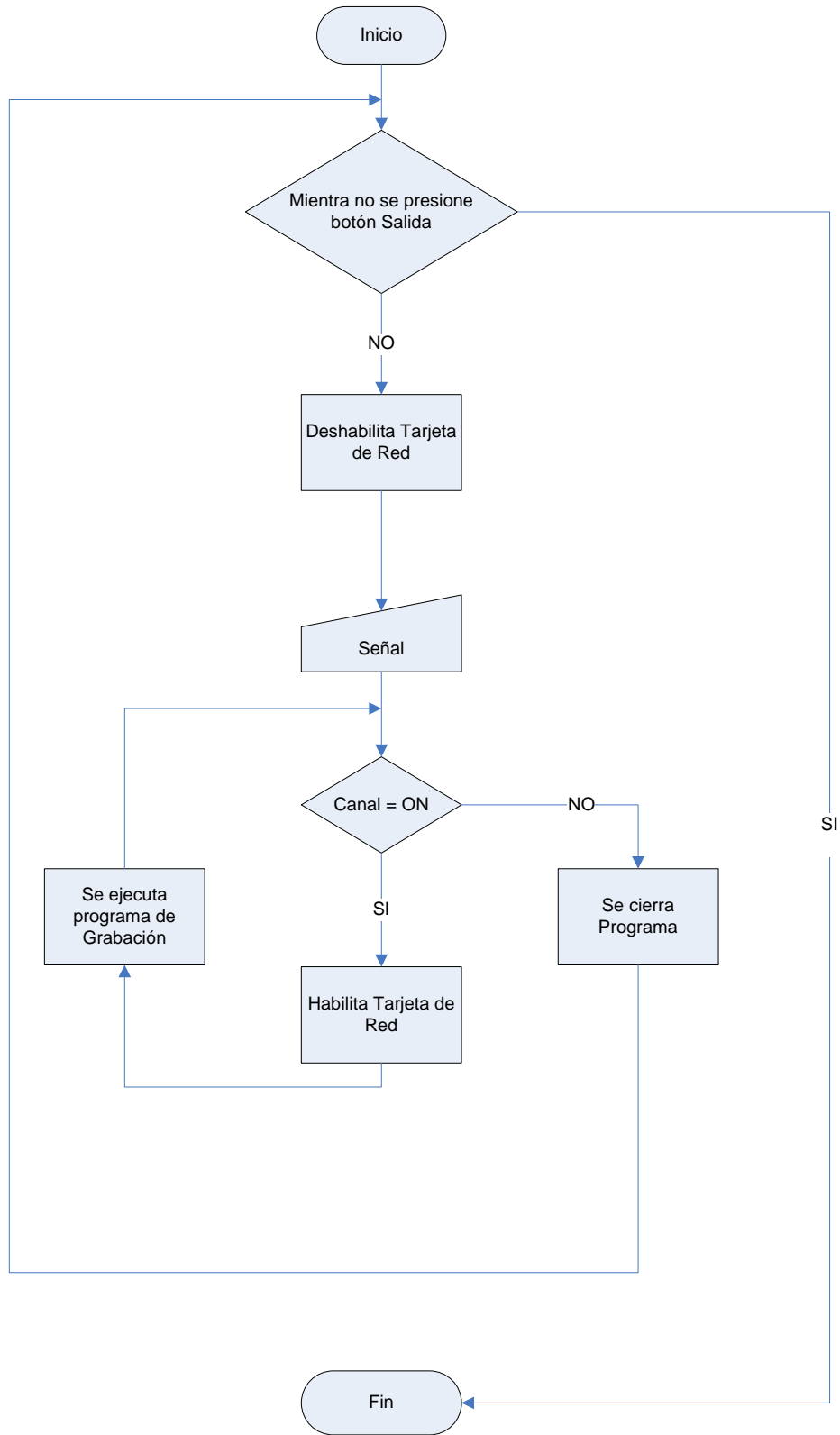


Figura 4.10 Diagrama de Flujo de una rutina para habilitar y deshabilitar una tarjeta de red

4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

4.3.1. Sistema convencional de vigilancia

Ventajas

- Los dispositivos no son difíciles de conseguir.
- No se pierde detalle alguno sobre las imágenes recibidas, ya que están todo el tiempo transmitiendo.
- Son fáciles de instalar.

Desventajas

- Hay gran cantidad de cableado.
- Por estar siempre transmitiendo consumen energía todo el tiempo y esto es un gasto económico.
- Necesitan de dispositivos extras.

4.3.2. Sistema no convencional de vigilancia

Ventajas

- Gran ahorro en el consumo de energía.
- Los dispositivos ZigBee puede trabajar sólo con pilas.
- Elimina la necesidad de cableado eléctrico y enchufes separados.

- Es una tecnología que esta en auge y que va a tener gran demanda a futuro.

Desventajas

- Si existe muchos obstáculos en el camino o la distancia es muy larga la transmisión de datos falla.
- Tiempo de espera, en que el switch empieza a negociar con los dispositivos que están conectados a él.
- Por ser una tecnología nueva los dispositivos son difíciles de conseguir.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Este proyecto analizó la utilización de ZigBee en sistemas de vigilancia no convencionales y la forma de integrarse con redes de mayor velocidad como ethernet.

Como resultado del proyecto, se propuso dos alternativas de diseño que permitieron desarrollar un sistema de vigilancia que trabaje simultáneamente con ZigBee e IP, una alternativa de diseño vía Hardware y otra vía Software, de lo cual se desprenden las siguientes conclusiones.

- La alternativa de diseño vía hardware mostró la necesidad de incorporar dispositivos externos, que actuaron como unidades de control, con lo cual permite que una red ZigBee trabaje con una IP, de manera simultánea.
- En cambio que, en la alternativa de diseño vía software, se hizo evidente realizar una rutina de control y la utilización de un Switch Ethernet y Cámaras IP con tecnología PoE (Power Over Ethernet), para crear una interfaz que una ZigBee e IP directamente.
- No se consideró la utilización de un dispositivo Gateway para enlazar las dos redes (ZigBee e IP) por ser un dispositivo recientemente desarrollado.

- El entorno ZigBee en aplicaciones de video es limitado debido a la baja velocidad, su orientación principal es la detección de eventos.

5.2. RECOMENDACIONES

El desempeño de la red ZigBee dependerá del lugar donde se la vaya a instalar, ya que si, se lo hace dentro de un lugar donde existen muchos obstáculos como por ejemplo muchas paredes de concreto, los dispositivos de la red no van a operar correctamente ya que éstos se comunican vía RF y la señal tendrá a atenuarse.

Al tomar como referencia la rutina de control programa realizado en Visual Basic, hay tener en cuenta las siguientes consideraciones: número del puerto serial a utilizar (cuál es el COM en el que está el puerto serial, es decir si está en el COM1, COM2, etc), ubicar el path del programa donde se grabarán las imágenes enviadas por las cámaras IP, nombre de la carpeta y de la conexión de red (ya que en muchas PCs pueden variar).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 2

- [1] Wikipedia: ZigBee, <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>, fecha de acceso: 5/11/08
- [2] CEDOM: ¿Qué es Domótica?, <http://www.cedom.es/que-es-domotica.ph>, fecha de acceso: 6/11/08
- [3] Domodesk: A fondo ZigBee, <http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t =21&c=47>, fecha de acceso: 18/11/08
- [4] Monografías: ZigBee, <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbeeestandar-domoticoinmótica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>, fecha de acceso: 19/11/08
- [5] My TI Projects!, ¿Qué es ZigBee?, <http://ti-projects.blogspot.com/2008/02/qu-es-zigbee.html>, fecha de acceso: 20/11/08
- [6] Valverde Rebaza, Jorge Carlos, Estándar inalámbrico ZigBee, <http://www.seccperu.org/files/ZigBee.pdf>, fecha de acceso: 21/11/08
- [7] IEEE: 802.15, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>, fecha de acceso: 21/11/08

[8] Anexo I: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4),
<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/1/InformeTecZB.pdf>, fecha de acceso: 24/11/08

[9] Monografías: IEEE 802.15.4, http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4,
fecha de acceso: 24/11/08

[10] ZigBee comunicación para dispositivos,
<http://www.sg.com.mx/content/view/392>, fecha de acceso: 27/02/09

[11] Redes ZigBee,
<http://blogs.clarin.com/tecnologiapraxsys/2008/9/28/redeszigbee>, fecha de acceso: 27/02/09

[12] IEEE 802.15.4 y ZigBee,
http://www.bairesrobotics.com.ar/data/ieee_zigbee_silica.pdf, fecha de acceso: 3/03/09

[13] AEXIT: Redes ZigBee, <http://www.aexit.es/aexit/ap/aexit.php/doc/Redes-ZigBee-43.htm?sesion=bbe4d7b7f5128eedece3c99146023ebb>, fecha de acceso: 3/03/09

CAPITULO 3

[14] Mobotix, Como funcionan las Cámaras de Red,
http://www.mobotix.com/esl_ES/region/index/esl_ES/?URL=Productos/Tecnolog%C3%Ada/C%C3%B3mo-Funcionan-las-C%C3%A1maras-de-Red, fecha de acceso: 2/02/09

[15] Hoja de Información técnica, <http://www.lsb.es/imagenes/camarasip.pdf>,
fecha de acceso: 8/01/09

[16] Wikipedia: Cámara de red,
http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_de_red, fecha de acceso: 8/01/09

[17] Video de explicación Cámaras IP,
http://www.youtube.com/watch?v=k4_JPoZHIw4, fecha de acceso: 8/01/09

[18] Domótica: cámaras IP by Domodesk,
http://www.youtube.com/watch?v=TrC_8Re9e7c&feature=related, fecha de acceso: 8/01/09

[19] Cámaras IP, <http://www.youtube.com/watch?v=EL5B3mgIwE>, fecha de acceso: 8/01/09

[20] Wikipedia: H.264/MPEG-4 AVC, <http://es.wikipedia.org/wiki/AVC>, fecha de acceso: 10/02/09

[21] Pagina de Domaut, <http://www.domaut.com/descargas/EL100.pdf>, fecha de acceso: 16/02/09

CAPITULO 4

[22] Freescale: Kit de Evaluación 13192,
http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/user_guide/802154EVKUG.pdf, fecha de acceso: 10/02/09

[23] Freescale: SARD,
http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/70/702351_1.pdf, fecha de acceso: 10/02/09

[24] Blog informático: Topología de Red,
<http://www.bloginformatico.com/topologia-de-red.php>, fecha: 10/02/09

ANEXOS

[25] Freescale: Manual de ZED,

http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/user_guide/ZEDQSG.pdf?WT_TYPE=Users%20Guides&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation, fecha de acceso: 8/05/09

[26] Baena, Jorge Andrés, Tutorial de *CodeWarrior*,

<http://www.bairesrobotics.com.ar/data/tutorialcodewarrior.pdf>, fecha de acceso: 14/05/09

[27] Di Lella, Daniel Comentario Técnico,

http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Microcontroladores/Articulos_tecnicos/BC908_24.pdf, fecha de acceso: 14/05/09

[28] Di Lella, Daniel Comentario Técnico,

http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Microcontroladores/Articulos_tecnicos/BC908_25.pdf, fecha de acceso: 14/05/09

[29] Daniweb: Network LAN Connection to be Enabled/Disabled,

<http://www.daniweb.com/forums/thread50255.html#>, fecha de acceso: 2/02/09

[30] Puerto Serie y Visual Basic,

<http://www.todoexpertos.com/categorias/tecnologia-e-internet/respuestas/334437/puerto-serie-y-visual-basic>, fecha de acceso: 16/03/09

[31] Ejecutar un Exe, <http://www.todoexpertos.com/categorias/tecnologia-e-internet/programacion/visual-basic/respuestas/294431/ejecutar-un-exe>,

fecha de acceso: 16/03/09

ANEXOS

ANEXO A

A. ZED



MANUAL

ZigBee™ Environment Demonstration (ZED)



A.1 ACERCA DE ESTA GUÍA¹

Esta guía proporciona una introducción al programa *ZigBee Environment Demonstration* (ZeD), describiendo brevemente lo que ZeD es, cómo instalarlo y como ejecutar una demostración simple.

Este documento está destinado a aplicaciones de software y desarrollo de ZigBee, IEEE MAC 802.15.4 y SMAC.

A.2 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

Las siguientes son las abreviaturas utilizadas en esta guía.

- **BDM.-** (*Background Debug Module*) Módulo Depurador de Fondo.
- **C.-** (*Coordinator*) Coordinador.
- **ED.-** (*End Device*) Dispositivo Final.
- **EVB.-** (*MC13192 Evaluation Board with S08GT60 MCU*) Tarjeta de evaluación MC13192 con un microcontrolador S08GT60.
- **EVK.-** (*Evaluation Kit*) Kit de Evaluación.
- **GUI.-** (*Graphical User Interfaz*) Interfaz Gráfica de Usuario.
- **LED.-** (*Light Emitting Diode*) Diodo Emisor de Luz.
- **MCU.-** (*MicroController Unit*) Microcontrolador.
- **NCB.-** (*MC1321x Network Controller Board with S08GT60 MCU*) Tarjeta Controlador de Red MC1321x con un microcontrolador S08GT60

¹ Mayor información www.freescale.com/zigbee

- **PC.-** (*Personal Computer*) Computadora Personal.
- **PCB.-** (*Printed Circuit Board*) Tarjeta de Circuito Impreso.
- **QE128 – EVB.-** (*MC1320x Evaluation Board with S08QE128*) Tarjeta de Evaluación MC1320x con un microcontrolador S08QE128.
- **R.-** (*Router*) Router
- **SARD.-** (*MC13192 Sensor Application Reference Design with S08QE128 MCU*) Sensor de Aplicación de Diseño de Referencia MC13192 con un Microcontrolador S08QE128.
- **SRB.-** (*MC1321x Sensor Reference Board with S08GT60 MCU*) Tarjeta de Sensor de Referencia MC1321x con un microcontrolador S08GT60.
- **USB.-** (*Universal Serial Bus*).- Bus Serial Universal
- **ZeD.-** (*ZigBee Environment Demonstration*) Ambiente de Demostración ZigBee.

A.3 INTRODUCCIÓN A ZeD¹

Esta guía muestra como instalar ZeD, programar tarjetas usando los archivos embebidos de imagen, como utilizar la interfaz gráfica ZeD en Windows para supervisar y ver la red ZigBee y demostrar la funcionalidad de las aplicaciones ZigBee.

A.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El entorno de demostración Freescale ZigBee (ZeD) es un conjunto de componentes de software diseñado para visualizar, controlar y demostrar como funciona una red ZigBee. Las funciones de ZeD están estrechamente vinculadas a las capacidades del kit de herramientas de conectividad inalámbrica de BeeStack y de BeeKit de Freescale para ofrece una vista intuitiva de cómo se forma y cómo se funciona una red ZigBee.

ZeD también permite a los usuarios ver cómo opera un perfil de aplicación para la automatización del hogar sobre la capa de aplicación ZigBee, mientras ésta realiza varias funciones.

Demostrando la configuración y la funcionalidad de una red ZigBee, ZeD puede ser usado como un primer paso en la comprensión de lo que ZigBee puede hacer y muestra como empezar a desarrollar aplicaciones para él. ZeD también ofrece una idea de cómo el usuario final puede interactuar con una red ZigBee.

ZeD soporta ZigBee 2006 y 2007. Estándares implementados en BeeStack de Freescale y en los perfiles de aplicaciones para la automatización del Hogar, definidos por la ZigBee *Alliance*.

¹ Para mayor información acerca de ZeD ver: *Zed 1322x EVK, Quick Start Guide, ZeD 1322x EVK, Quick Start Guide, ZeD 1322x EVK, Quick Start Guide, ZeD software User's Guide, ZeD Embedded Software Design User's Guide, ZeD Smart Energy Start Guide.*

A.5 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

Los mínimos requisitos de Hardware y Software para ZeD son:

- Un equipo con Windows 2000, XP o Vista.
- Beekit con un paquete de instalación ZeD previsto con un Kit de Evaluación ZigBee o se lo puede descargar de la página de Freescale www.freescale.com/zigbee
- Tarjeta de Evaluación ZigBee de Freescale montado con EVK 13192, EVK 1321x, EVK 1322x
- Cable USB para conectar a una PC con la tarjeta.
- Baterías AA o AAA dependiendo de la tarjeta que se vaya a utilizar.

A.6 INSTALACIÓN DE ZeD

ZeD esta diseñado para su uso con tarjetas de evaluación de Freescale EVK 13192 (EVB y SARD), EVK 1321x (BCN y SRB) y EVK 1322x (Nodo de Red (NN), Nodo Sensor (SN) y Nodo de baja potencia (LPN)).

Nota.- Si se alimenta a la tarjeta SRB Con baterías AA y el sensor de temperatura esta siendo usado, la lectura no será exacta por lo que se recomienda que si se va a utilizar el sensor de temperatura, se suministre de la red eléctrica energía a la tarjeta.

El software para ZeD consta de los siguientes 2 componentes:

- Software Integrado ejecutándose sobre las tarjetas de evaluación. Sobre cada tarjeta corre *Zigbee Home Automation Application* la cual se ejecuta sobre el BeeStack de Freescale.

- Software de la interfaz gráfica de usuario para Windows, que permite ver a los usuarios el estado de la red y como funcionan las aplicaciones, y como éstas se comunican inalámbricamente.

Al instalar el Beekit ZeD de Freescale, ambos componentes se despliegan en el sistema, el software integrado se compone de archivo de imágenes usados para programar las tarjetas, estos archivos se encuentran en la carpeta de instalación ZeD.

Antes de instalar el kit ZeD asegúrese de:

- Tener un sistema operativo Microsoft Windows 2000, XP o Windows Vista.
- Las tarjetas de evaluación ZigBee de Freescale 13192, 1321x, 1322x EVK, una de ellas deben ser configurada como coordinador de red.

Las tarjetas EVK vienen pre – programadas con aplicaciones ZigBee soportadas por ZeD. Sin embargo, si se quiere sobrescribir sobre el software original o si se desea configurar las tarjetas, se debe reprogramarlas.

Los siguientes ítems son necesarios para reprogramar la tarjeta usando los archivos embebidos de imágenes para un microcontrolador HCS08 con plataformas (EVKs 13192 y 1321x):

- Un kit de soporte BDM incluyendo el multi link USB HCS08/HCS12 desde P&E Microcomputer Systems, Inc.
- El Software BDM BeeKit con herramientas para conectividad inalámbrica.

Para reprogramar tarjetas con plataformas (EVK 1322x) se requiere de los siguientes ítems:

- Depurador y herramientas de programación J – Link JTAG disponibles en IAR integrados en el IDE de Workbench.
- Un *firmware* MC1322x disponible en la herramienta de pruebas de Freescale 11.0.0 y versiones posteriores.

Si se desea personalizar las aplicaciones existentes o desarrollar nuevas aplicaciones ZigBee. También se necesita lo siguiente:

- El BeeKit de Freescale de herramientas inalámbricas con una licencia para el desarrollo del BeeStack de Freescale.
- El programa *CodeWarrior Development Studio* para Freescale, Microcontroladores HC (S) 08, Versión 6.1 edición especial (licencia completa, requiere 60 k para actualizar 802.15.4 y Beestack) o para plataformas posteriores.
- Integrado IAR Workbench para ARM, Versión 5.20 o posteriores (Requiere 256K)

A.7 INSTALANDO EN LA PC

ZeD se instala por default con el software *BeeKit Wireless Connectivity Toolkit*. Para instalar ZeD asegúrese que mientras instala el BeeKit las casillas de verificación estén seleccionadas como se puede apreciar en la figura A.1.

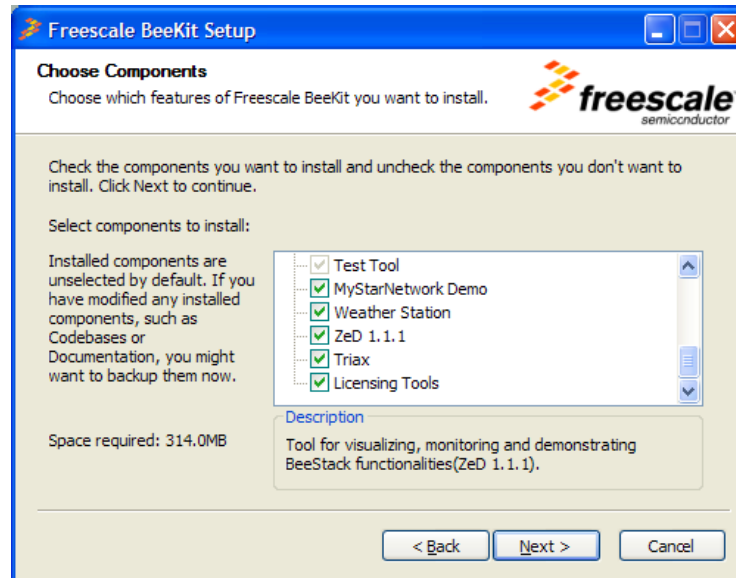


Figura A.1 Selección de casillas en el programa de instalación

Por defecto el programa ZeD se copia en el disco duro con la ruta C:\Archivos de Programa\Freescale\ZeD

También se crea un acceso directo en el escritorio.

A.8 FORMANDO UNA RED Y EMPEZANDO CON ZeD

Aquí se brinda los pasos necesarios para formar una red ZigBee utilizando las tarjetas en las que corre el BeeStack de Freescale y el ZigBee Home Automation. También se indica como ZeD empieza a controlar y a supervisar la red.

A.8.1 Formación de la Red

Usando la tarjeta EVK 1322x

- Interfaz combinada que se ejecuta sobre un Nodo Sensor (*Sensor Node SN*) MC1322x.

- 1 Luz que se enciende o se apaga en MC1322x cuando se ejecuta sobre un Nodo de Red (*Network Node NN*).
- 1 switch de encendido o apagado para MC1322x que se ejecuta en un nodo de Baja Potencia (*Low Power Node LPN*).
- 2 luces de encendido o apagado cuando se ejecuta en un SN.
- 2 switches de encendido o apagado que se ejecuta en un LPN.
- Luz regulable en ejecución en un NN.
- Switch potenciómetro en ejecución sobre un SN.
- Termostato que se ejecuta sobre un NN.
- Sensor de Temperatura que se ejecuta sobre un SN.

Para formar una red ZigBee utilizando las tarjetas EVK 1322x se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccione la tarjeta SN MC1322x con la etiqueta de Interfaz Combinada del EVK. Esta tarjeta sirve como Coordinador de Red.
2. Usando un cable USB provisto con el EVK, conecte la Interfaz Combinada del SN a la computadora donde se va a ejecutar ZeD.
3. Instale baterías AA sobre el resto de las tarjetas (SN y NN) en el EVK; y baterías AAA sobre las tarjetas LPN (Nodo de bajo consumo).
4. Encienda la Interfaz combinada del NS usando el switch *Off/On*.

5. Si los controladores para la tarjeta SN no están instalados, va a aparecer un mensaje de “Nuevo Hardware Encontrado”. Diríjase a la localización de los controladores en el sistema (Carpeta *Freescale Drivers*), los cuales por defecto están en la siguiente ubicación:

C:\Archivos de Programa\Freescale\Drivers

6. Encienda las otras tarjetas usando el switch *On/Off*.
7. Usuarios están listos para formar la red ZigBee. Presione SW1 sobre la Interfaz combinada del SN. Espere hasta que el LED 1 y el LED 2 estén encendidos. La red está ahora formada.
8. Presione SW1 sobre el “*On/Off Light*” de la tarjeta NN. La tarjeta se une a la red, cuando esta unida aparece en la pantalla LCD de la tarjeta “*Running Device*” (Dispositivo en ejecución).
9. Presione SW1 sobre el “*On/Off Light*” de la tarjeta LPN, la tarjeta se puede unir a la Red, cuando ésta se ha unido el LED 1 de la tarjeta cambia continuamente a encendido.
10. Repita el paso 9 para el resto de las tarjetas en el EVK. Aguarde a que cada tarjeta se una a la red antes de proseguir con otra.
11. El EVK 1322x viene con 9 tarjetas, por lo que se pueden formar 9 Nodos.

Usando la tarjeta EVK 1321x

- Interfaz combinada que se ejecuta sobre una tarjeta controladora de red (*Network Controller Board NCB*).
- 1 Luz que se enciende o se apaga sobre una tarjeta Sensor de Referencia (*Sensor Reference Board SRB*).

- Luz regulable en ejecución sobre un NCB.
- Switch potenciómetro en ejecución sobre un SRB.
- Termostato que se ejecuta sobre un NCB.
- Sensor de Temperatura que se ejecuta sobre un SRB.

Para formar una red ZigBee utilizando las tarjetas EVK 1321x se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccione la tarjeta NCB con la etiqueta de Interfaz Combinada del EVK. Esta tarjeta sirve como Coordinador de Red.
2. Usando un cable USB provisto con el EVK, conecte la Interfaz Combinada del NCB a la computadora donde se va a ejecutar ZeD. Para que los controladores de la tarjeta funcionen correctamente, asegúrese de que el cable USB esté directamente conectado a la PC y no a un concentrador USB externo.
3. Instale baterías AA sobre el resto de las tarjetas del EVK.
4. Encienda la Interfaz combinada del NCB usando el switch *Off/On*, y resetee la tarjeta presionando el botón *Reset*.
5. Si los controladores para la tarjeta NCB no están instalados, va a aparecer un mensaje de “Nuevo Hardware Encontrado”. Diríjase a la localización de los controladores en el sistema (Carpeta *Freescale Drivers*), los cuales por defecto están en la siguiente ubicación:

C:\Archivos de Programa\Freescale\Drivers

6. Encienda el resto de tarjetas usando el switch *On/Off* y resetee cada una de ellas usando el botón *Reset*.

7. Usuarios están listos para formar la red ZigBee. Presione SW1 sobre la Interfaz combinada del NCB. Espere hasta que aparezca en la pantalla LCD de la tarjeta NCB “*Running Device*” (Dispositivo en ejecución). La red esta ahora formada.
8. Presione SW1 sobre el “*On/Off Light*” de la tarjeta SRB. La tarjeta se puede unir a la red, cuando esta unida el LED 1 y LED 2 de la tarjeta están continuamente encendidos.
9. Presione SW1 sobre el “*On/Off Light*” de la tarjeta NCB, la tarjeta se puede unir a la Red, cuando ésta se ha unido el LED 1 de la tarjeta cambia continuamente a encendido.
10. Repita el paso 9 para el resto de las tarjetas en el EVK. Aguarde a que cada tarjeta se una a la red antes de proseguir con otra.
11. El EVK 1321x tiene 7 tarjetas, por lo que se puede formar 7 Nodos.

Usando la tarjeta EVK 13192

- Interfaz combinada que se ejecuta sobre una Tarjeta de Evaluación (*Evaluation Board* **EVB**).
- 1 Luz que se enciende o se apaga sobre una tarjeta Sensor de Aplicaciones de Diseño de Referencia (*Sensor Application Reference Design* **SARD**).
- Switch de encendido o apagado que se ejecuta en un EVB.
- Luz regulable en ejecución sobre un EVB.
- Switch potenciómetro que se ejecuta sobre una tarjeta SARD.

Para formar una red ZigBee utilizando las tarjetas EVK 13192x se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccione la tarjeta EVB con la etiqueta de Interfaz Combinada del EVK. Esta tarjeta sirve como Coordinador de Red.
2. Usando un cable USB provisto con el EVK, conecte la Interfaz Combinada del NCB a la computadora donde se va a ejecutar ZeD.
3. Si los controladores para la tarjeta EVB no están instalados, va a aparecer un mensaje de “Nuevo Hardware Encontrado”. Diríjase a la localización de los controladores en el sistema (Carpeta *Freescale Drivers*), los cuales por defecto están en la siguiente ubicación:

C:\Archivos de Programa\Freescale\Drivers

4. Encienda la Interfaz combinada de la tarjeta EVB moviendo el switch S106 a la posición USB, luego usando el botón Reset resetee la tarjeta.
5. Conecte baterías de 9 voltios al resto de tarjetas en el EVK.
6. Encienda el switch *On/Off* del EVB y el termostato EVB, girando el switch S106 en ambas tarjetas a la posición VDC. Resetee ambas tarjetas.
7. Encienda el “*On/Off Light*” de la tarjeta SARD y el sensor de temperatura SARD, cambiando el switch S105 en ambas tarjetas a la posición “*Batt*”, luego resetear ambas tarjetas.
8. Usuarios están listos para formar la red ZigBee. Presione S1 sobre la Interfaz combinada del EVB. Espere hasta que el LED 1 y el LED 2 estén continuamente encendidos. La red está ahora formada.
9. Presione S101 sobre el “*On/Off Light*” de la tarjeta SARD, la tarjeta se puede unir a la Red, cuando ésta se ha unido el LED 1 de la tarjeta cambia continuamente a encendido.

10. Presione S1 sobre el “On/Off Switch” de la tarjeta EVB. La tarjeta puede unirse a la red. Cuando se une a la red LED 1 de la tarjeta se enciende continuamente.
11. Presione S1 de la luz regulable de la tarjeta EVB. La tarjeta puede unirse a la red. Cuando se une a la red LED 1 de la tarjeta se enciende continuamente.
12. Presione S101 del switch regulable de la tarjeta SARD. La tarjeta puede unirse a la red. Cuando se une a la red LED 1 de la tarjeta se enciende continuamente.
13. El EVK 131921 tiene 5 tarjetas, por lo que se puede formar 5 Nodos.

A.9 EJECUTANDO ZeD

Si ZeD se ejecuta por primera vez aparece un pequeño mensaje de introducción de cómo conectar la Interfaz combinada de la tarjeta (Coordinador ZigBee) a la PC como se puede apreciar en la figura A.2.

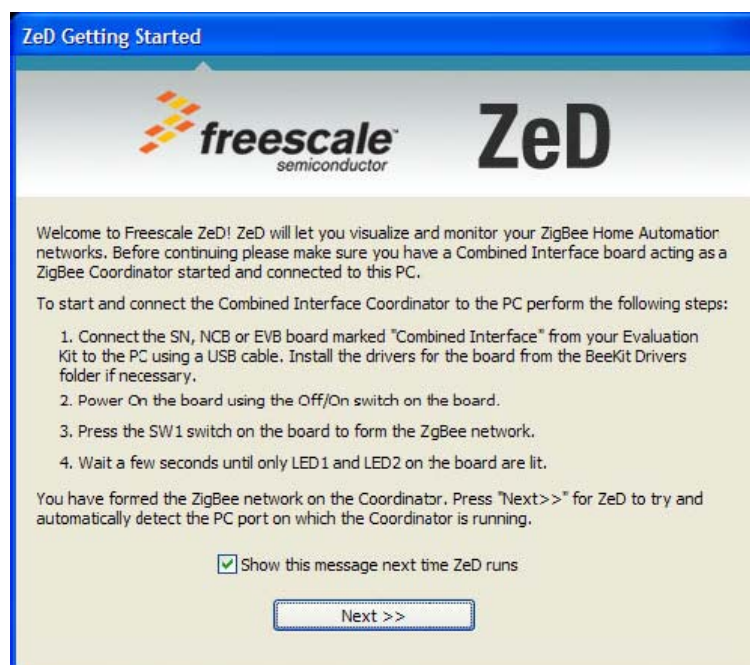


Figura A.2 Mensaje de Inicio

Luego presionando Next, ZeD trata automáticamente de detectar el puerto COM que corresponde a la Interfaz combinada de la tarjeta que va actuar como coordinador.

En la figura A.3 se muestra como ZeD trata automáticamente de detectar la Interfaz combinada de la tarjeta.

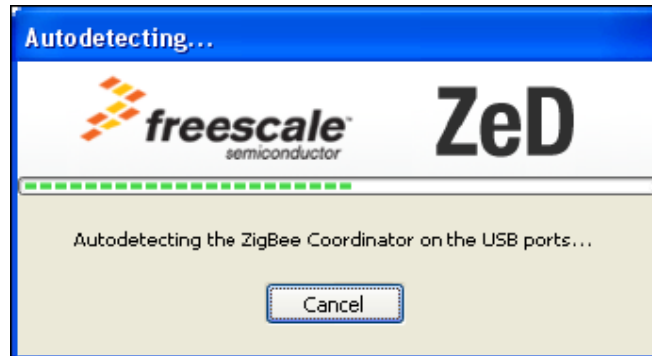


Figura A.3 Detección automática del puerto

Si la Interfaz combinada de la tarjeta es detectada, el puerto de la tarjeta es mostrado como “ZigBee Coordinator (Autodetected)” como se ve en la figura A.4.

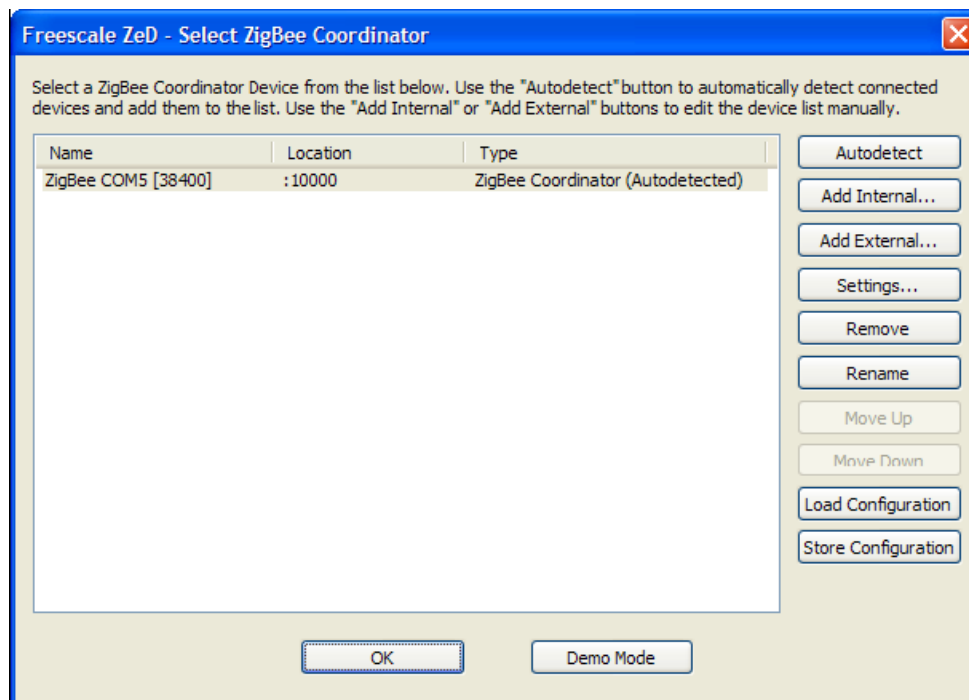


Figura A.4 Autodetección

Si no aparece en la lista, o si el primer elemento de la lista tiene el tipo “ZigBee Device” y no “ZigBee Coordinator”, entonces ZeD no ha sido capaz de detectar a la tarjeta Coordinador de red. Si esto ocurre verificar lo siguiente:

- Que la tarjeta este correctamente conectada mediante cable USB a la PC y que los controladores de la tarjeta estén bien instalados
- Que la red ZigBee este formada sobre la Interfaz combinada de la tarjeta Coordinador. LED 1 y LED 2 se encienden cuando la red esta correctamente formada.
- Que no haya otros programas de ZeD ejecutándose en el PC.
- Que el puerto del Coordinador no este siendo usado por otra aplicación como Freescale Test Tool.

Después de comprobar estos elementos, pulse el botón en la ventana autodetección del Coordinador.

Asegúrese de que el puerto COM del Coordinador ZigBee este activado y haga click en el botón OK. De este modo se despliega una venta principal de ZeD como se aprecia en la figura A.5.

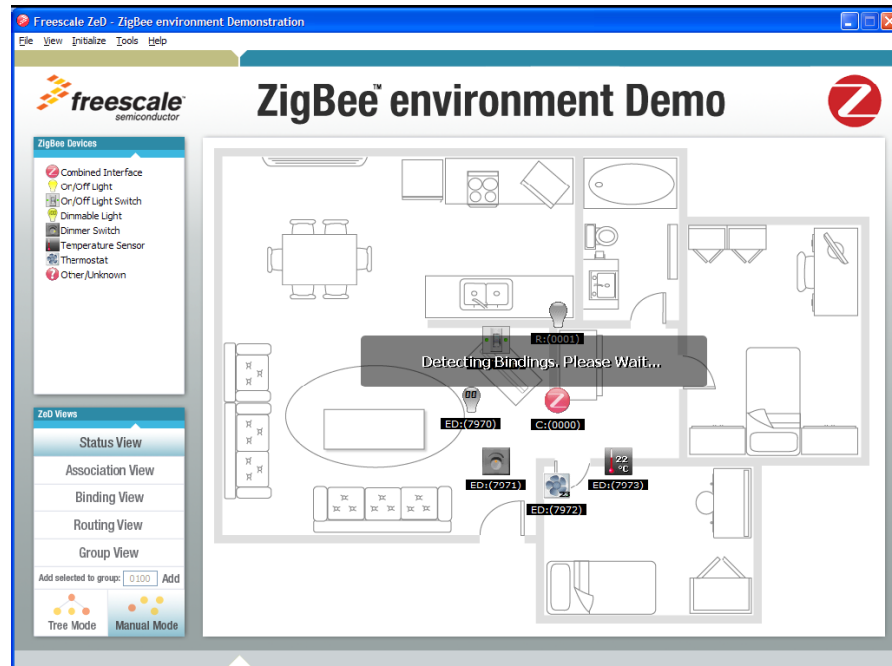


Figura A.5 Ventana Principal de los Dispositivos de Detección

ZeD muestra ahora los nodos de los puntos finales para la automatización del hogar ZigBee como íconos sobre un plano de casa ZeD como se ve en la figura A.6.

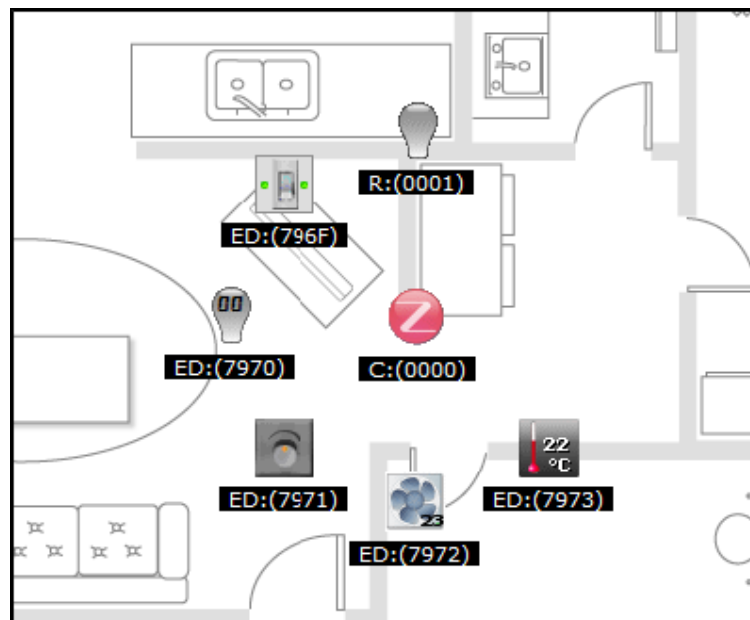


Figura A.6 Nodos como íconos en una Red ZigBee

A.9.1 Casos donde se usa ZeD

Esta sección describe como usar ZeD para iniciar aplicaciones para la automatización del hogar que se ejecutan sobre tarjetas en el EVK. Esto permite a las tarjetas comunicarse entre sí y como son controladas en una red ZigBee, además muestra como cambia los estados de las aplicaciones y esto es reflejado en la Interfaz Gráfica de ZeD.

A.9.2 Requerimientos para el Uso

Antes de seguir siga los pasos descritos en como Formar Una Red, ya sea de 9, 7 o 5 nodos y ejecute el GUI ZeD. La tarjeta también puede ser colocada en modo de aplicación.

A.9.3 Colocación de las tarjetas en Modo de Aplicación

Aquí se describe como colocar una tarjeta en Modo de Aplicación. A fin de que el usuario pueda usar la interfaz de la tarjeta pueda funcionar como una aplicación específica.

Luego de unirse a la red las tarjetas están en modo de Configuración y los switches y los LEDs de la tarjeta tienen funciones relacionadas con el proceso de formación de la Red.

Al colocar las tarjetas en modo de Aplicación, las funciones de los switches y los LEDs se cambian a funciones relacionadas con aplicaciones.

Por ejemplo: en modo de Aplicación, el LED 2 de “*On/Off Light*” de la tarjeta representa el estado actual de la luz ya sea encendido o apagado.

Para cambiar el modo de la tarjeta, realice lo siguiente:

- Mantenga presionado el SW1 de cada tarjeta SN, NN, LPN, SRB, NBC por aproximadamente 2 segundos.
- Mantenga presionado el S1 de cada tarjeta EVB por aproximadamente 2 segundos.
- Mantenga presionado el S101 de cada tarjeta SARD por aproximadamente 2 segundos.

Cuando las tarjetas cambian su modo de Configuración a Aplicación se produce un cambio en los estados de los LEDs.

Para el “*On/Off Light*”, “*On/Off Switch*”, Luz Regulable y Switch Regulable de la tarjeta el LED 1 se apaga. Para el termostato y el Sensor de Temperatura el estado de los LEDs se actualizan para que coincidan con una representación binaria de la temperatura. Para todas las tarjetas con una pantalla LCD en la segunda línea de la pantalla se muestra “App” en lugar de “Cfg”.

A.9.4 Uso de ZeD para las tarjetas EVK

En esta sección se muestra como utilizar ZeD para tarjetas que incluyen EVK 1322x, 1321x, 13192. Cuando sea aplicable, los pasos son los mismos con los siguientes elementos:

- En el EVK 1321x y 1322x el SRB, NCB, SN, NN y LPN los switches son etiquetados por SW1, Sw2, SW3, SW4.
- En el EVK 13192 el EVB los switches son etiquetados por S1, S2, S3, S4 y en las tarjetas SARD los switches son etiquetados por S101, S102, S103 y S104.
- Las tarjetas EVK 13192 no tienen Sensor de Temperatura ni la funcionalidad del Termostato.

- Las tarjetas EVK 1322x tienen 2 “On/Off Light” y 2 “On/Off Switch”.

ZeD finaliza escaneando la red y muestra los nodos como íconos en una ventana principal sobre una imagen de un plano de Casa.

En la figura A.7 se muestra el estado de los íconos sobre la pantalla para el EVK 1321x y 1322x y como reflejan el estado de la aplicación. La temperatura mostrada por el sensor puede variar de acuerdo con la temperatura ambiente.

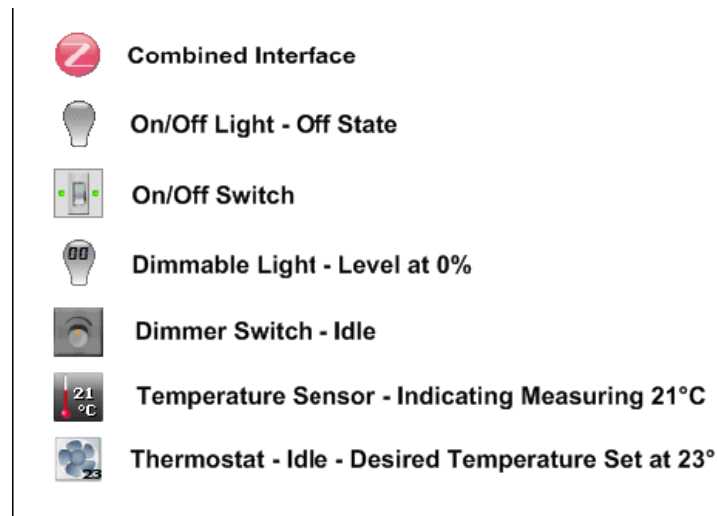


Figura A.7 Estado de la Tarjeta EVK 1321x, 1322x

En la figura A.8 en cambio se puede apreciar el estado de un EVK 13192



Figura A.8 Estado de la Tarjeta 13192

A.9.5 Inicialización de las EVKs

En esta sección se realiza la inicialización de la red de modo de que los dispositivos puedan comunicarse con otros.

De la barra de Menú escoja la opción Initialize -> Initialize MC1321x EVK o MC1319x EVK, o MC1322x EVK como se muestra en la figura A.9.

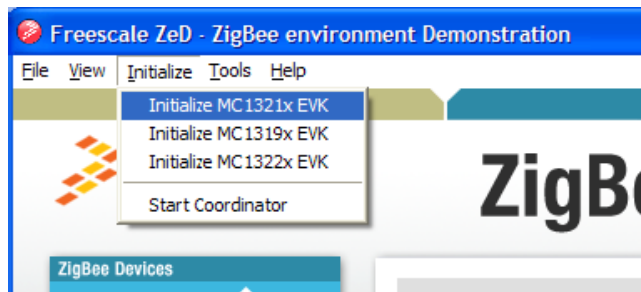


Figura A.9 Inicialización de las EVKs

Espere hasta que termine el proceso de inicialización y con el pop – ups, hasta que el mensaje “*Adding Endpoints to groups. Please Wait...*” desaparece.

El ícono del dispositivo se movió a una posición pre – definida sobre el plano de casa como se muestra en la figura A.10 para un EVK 1322x.

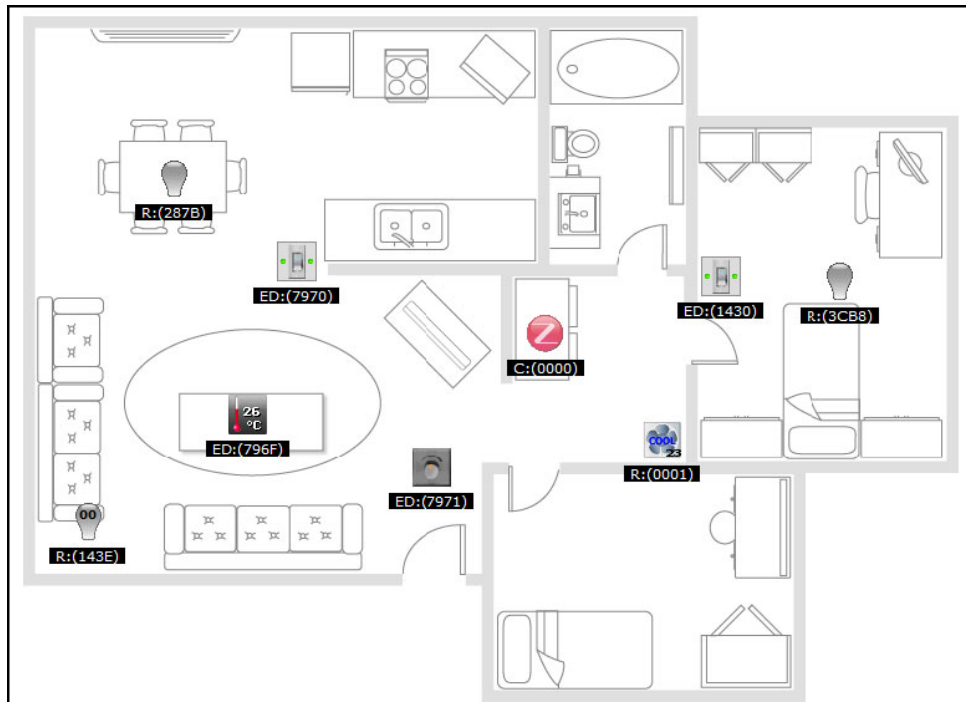


Figura A.10 Icono movido a una posición pre – definida EVK 1322x

El ícono del dispositivo se movió a una posición pre – definida sobre el plano de casa como se muestra en la figura A.11 para un EVK 1321x.

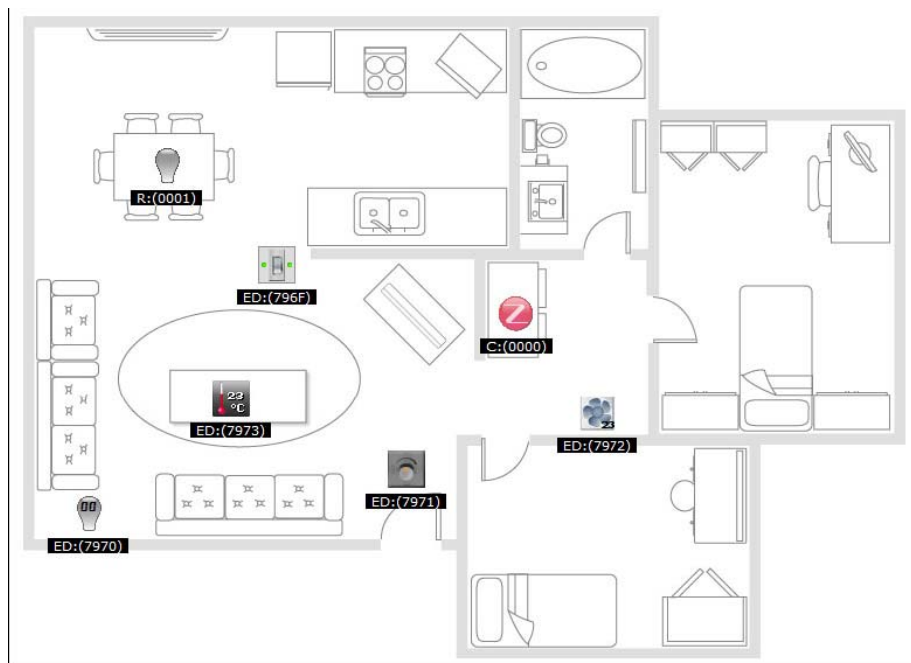


Figura A.11 Icono movido a una posición pre – definida EVK 1321x

El ícono del dispositivo se movió a una posición pre – definida sobre el plano de casa como se muestra en la figura A.12 para un EVK 13192.

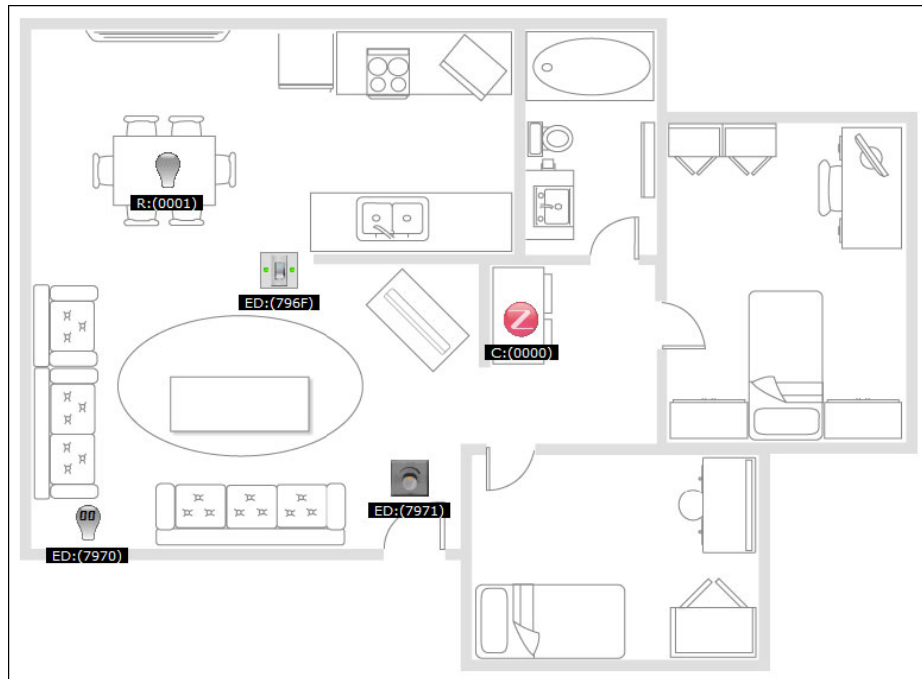


Figura A.12 Icono movido a una posición pre – definida EVK 13192

La inicialización ha realizado las siguientes conexiones entre dispositivos usando grupos ZigBee.

- Los switches *On/Off* controlan el encendido y apagado de las luces.
- El switch potenciómetro controla el regulamiento de la luz.
- El sensor de temperatura envía periódicamente mediciones de temperatura a el termostato (solamente en el EVK 1321x).

Uso del switch On/Off y del encendido y apagado de luz

En esta sección se muestra como un switch puede enviar y recibir comandos sobre una red ZigBee para encender o apagar una Luz y como este efecto se refleja en el ZeD GUI.

Asegúrese de que la inicialización de los EVK se ha realizado correctamente y que ambos el switch *On/Off* y el encendido y apagado de luz estén en modo de Aplicación.

Presione SW1 del switch *On/Off* en la tarjeta. Este envía el cambio de comando de la luz. Nótese como el LED 2 sobre el “*On/Off Light*” la tarjeta cambia conjuntamente con el ícono “*On/Off Light*” de la ZeD GUI, mostrando una bombilla que esta encendida como se ve en la figura A.13.

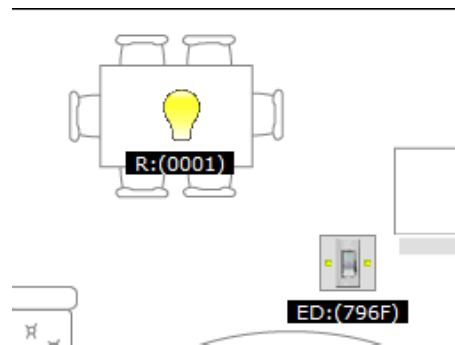


Figura A.13 Cambio entre encendido del switch *On/Off*

Manteniendo presionado SW2 del switch *On/Off* de la tarjeta por aproximadamente 2 segundos. Este envía el comando de apagar la luz. Nótese como el LED 2 sobre el “*On/Off Light*” la tarjeta cambia conjuntamente con el ícono “*On/Off Light*” de la ZeD GUI, mostrando una bombilla que cambia a estado apagado como muestra la figura A.14. El pequeño LED del switch *On/Off* también cambio a rojo, para indicar que la Interfaz combinada también recibió el comando off desde el switch *On/Off* y se actualizó el ícono.

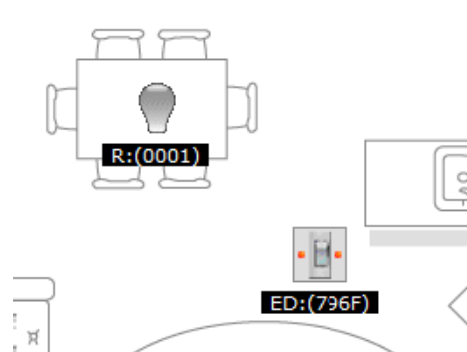


Figura A.14 Cambio entre apagado del switch *On/Off*

Presione SW2 del switch *On/Off* en la tarjeta. Este envía un comando a la luz. Nótese como el LED 2 sobre el “*On/Off Light*” la tarjeta cambia conjuntamente con el ícono “*On/Off Light*” de la ZeD GUI, mostrando una bombilla que esta encendida como se ve en la figura A.15. El pequeño LED del switch *On/Off* también cambio a verde, para indicar que la Interfaz combinada también recibió el comando off desde el switch *On/Off* y se actualizó el ícono.

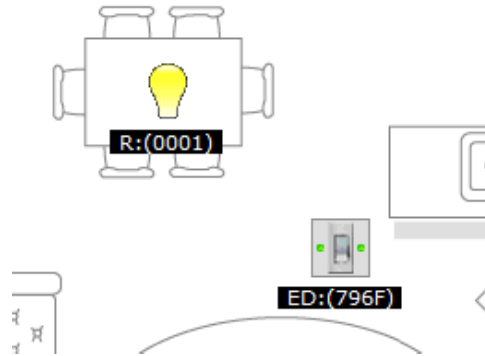


Figura A.15 Cambio entre apagado del switch *On/Off*

Uso del Switch Potenciómetro y de la Luz Regulable

Aquí se muestra como un switch potenciómetro puede enviar comandos sobre una red ZigBee para regular una luz y como en efecto de estos comandos se ve reflejado en ZeD GUI.

Asegúrese de que la inicialización de los EVK se ha realizado correctamente y que ambos el switch potenciómetro y el regulador de luz estén en modo de Aplicación.

Presione SW2 del switch potenciómetro en la tarjeta. Este envía el “*Step Up 33%*”, comando que regula la luz. Nótese como el LED 2 sobre el regulador de luz de la tarjeta cambia a encendido mientras que el LED 3 y LED 4 están apagados. El ZeD GUI muestra el ícono de una bombilla cambiando de estado y de nivel (en porcentaje), en el ícono se eleva de 00 a 33 % como se aprecia en la figura A.16.

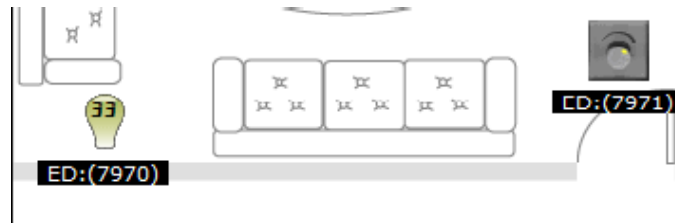


Figura A.16 Uso del comando “Step Up 33%”

Presione el SW2 sobre el Switch Potenciómetro de la tarjeta 2 veces más. Nótese como el LED 3 y LED 4 cambian a encendido uno a uno. El ZeD GUI muestra como el ícono de la bombilla regulable cambia de estado (a nivel máximo), siendo el máximo valor el de 100% como se observa en la figura A.17.

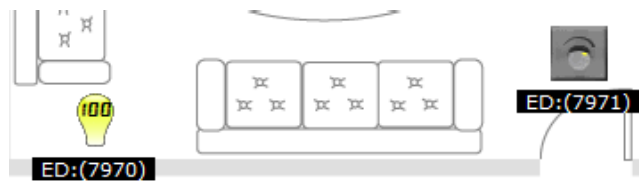


Figura A.17 Máximo valor de una bombilla regulable

Presionando SW1 del switch potenciómetro en la tarjeta. Este envía el “Step Down 33%”, comando de regulación de luz. Nótese como el LED 4 cambia a apagado. El ZeD GUI muestra como cambio el valor en porcentaje de 100% a 66% (figura A.14).

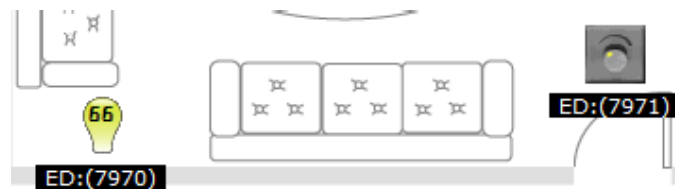


Figura A.18 Uso del comando “Step Down 33%”

A.9.6 Descargando Archivos Integrados de Imágenes

En la siguiente sección se muestra como cargar un archivo embebido de imagen a un HCS08 basado sobre una tarjeta EVK, y como cargar un archivo para una plataforma basada ARM7.

Descargando Archivos para el HCS08

Se utiliza el programa *HiWave* incluido en *CodeWarrior IDE*, para cargar un archivo de imagen incorporados a un HCS08 basado en tarjetas EVK. Esto es necesario si los usuarios sobrescriben los archivos originales que trabajan con ZeD y sus Kits EVK y la necesidad de volver a utilizar los archivos originales más tarde.

Requerimientos del Sistema

Los archivos embebidos de imágenes están colocados en la carpeta “*Embedded*” la cual esta localizada en la carpeta de instalación ZeD, que también viene con el BeeKit como archivos de solución para personalizar y generar aplicaciones definidas por el usuario.

Conectando el BDM

Antes de realizar la descarga del archivo, conecte el BDM a la tarjeta, cada tarjeta tiene un puerto de 6 pines BDM; marcado en el PCB. El conector BDM debe ser insertado en el puerto BDM.

El cable rojo del conector BDM debe estar sobre el mismo lado que el pin número 1 del puerto BDM.

Después de encender la tarjeta los LEDs de color azul y amarillo del BDM se encienden, estos significa que el módulo esta correctamente conectado. Si los LEDs no se encienden, vuelva a chequear la conexión y trate otra vez.

Localizando la Aplicación HiWave

HiWave esta localizado en la carpeta raíz del *CodeWarrior* binarios IDE la cual por defecto se instala en:

Archivos de Programa\Freescale\CW08 V5.0\prog\

Para una versión de *CodeWarrior* 5.0 o en:

Archivos de Programa\Freescale\CodeWarrior for Microcontrollers V6.1\prog\

Para *CodeWarrior* 6.1

Cargando una Aplicación

Este ejemplo usa la aplicación encendido y apagado de luz, Para cargar el archivo de esta aplicación, siga los siguientes pasos:

- Ejecute el programa HiWave, la ventana principal aparece como se muestra en la figura A.22
- Haga click en el botón “*Connect*” en la ventana del Administrador de conexión ICD.

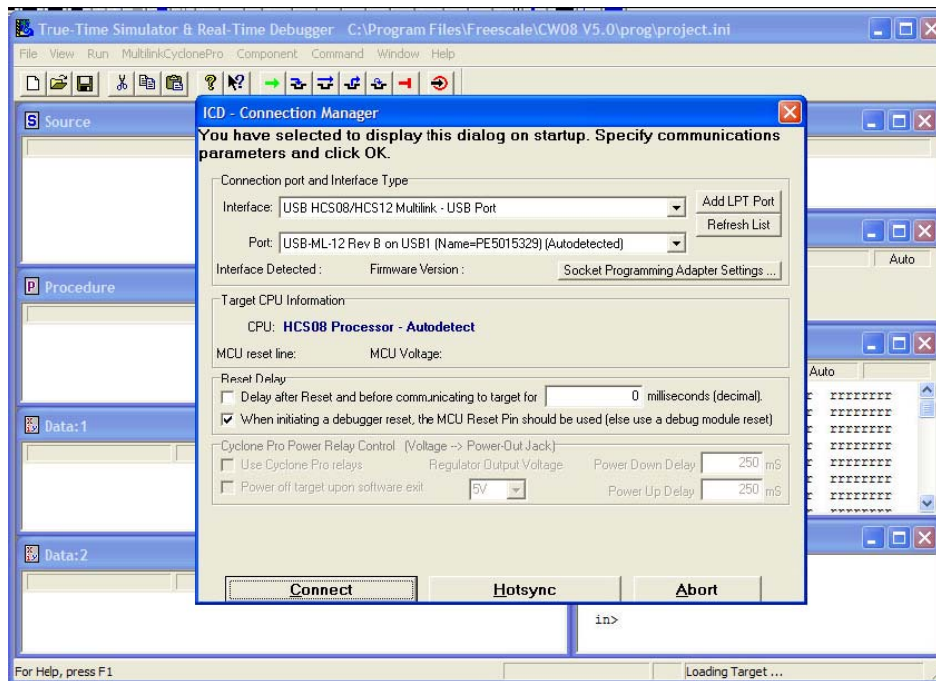


Figura A.19 Estableciendo comunicación entre la tarjeta y el BDM

- Como se muestra en la figura A.23 desde la barra de Menú de HiWave escoja MultilinkCyclonePro - > Load.

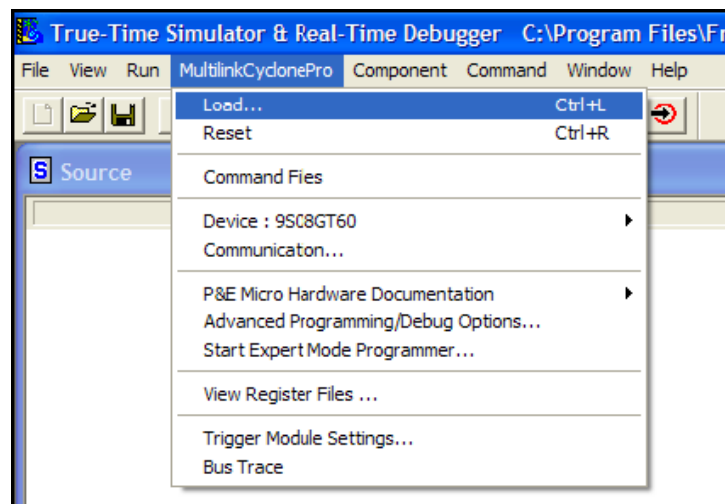


Figura A.20 Cargando Archivos .abs

- Observe en el siguiente directorio: Archivos de Programa\Freescale\ZeD v.v.\Embedded\MC1321xEVK

- Asegúrese que el tipo de los archivos sean ejecutables de la siguiente manera: Motorola S – Record (*.s?*).
- Busque el nombre del siguiente archivo: Ha OnOffLight_SRB_ZR.s19
- Como se muestra en la figura A.24, asegúrese de que el archivo Ha OnOffLight_SRB_ZR.s19 este marcado y haga click en el botón “Open”.

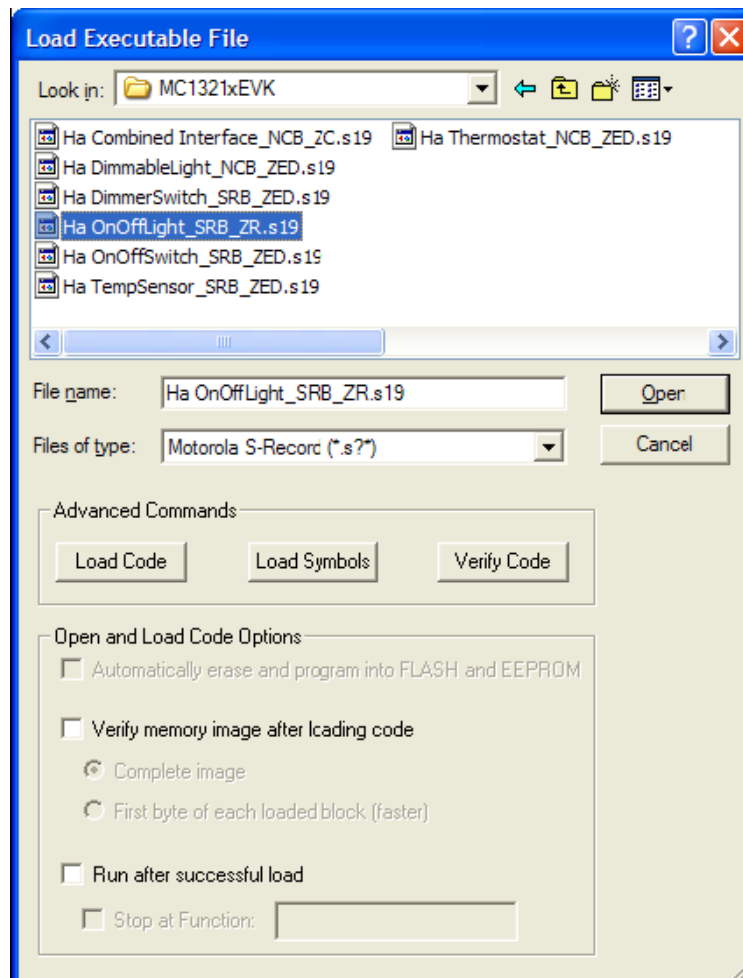


Figura A.21 Abriendo un Archivo *.s

- Luego haga click en borrar y programar la memoria flash de la tarjeta.

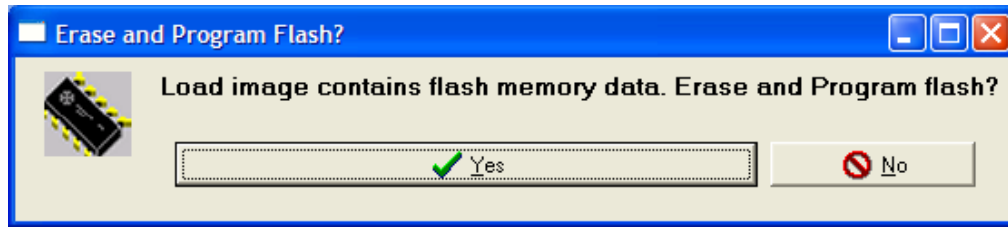


Figura A.22 Borrando y Programando la Memoria Flash

- Espere hasta que se programe completamente.
- Cierre el programa HiWave y resetee la tarjeta.

ANEXO B

PROGRAMANDO EN CODEWARRIOR

Para re – programar microcontroladores de Freescale, se lo puede hacer de 2 formas:

B.1 PROGRAMANDO DIRECTAMENTE EN CODEWARRIOR

Para programar en CodeWarrior se realizará los siguientes pasos:

- Al ejecutar el CodeWarrior IDE, se nos abrirá una ventana de opciones como se ve en la figura B.1.

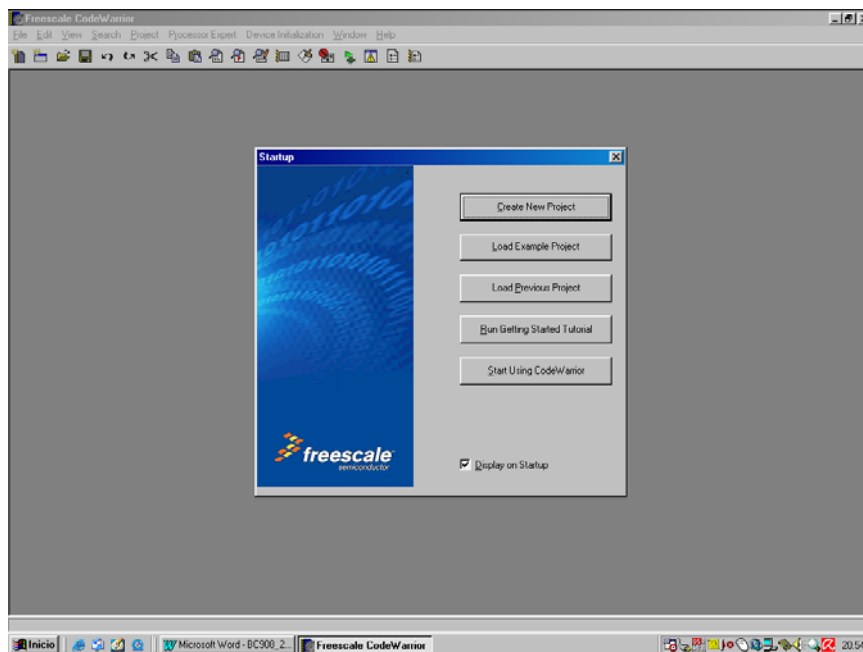


Figura B.1 Pantalla Inicial

Se procederá a elegir la opción “*Create New Project*” para crear un nuevo proyecto.

- Se ingresará en la pantalla de configuración del proyecto donde se elegirá la generación del lenguaje *ASSEMBLY*, y se dará nombre al proyecto en este ejemplo “*proyecto1.mcp*”, según se puede ver en la figura B.2.

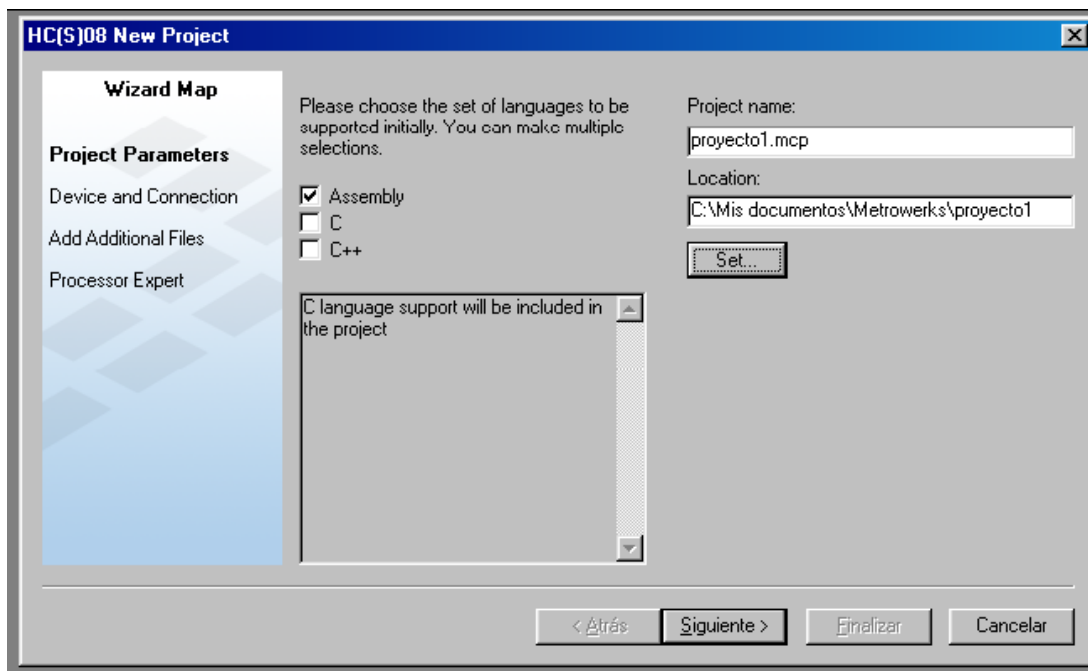


Figura B.2 Pantalla de Configuración

- En la siguiente pantalla se configurará la familia y dispositivo en particular a utilizar, figura B.3.

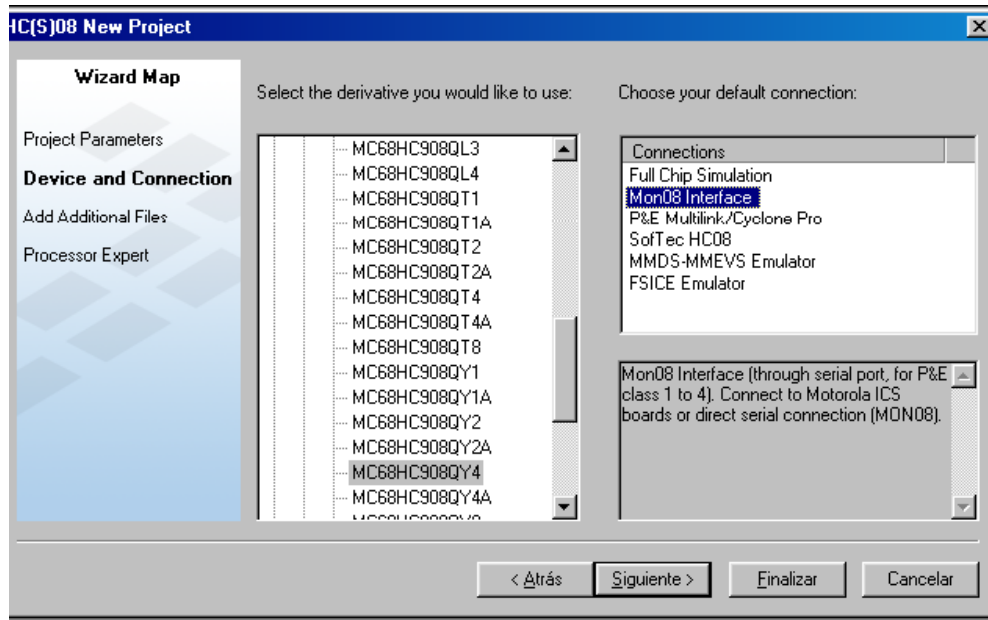


Figura B.3 Dispositivo y Tipo de Conexión

- Al hacer click en el botón “siguiete” se pasa a una pantalla (Figura B.4) Al hacer click en el botón permite adicionar cualquier archivo al proyecto.

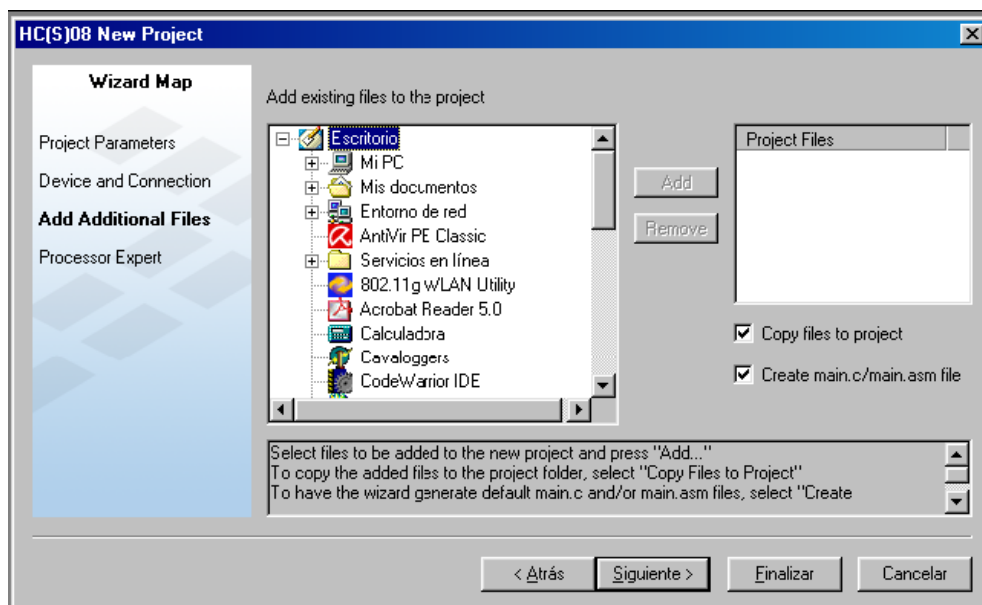


Figura B.4 Pantalla de Adición de archivos

- En la pantalla que se observa en la figura B.5, se puede elegir la generación de código de inicialización de los distintos periféricos asistida o no. Es recomendable utilizar la generación de código asistida, por medio del aplicativo “*Processor Expert*”, que irá guiando paso a paso en la inicialización de los distintos periféricos del MCU elegido.

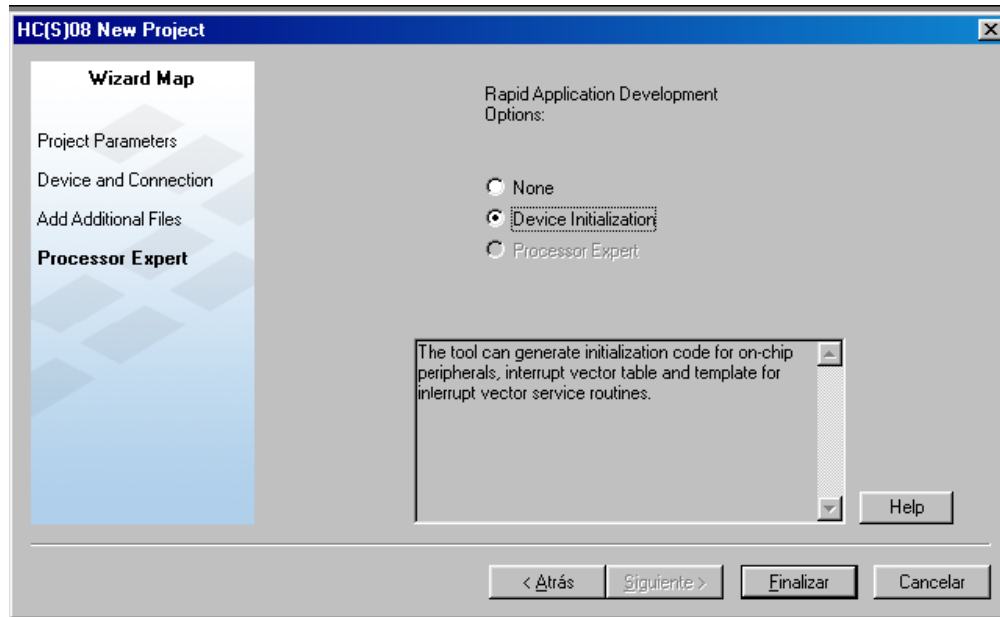


Figura B.5 Pantalla de Elección de Generación de Código Asistido

- Al hacer click en el botón “Finalizar”, se generarán todos los archivos del proyecto, se lanzará la pantalla principal de trabajo del mismo y se podrá ver una interfaz gráfica con los pines y los distintos módulos que constituyen el MCU, Figura B.6.

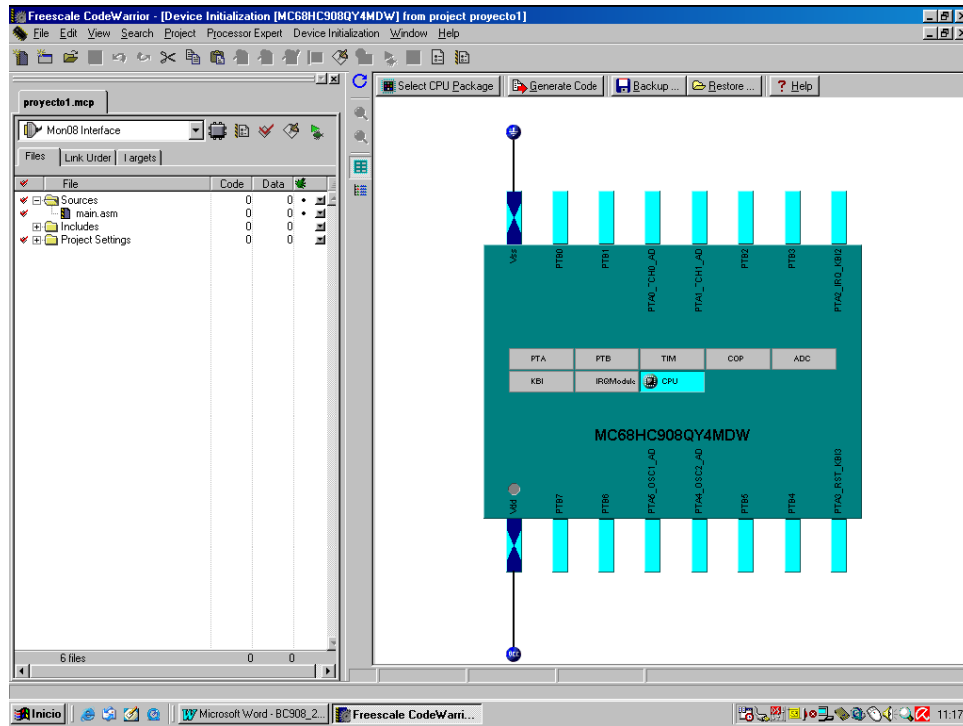


Figura B.6 Pantalla Principal de generación de código “*Processor Expert*”

Ahora resta generar el código de inicialización del Timer para producir una interrupción periódica que será la base del sistema de disparo de tareas, inicializar los puertos I/O, los registros de configuración, etc., etc.

Para hacer esto, como se mencionó anteriormente se usará el generador de código asistido “*Processor Expert*” haciendo click primeramente en el módulo CPU para configurar el Clock del sistema y otros aspectos como se observa en la figura B.7.

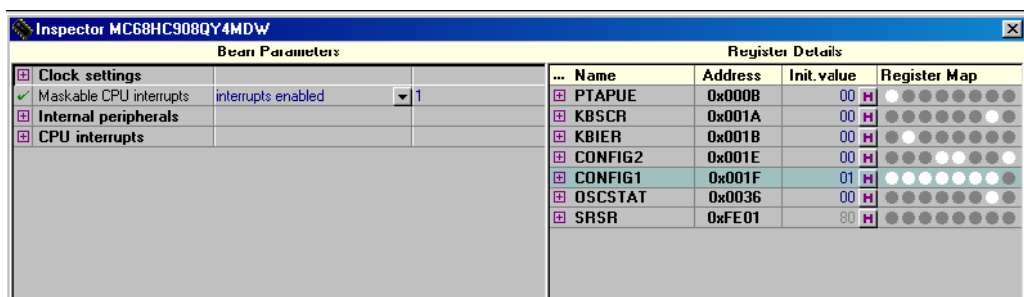


Figura B.7 Pantalla del Modulo del CPU

Se configura el módulo de CPU para:

- Clock ---- Externo ---- 9,8304Mhz (lo inyectará FLASH_POD por pin OSC1).
- LVI ----- Habilitado ---- 3V trip point ----- LVI deshabilitado en modo STOP.
- Interrupciones Habilitadas.
- Vector de Reset apuntando a la etiqueta “_Startup”
- Pin de Reset externo no disponible.

En la figura B.8 se puede ver más a detalle la configuración del CPU.

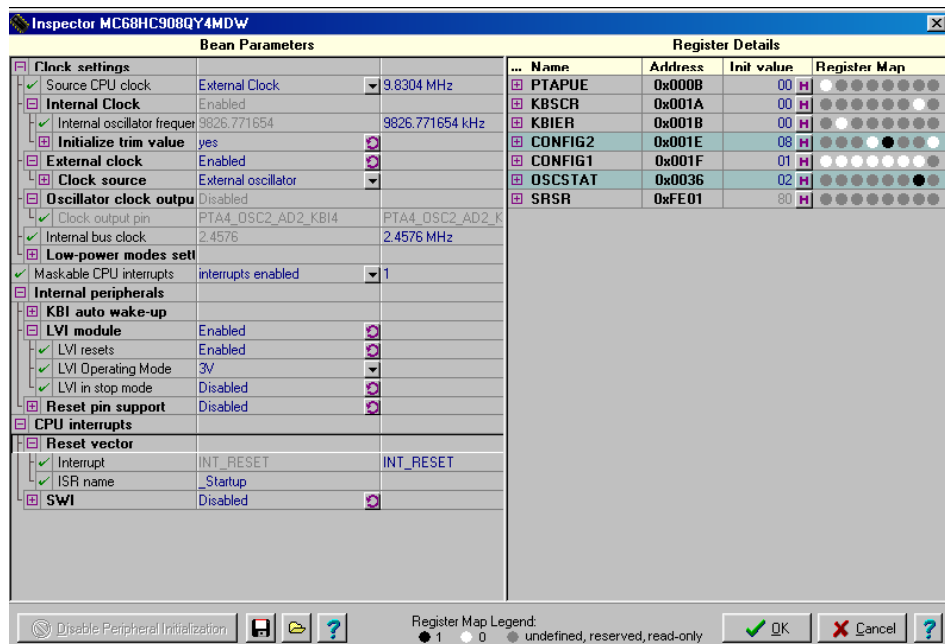
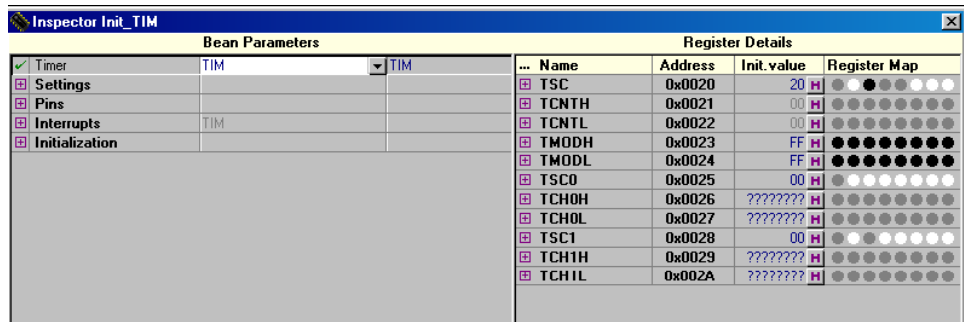


Figura B.8 Detalles de Configuración del CPU

A continuación procederemos a configurar el módulo de Timer (TIM) ingresando al mismo como muestra en la figura B.9.

Figura B.9 Modulo del *Timer*

Una vez que se ha configurado el módulo de TIMER, se procederá a configurar los puertos I/O según se desee:

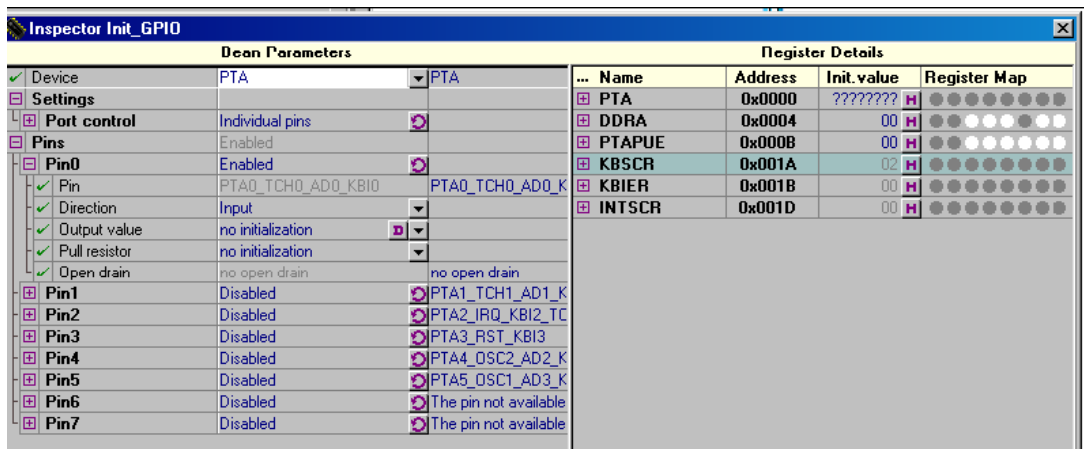


Figura B.10 Configuración de Puertos

Si luego se presiona el botón “*Generación Coda*”, el generador de código del *Processor Expert* generará el código y mostrará una ventana explicando los pasos a seguir para incorporarlo efectivamente al resto del programa.

En la figura B.11 se puede apreciar como se van a generar archivos bajo el nombre MUnit, que sirven para inicializar el MCU.

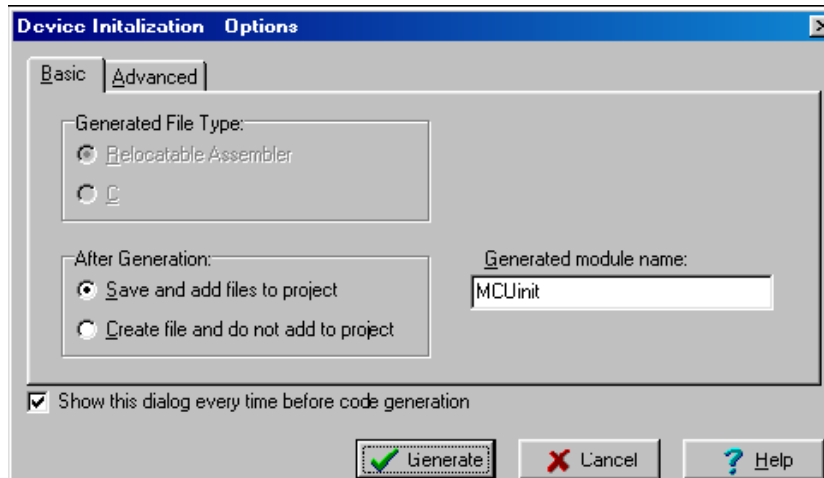


Figura B.11 Generación de Código con archivos

La figura B.12 muestra una pantalla de ayuda para integrar el código generado al proyecto.

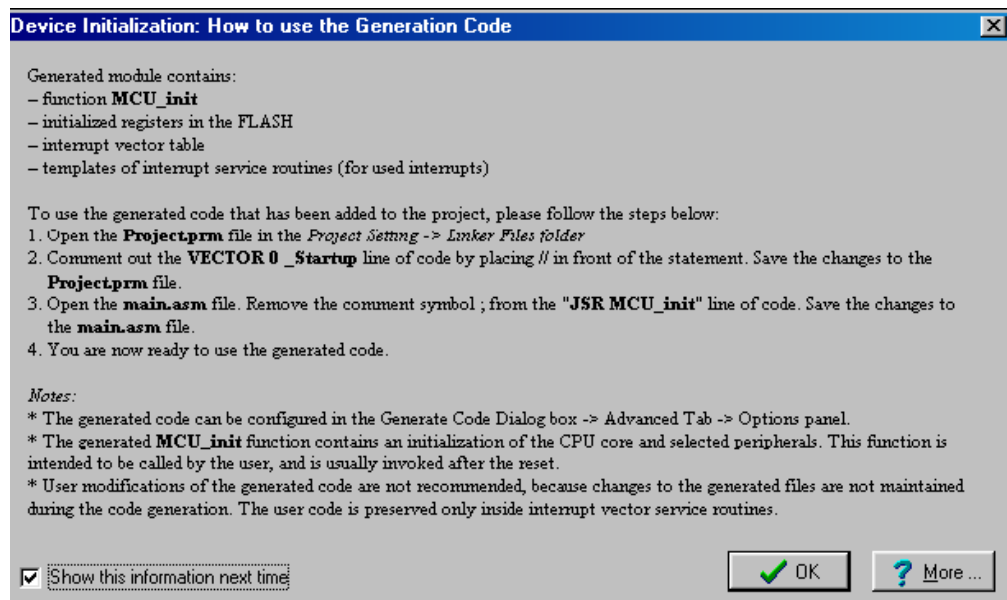


Figura B.12 Pantalla de Ayuda

Según lo sugerido por la ventana de ayuda una vez generado el código, se procede a comentar y descomentar lo siguiente:

- Comentar en el archivo "Project.prm" la línea --- VECTOR 0 _Startup /* Reset vector. Con una barra cruzada y asterisco (*) delante de la sentencia y luego salvarlo.

- Descomentar en el archivo “main.asm” la línea “JSR MCU_int” para que de esta forma en el programa principal se pueda invocar a la sub rutina MCU_int que inicializa al MCU.

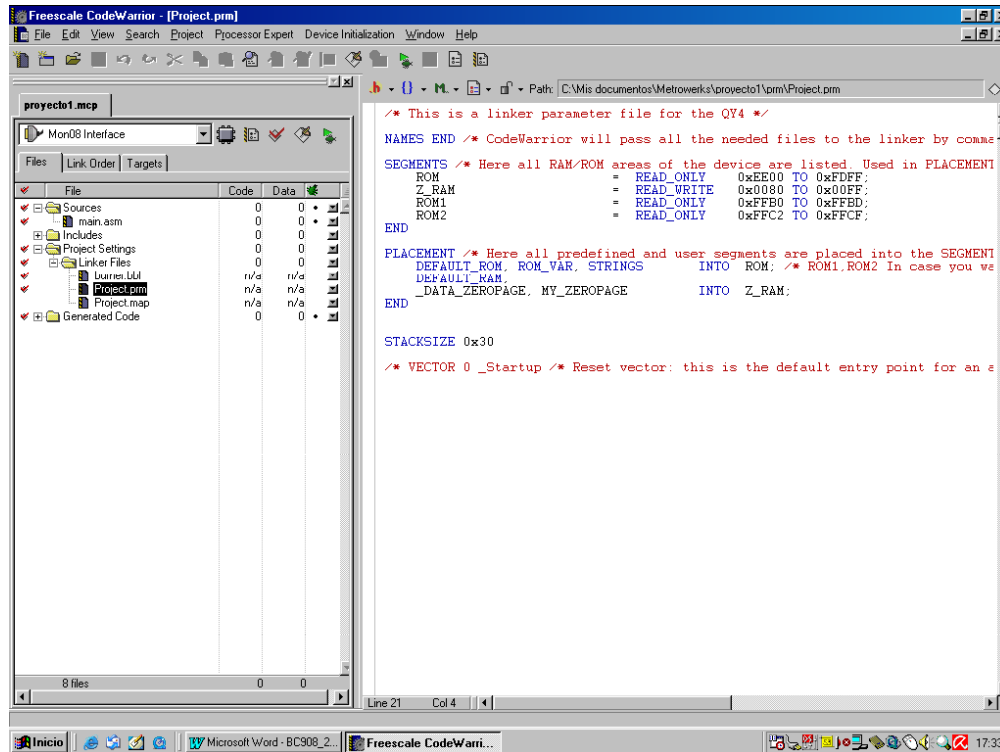


Figura B.13 Ventana con Código a modificar

Luego de realizar esas modificaciones sugeridas por el Processor Expert, se puede modificar o agregar más líneas de comando al código del programa generado.

B.2 ADJUNTANDO UN PROGRAMA HECHO EN C

Metrowerks y Motorola han dejado disponible al público una edición especial del entorno de desarrollo para microcontroladores HC08: CodeWarrior v2.0, la cual es libre y puede compilar hasta 4kbytes de código C. Una de las ventajas importantes de esta nueva versión es que adiciona el simulador de P&E Microcomputer Systems Inc., el cual cuenta con una máquina virtual que permite simular la CPU, periféricos e interrupciones de todos los microcontroladores HC08

actuales, lo que facilita el proceso de depuración de las aplicaciones desarrolladas en lenguaje C.

B.2.1 Comenzando con proyectos

El primer paso es crear el proyecto. Para esto seleccione File | New.

Con esto aparece la ventana que se muestra en la figura 1. Escoja HC08 Stationery, la carpeta donde va a ubicar su proyecto y el nombre del proyecto.

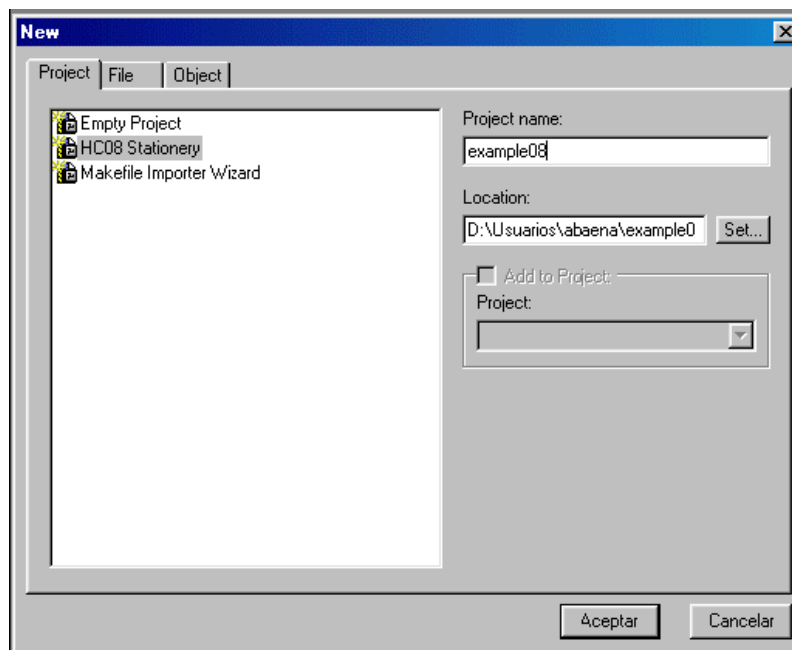


Figura B.14. Crear proyecto nuevo

Cuando presione Aceptar, aparecerá otra ventana para escoger el tipo de sistema de desarrollo que va a utilizar (Stationery), como se desea utilizar la simulación de PEMICRO se escoge PEDebug y el microcontrolador correspondiente. Este modo es por defecto solo para lenguaje ensamblador, por lo que solo aparece la opción de Asm como se aprecia en la figura B.15.

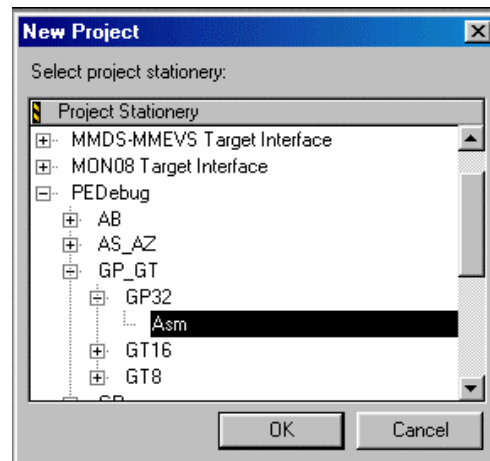


Figura B.15 Opción por Defecto.

Cuando presione OK *CodeWarrior* creará una carpeta con el nombre que le dió a su proyecto, (figura B.16) y creará un proyecto de ejemplo en lenguaje ensamblador.

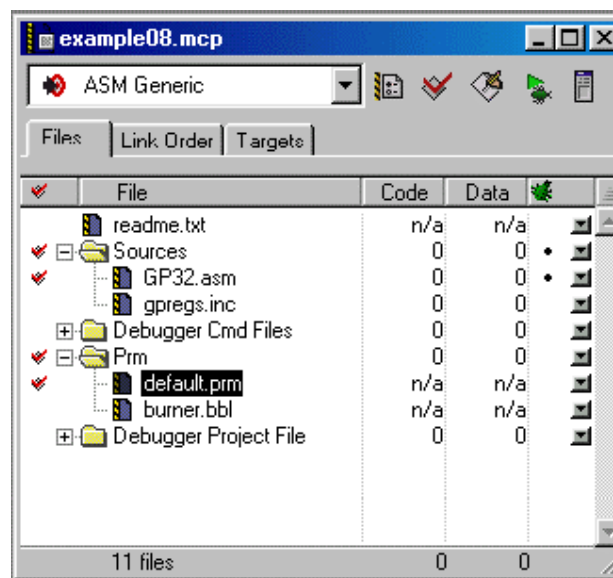


Figura B.16. Proyecto generado automáticamente por CodeWarrior.

Como el proyecto a realizar es en lenguaje C, se deben remover los archivos GP32.asm y gpregs.inc del proyecto, y adicionar la librería estándar de C y los archivos fuente necesarios. Para eliminar archivos del proyecto simplemente se seleccionan y se presiona la tecla Suprimir (esto no elimina los archivos del

disco duro). Para adicionar archivos al proyecto se resalta la carpeta *sources* y en el menú se escoge: *Project | Add Files*.

Adicionar librería y archivo de arranque para trabajar en lenguaje C.

Siempre se deben agregar dos archivos obligatoriamente: La librería estándar de C y el archivo Start08.c. Estos archivos se encuentran en las siguientes rutas:

`\CodeWarrior HC08_V2.0\lib\hc08c\lib\ansi.lib.`

`\CodeWarrior HC08_V2.0\lib\hc08c\src\Start08.c`

En la figura B17 se observa como debe aparecer el proyecto después de agregar estos archivos

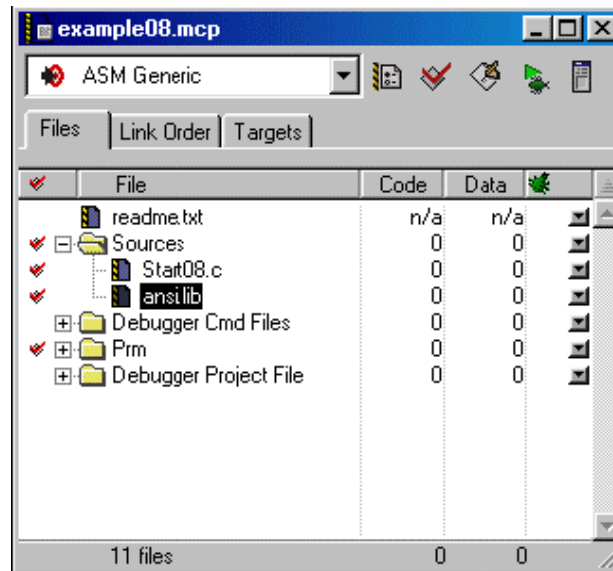


Figura B.17 Archivos que se tienen que adicionar al proyecto.

Modificación del vector de interrupción de reset

Posteriormente se debe editar el archivo default.prm. Este archivo es muy importante porque define las zonas de memoria y los vectores de interrupción. En la figura B.18 se indica donde esta ubicado en el proyecto.

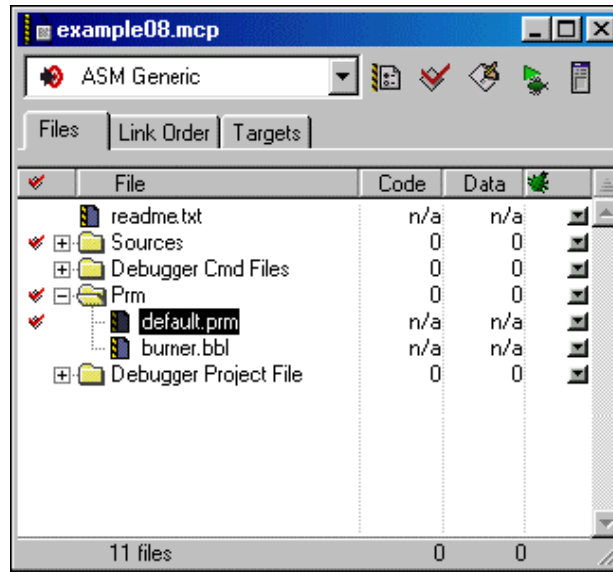


Figura B.18 Localización del archivo default.prm.

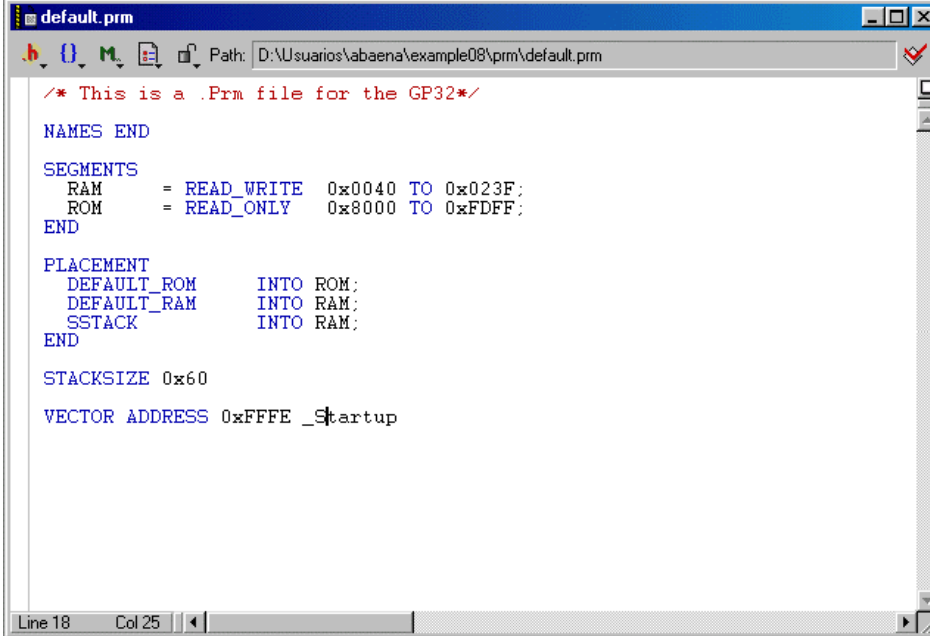
En este archivo se debe hacer lo siguiente:

Eliminar la línea: INIT Entry

Cambiar la línea: VECTOR ADDRESS 0xFFFFE main

Por la línea: VECTOR ADDRESS 0xFFFFE _Startup

_Startup es la rutina de arranque del microcontrolador, la cual está definida en Start08.c. La instrucción VECTOR ADDRESS permite definir los vectores de interrupción. Por lo tanto agregue todos los vectores de interrupción que use en su sistema. Más adelante se ilustrará con detalle la implementación de las rutinas de interrupción. En la figura B.19 se muestra como debe quedar el archivo default.prm.



```
default.prm
Path: D:\Usuarios\abaena\example08\prm\default.prm

/* This is a .Prm file for the GP32*/

NAMES END

SEGMENTS
  RAM   = READ_WRITE 0x0040 TO 0x023F;
  ROM   = READ_ONLY  0x8000 TO 0xFDFE;
END

PLACEMENT
  DEFAULT_ROM INTO ROM;
  DEFAULT_RAM INTO RAM;
  SSTACK     INTO RAM;
END

STACKSIZE 0x60

VECTOR ADDRESS 0xFFFE _Startup
```

Figura B.19 Archivo default.prm después de ser editado.

Agregar archivos fuente al proyecto.

El siguiente paso es agregar todos los archivos fuente, correspondientes al proyecto. Para esto puede utilizar el menú File | New, como se muestra en la figura B.20, o adicionar archivos ya existentes con Project | Add Files.

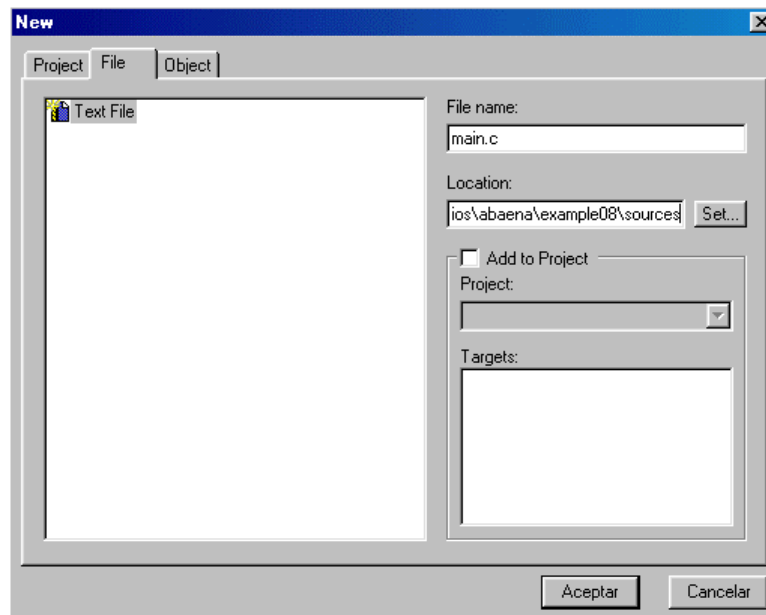
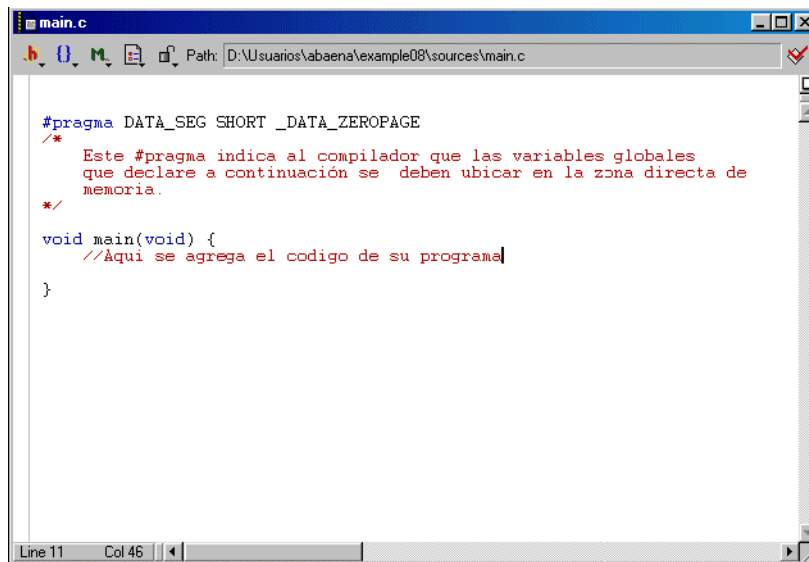


Figura B.20 Crear nuevos archivos de Código.

Como en todo programa C, debe existir una función main(). En la figura B.21 se muestra una plantilla mínima para el programa.



```
main.c
Path: D:\Usuarios\abaena\example08\sources\main.c

#pragma DATA_SEG SHORT _DATA_ZEROPAGE
/*
Este #pragma indica al compilador que las variables globales
que declare a continuación se deben ubicar en la zona directa de
memoria.
*/
void main(void) {
//Aquí se agrega el código de su programa
}

Line 11 Col 46
```

Figura B.21 Función main().

Se recomienda ubicar todos los archivos fuente de un proyecto en la carpeta sources, la cual está dentro de la carpeta del proyecto creado. Esto facilita el transporte del proyecto entre distintos computadores y evita cambios de código accidentales.

El proyecto de ejemplo es un sistema el cual prende y apaga un Led, donde los intervalos de encendido y apagado son programables por el puerto serial utilizando una aplicación tipo terminal. En la figura B.22 se muestran todos los archivos fuente del proyecto en la carpeta sources.

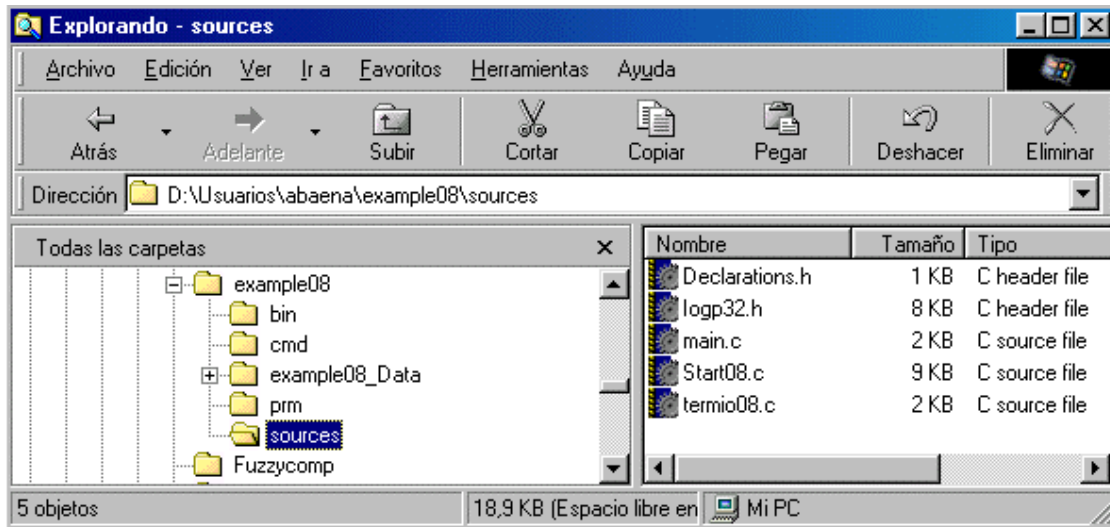


Figura B.22 Archivos fuente del proyecto.

La figura B.23 muestra el aspecto general del proyecto luego de adicionar los archivos.

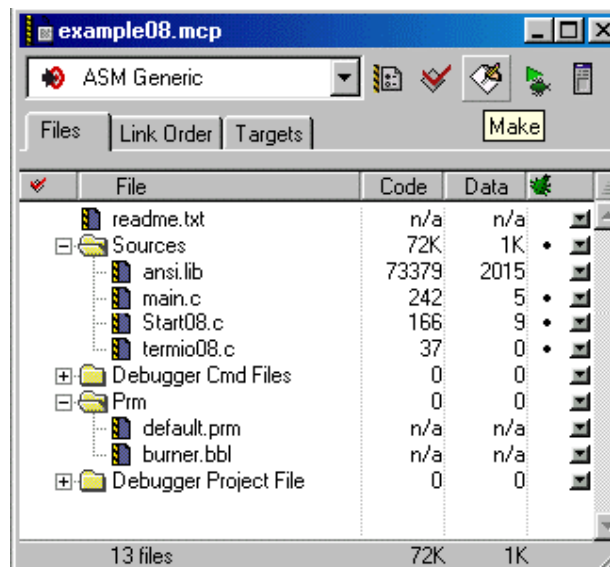


Figura B.23 Archivos del proyecto de ejemplo.

B 2.2 Un proyecto de ejemplo

En esta aplicación se utiliza una interrupción de Output Compare para medir el tiempo de encendido y apagado del LED. Para implementar la rutina de interrupción se deben realizar dos pasos.

1. Se define la rutina de interrupción como una función que no recibe parámetros y que no retorna resultados (void). Justo antes de la definición de la función se debe agregar la línea

#pragma TRAP_PROC. Esto le indica al compilador que esta función es una rutina de interrupción. En la figura B.24 se observa este procedimiento

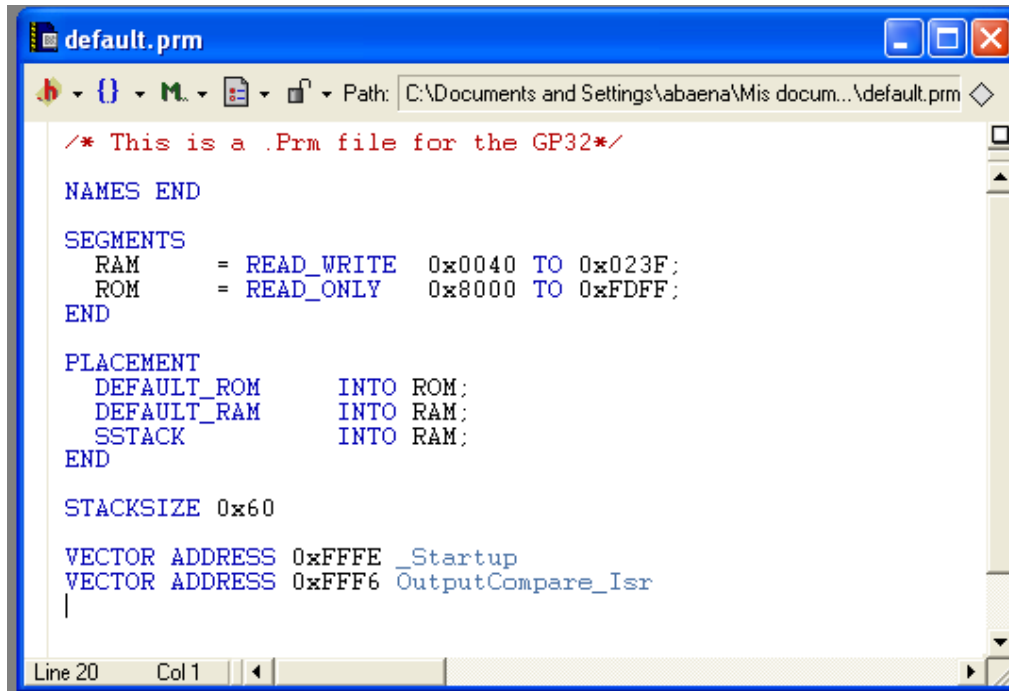
```
#pragma TRAP_PROC
void OutputCompare_Isr(void){
    //Aquí va el código de la rutina de interrupción
}
```

Figura B.24 Definición rutina de interrupción

2. El siguiente paso es agregar esta función en los vectores de interrupción, para esto en el archivo default.prm se agrega, por cada rutina de interrupción, la línea:

```
VECTOR ADDRESS [Dirección] [Nombre_función]
```

Para el ejemplo anterior el archivo default.prm quedaría como se observa en la figura B.25.



```

default.prm
Path: C:\Documents and Settings\abaena\Mis docum...\default.prm

/* This is a .Prm file for the GP32*/

NAMES END

SEGMENTS
  RAM   = READ_WRITE 0x0040 TO 0x023F;
  ROM   = READ_ONLY  0x8000 TO 0xFDFE;
END

PLACEMENT
  DEFAULT_ROM INTO ROM;
  DEFAULT_RAM INTO RAM;
  SSTACK      INTO RAM;
END

STACKSIZE 0x60

VECTOR ADDRESS 0xFFFFE _Startup
VECTOR ADDRESS 0xFFFF6 OutputCompare_Isr

```

Figura B.25 Definición vector de interrupciones.

Para la comunicación serial con la terminal se utilizaron funciones para I/O que vienen con las librerías del *CodeWarrior*. Para poder utilizar estas funciones se debe agregar al proyecto el archivo `termio08.c` el cual define los registros del módulo SCI y puede ser encontrado en la ruta:

```

\CodeWarrior HC08_V2.0\Examples\HC08\HC08 SIMULATOR\HC08
C_Calc\sources

```

Además, se debe asegurar que el enlazado de este archivo se dé antes que el de la librería estándar `ansi.lib`. Para hacer esto, en la ventana *Link order* se arrastra con el mouse la librería hasta la última posición tal como se ve en la figura B.26.

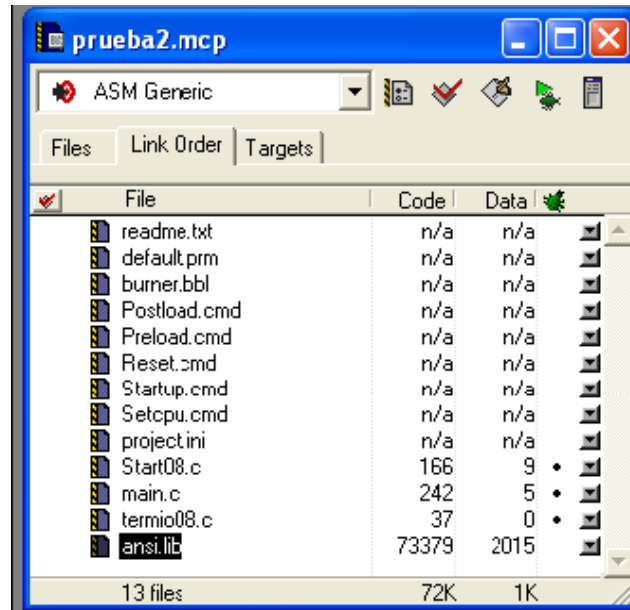


Figura B.26 Orden del enlazado del proyecto.

Compilación del proyecto

Después de tener todos los archivos del proyecto y actualizado los vectores de interrupción en el archivo `default.prm` se procede a compilar y enlazar el proyecto. Para esto seleccione: *Project | Make*.

Después de compilar los archivos *CodeWarrior* le dará un informe de errores, advertencias y mensajes. Si no obtiene ningún error, se puede pasar a la simulación.

NOTA: A pesar de que no haya errores de programación el enlazador muestra el error observado en la figura 14. Esto se debe a que el proyecto era inicialmente para ensamblador y no para C.

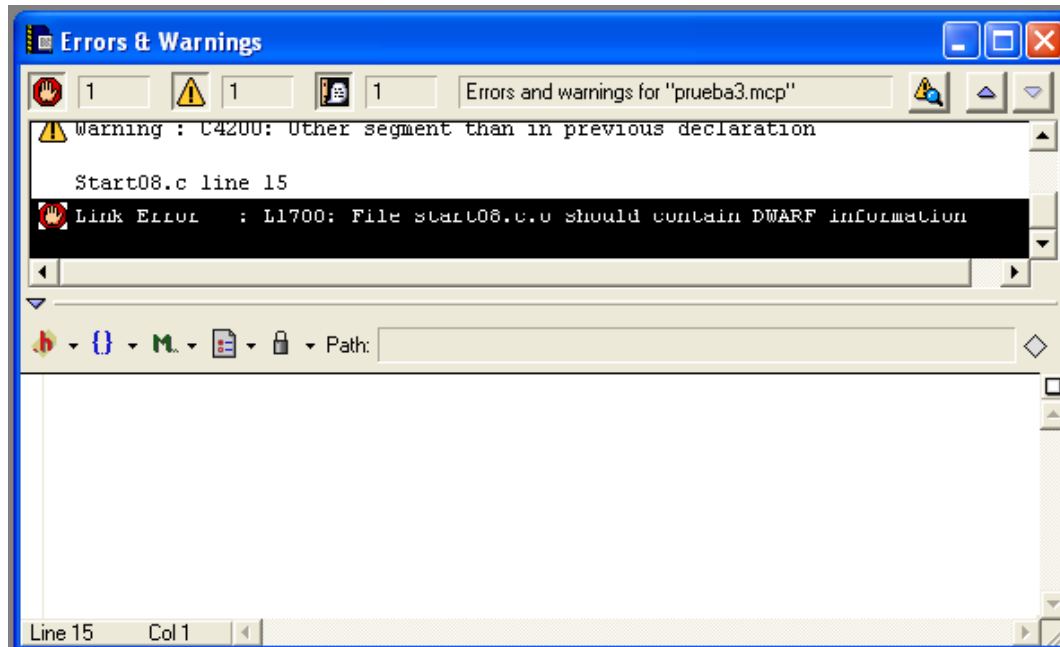


Figura B.27. Pantalla de Error

Para corregir esto, se selecciona *Project | Debug*. Inmediatamente aparecerá el mensaje de la figura 15. Al presionar Yes, se recompilan todos los archivos y se abre el simulador. A partir de este momento, si se vuelve a reconstruir el proyecto con *Project | Make*, no volverá a aparecer el error mencionado.

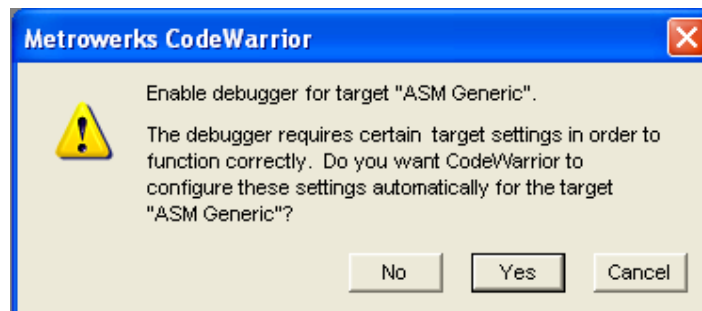


Figura B.28 Mensaje de Error

Simulación del proyecto

En la figura 16, se muestra la ventana de simulación de *CodeWarrior*. En ella se pueden observar el contenido de los registros, memoria, variables globales y locales y el código fuente en C y en ensamblador. En la ventana *Command* se

pueden escribir las instrucciones de simulador de PEMICRO. Estas instrucciones también se pueden ejecutar desde el menú PEDebug.

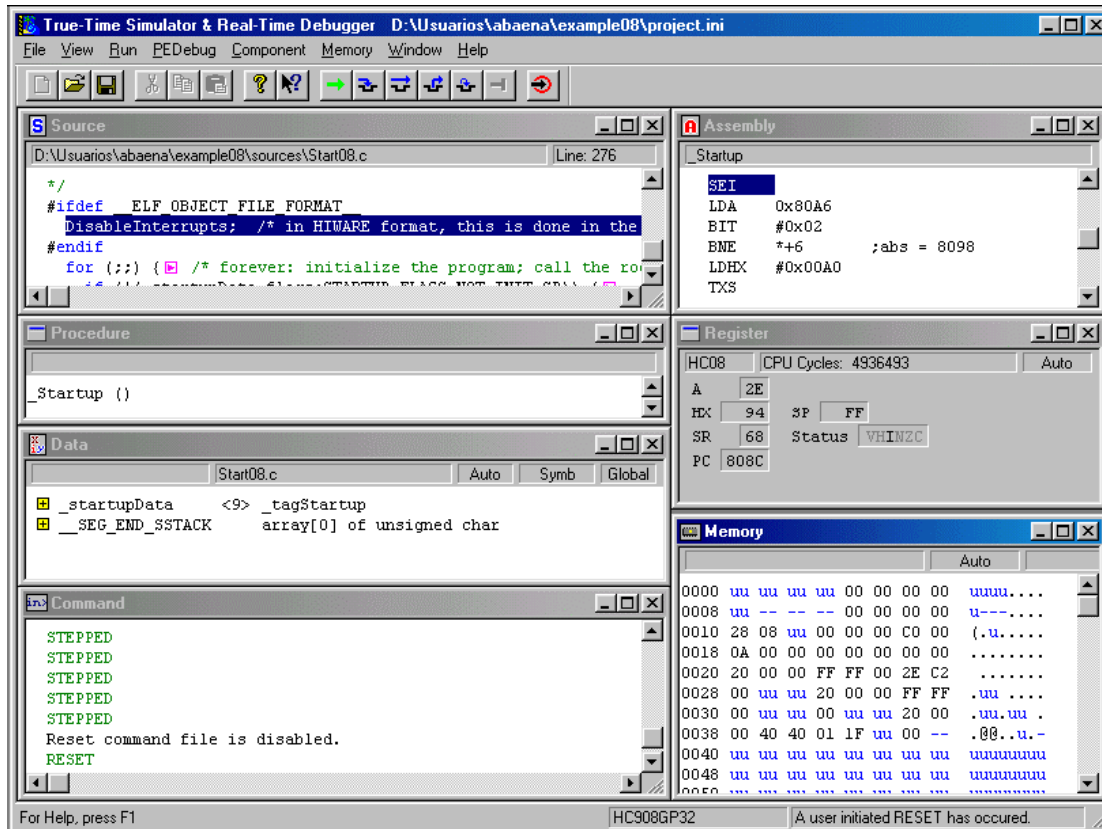


Figura B.29 Sistema de simulación.

ANEXO C

C. PoE “*POWER OVER ETHERNET*”

La alimentación a través de Ethernet (*Power over Ethernet*, PoE) es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo de red como, por ejemplo, un teléfono IP o una cámara IP, usando el mismo cable que se utiliza para su conexión de red. Elimina la necesidad de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones de la cámara y permite una aplicación más sencilla de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) para garantizar un funcionamiento las 24 horas del día, 7 días a la semana.

Power over Ethernet se regula en una norma denominada IEEE 802.3af, y está diseñado de manera que no haga disminuir el rendimiento de comunicación de los datos en la red o reducir el alcance de la red. La corriente suministrada a través de la infraestructura LAN se activa de forma automática cuando se identifica un terminal compatible y se bloquea ante dispositivos preexistentes que no sean compatibles. Esta característica permite a los usuarios mezclar en la red con total libertad y seguridad dispositivos preexistentes con dispositivos compatibles con PoE.

Actualmente existen en el mercado varios dispositivos de red como switches o hubs que soportan esta tecnología. Para implementar PoE en una red que no se dispone de dispositivos que la soporten directamente se usa una unidad base (con conectores RJ45 de entrada y de salida) con un adaptador de alimentación para recoger la electricidad y una unidad terminal (también con conectores RJ45) con un cable de alimentación para que el dispositivo final obtenga la energía necesaria para su funcionamiento

C.1 VENTAJAS

- PoE es una fuente de alimentación inteligente: Los dispositivos se pueden apagar o reiniciar desde un lugar remoto usando los protocolos existentes, como el Protocolo simple de administración de redes (SNMP, *Simple Network Management Protocol*).
- PoE simplifica y abarata la creación de un suministro eléctrico altamente robusto para los sistemas: La centralización de la alimentación a través de concentradores (hubs) PoE significa que los sistemas basados en PoE se pueden enchufar al sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) central, que ya se emplea en la mayor parte de las redes informáticas formadas por más de uno o dos PC, y en caso de corte de electricidad, podrá seguir funcionando sin problemas.
- Los dispositivos se instalan fácilmente allí donde pueda colocarse un cable LAN, y no existen las limitaciones debidas a la proximidad de una base de alimentación.
- Un único juego de cables para conectar el dispositivo Ethernet y suministrarle alimentación, lo que simplifica la instalación y ahorra espacio.
- La instalación no supone gasto de tiempo ni de dinero ya que no es necesario realizar un nuevo cableado.
- PoE dificulta enormemente cortar o destrozar el cableado: Generalmente el cableado se encuentra unido a bandejas en los huecos del techo o detrás de conductos de plástico de muy difícil acceso. Cualquier corte de estos cables resultará obvio al momento para quien pase por el lugar y, por supuesto, para los usuarios de los ordenadores que serán incapaces de proseguir con su trabajo.

C.2 DESVENTAJAS

- Los aparatos que tienen la opción PoE suelen ser más costosos que el resto, sin embargo los precios disminuyen poco a poco.
- La producción de los equipos necesarios es todavía escasa.
- Ausencia de estándares tecnológicos para la interoperabilidad de equipos.

ANEXO D

CÓDIGO DEL PROGRAMA HECHO EN VISUAL BASIC

El siguiente código es acerca del programa hecho en Visual Basic, es importante señalar que tal vez se necesite hacer algunos cambios en el nombre de los archivos, para que se pueda ejecutar.

También hay que señalar que se necesita añadir una referencia a la Opción “*Microsoft Shell Controls and Automation*”, la cual se encuentra en: Proyecto → Referencia → *Microsoft Shell Controls and Automation*.

También hay que añadir en el Form el objeto Comm Control, se agrega haciendo click derecho en la barra de herramientas y luego se lo coloca en cualquier parte del Form.

En la figura C.1 se puede apreciar como va a quedar el formulario, en donde se va a realizar la codificación.



Figura D.1 Form del Programa en Visual Basic

```
Dim objCP, objEnable, objDisable, colNetwork
Dim clsConn, clsLANConn, clsVerb
Dim strNetConn, strConn, strEnable, strDisable
Dim bEnabled, bDisabled

Dim oWMI
  Dim ret
  Dim sService
  Dim oWMI Services
  Dim oWMI Service
  Dim oServices
  Dim oService
  Dim servicename
```



```
Private Sub Command1_Click()
MSComm1.PortOpen = True 'habilita puerto serial
End Sub

Private Sub Command2_Click() 'boton salida
a = MsgBox("desea salir", vbYesNo)
If a = vbYes Then
x = MsgBox("se detendrán todos los programas relacionados", 4)
  If x = vbYes Then
    KillProcess ("Vhh.exe") 'cierra el programa ejecutable
  End
  End If
Else
End If
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
If CommEvent = 2 Then
dato = MSComm1.Input 'carga en dato lo que entra al puerto serial
  If dato = "ON" Then

    x = Shell("C:\Program Files\Vhh\vhh.exe", 1)
    'carga el programa ejecutable, hay que especificar el path

    'habilitación de la tarjeta de red
    bEnabled = True
    Set objEnable = Nothing

    For Each clsVerb In clsLANConn.Verbs
      If clsVerb.Name = strEnable Then
        Set objEnable = clsVerb
        bEnabled = False
      End If
    End For
  End If
End If
End Sub
```

```
End If

Next

If bEnabled Then

Else
    objEnable.Dolt
End If
Else

'deshabilita la tarjeta de red
KillProcess ("vhh.exe")
bEnabled = True
Set objDisable = Nothing

For Each clsVerb In clsLANConn.Verbs
    If clsVerb.Name = strEnable Then
        Set objEnable = clsVerb
        bEnabled = False
    End If
    If clsVerb.Name = strDisable Then
        Set objDisable = clsVerb
    End If
Next
If bEnabled Then
    objDisable.Dolt
Else

End If

End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()

'inicializa la búsqueda de la red
strNetConn = "Network Connections" 'nombre de la carpeta de red
strConn = "Local Area Connection" 'nombre de la conexión de red
'es muy probable que se deba cambiar los nombres de la carpeta y de la
conexión de red

strEnable = "En&able"
strDisable = "Disa&ble"
Set objshell = CreateObject("Shell.Application")

If objshell Is Nothing Then
    MsgBox "Fooley"
    Exit Sub
End If

Set objCP = objshell.Namespace(3) 'Control Panel

Set colNetwork = Nothing
For Each clsConn In objCP.Items
    If clsConn.Name = strNetConn Then
        Set colNetwork = clsConn.GetFolder
        Exit For
    End If
Next

If colNetwork Is Nothing Then
    MsgBox "Carpeta no encontrada"
    Exit Sub
End If
```

```
Set clsLANConn = Nothing
For Each clsConn In colNetwork.Items
    If InStr(LCase(clsConn.Name), LCase(strConn)) Then
        Set clsLANConn = clsConn
        Exit For
    End If
Next
```

```
If clsLANConn Is Nothing Then
    MsgBox "Conexión de red no encontrada"
    Exit Sub
End If
```

```
bEnabled = True
Set objEnable = Nothing
```

```
For Each clsVerb In clsLANConn.Verbs
    If clsVerb.Name = strEnable Then
        Set objEnable = clsVerb
        bEnabled = False
    End If
Next
```

```
Next
If bEnabled Then

Else
    objEnable.DoIt
End If
```

```
End Sub
```

```
'proceso para terminar un programa
```

```
Public Sub KillProcess(ByVal processName As String)
On Error GoTo ErrHandler

Set oWMI = GetObject("winmgmts:")
Set oServices = oWMI.InstancesOf("win32_process")

For Each oService In oServices
servicename = _
    LCase(Trim(CStr(oService.Name) & ""))

If InStr(1, servicename, _
    LCase(processName), vbTextCompare) > 0 Then
ret = oService.Terminate
End If
Next

Set oServices = Nothing
Set oWMI = Nothing
Exit Sub
ErrHandler:
Err.Clear
End Sub
```

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tecnologías en 2.4 GHz.	10
Figura 2.2 Radio de Señales según el BER	11
Figura 2.3. Capas que conforman la pila de protocolos para ZigBee	15
Figura 2.4. Capa de Red	17
Figura 2.5 Formato de una Supertrama	19
Figura 2.6 Diferentes Topologías de Red	21
Figura 2.7 Grupos de aplicaciones que están en la mira de ZigBee	22
Figura 2.8 Diversos grupos de aplicación para ZigBee	23
Figura 2.9 Domótica	26
Figura 3.1 Componentes del Sistema	30
Figura 3.2 Diferentes tipos de Conexiones	33
Figura 3.3 Aplicaciones	34
Figura 3.4 Detector MP MOTION	39
Figura 3.5 Diagrama de Bloques de un Sensor de Movimiento	40
Figura 3.6 Señales del Sensor.	40
Figura 3.7 Rango de Cobertura de un sensor MP MOTION 10m	41
Figura 3.8 Rango de Cobertura de un sensor MP MOTION ESTÁNDAR	41
Figura 3.9 Tarjeta EVK.	43
Figura 3.10 Diagrama de Bloques y Funcionamiento de dos Tarjetas EVK ..	44
Figura 3.11 Estructura de MC13192 y del HCS08	47
Figura 3.12 Relé de Estado Sólido AQ – G	49
Figura 3.13 Composición del AQ – G	50
Figura 3.14 Switch	50
Figura 3.15 Computador de Escritorio	51
Figura 4.1 Topología de la Red ZigBee	54
Figura 4.2 Topología de la Red IP	55
Figura 4.3 Ubicación de la Edificación	56
Figura 4.4 Diagrama del Diseño	57
Figura 4.5 Conexión Tarjeta SARD y Relé AQ – G	59
Figura 4.6 Configuración de la tarjeta SARD, unida al sensor de movimiento	60
Figura 4.7 Configuración de la tarjeta SARD, unida a la PC	61
Figura 4.8 Diseño del Sistema Vía Hardware	62
Figura 4.9 Diseño del Sistema Vía Software	64
Figura 4.10 Diagrama de Flujo de una rutina para habilitar y deshabilitar una tarjeta de red	65
Figura A.1 Selección de casillas en el programa de instalación	82
Figura A.2 Mensaje de Inicio	88
Figura A.3 Detección automática del puerto	89
Figura A.4 Autodetección	89
Figura A.5 Ventana Principal de los Dispositivos de Detección	91
Figura A.6 Nodos como íconos en una Red ZigBee	91
Figura A.7 Estado de la Tarjeta EVK 1321x, 1322x	94
Figura A.8 Estado de la Tarjeta 13192	94
Figura A.9 Inicialización de las EVKs	95
Figura A.10 Icono movido a una posición pre – definida EVK 1322x	96
Figura A.11 Icono movido a una posición pre – definida EVK 1321x	96

Figura A.12 Icono movido a una posición pre – definida EVK 13192.....	97
Figura A.13 Cambio entre encendido del switch <i>On/Off</i>	98
Figura A.14 Cambio entre apagado del switch <i>On/Off</i>	98
Figura A.15 Cambio entre apagado del switch <i>On/Off</i>	99
Figura A.16 Uso del comando “ <i>Step Up 33%</i> ”	100
Figura A.17 Máximo valor de una bombilla regulable.....	100
Figura A.18 Uso del comando “ <i>Step Down 33%</i> ”	100
Figura A.19 Estableciendo comunicación entre la tarjeta y el BDM.....	103
Figura A.20 Cargando Archivos .abs	103
Figura A.21 Abriendo un Archivo *.s	104
Figura A.22 Borrando y Programando la Memoria Flash	105
Figura B.1 Pantalla Inicial.....	106
Figura B.2 Pantalla de Configuración	107
Figura B.3 Dispositivo y Tipo de Conexión.....	108
Figura B.4 Pantalla de Adición de archivos	108
Figura B.5 Pantalla de Elección de Generación de Código Asistido	109
Figura B.6 Pantalla Principal de generación de código “ <i>Processor Expert</i> ”	110
Figura B.7 Pantalla del Modulo del CPU.....	110
Figura B.8 Detalles de Configuración del CPU	111
Figura B.9 Modulo del <i>Timer</i>	112
Figura B.10 Configuración de Puertos	112
Figura B.11 Generación de Código con archivos.....	113
Figura B.12 Pantalla de Ayuda.....	113
Figura B.13 Ventana con Código a modificar	114
Figura B.14. Crear proyecto nuevo	115
Figura B.15 Opción por Defecto.	116
Figura B.16. Proyecto generado automáticamente por CodeWarrior.	116
Figura B.17 Archivos que se tienen que adicionar al proyecto.	117
Figura B.18 Localización del archivo default.prm.	118
Figura B.19 Archivo default.prm después de ser editado.	119
Figura B.20 Crear nuevos archivos de Código.....	119
Figura B.21 Función main().....	120
Figura B.22 Archivos fuente del proyecto.....	121
Figura B.23 Archivos del proyecto de ejemplo.....	121
Figura B.24 Definición rutina de interrupción.....	122
Figura B.25 Definición vector de interrupciones.....	123
Figura B.26 Orden del enlazado del proyecto.....	124
Figura B.27. Pantalla de Error	125
Figura B.28 Mensaje de Error	125
Figura B.29 Sistema de simulación.....	126
Figura D.1 Form del Programa en Visual Basic.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Altura de instalación del PIR según el tipo de lente	38
Tabla 3.2	Especificaciones Técnicas	39
Tabla 3.3	Zonas de Detección.....	41
Tabla 3.4	Tiempos de Cambio.....	49
Tabla 3.5	Especificaciones del Relé AQ – G	49

Fecha de Entrega:

Sr. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo
AUTOR