

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 5



MIRACLE

**Sistema empotrado para el control de
variables domóticas**

**Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Autor: Norberto Abad López Moreno

Tutor: Ing. Alexander Moreno Limonte

Ciudad de La Habana, junio de 2010

“Año 52 de la Revolución”

“Los verdaderos científicos no buscan dinero, los verdaderos científicos buscan conocimiento”

Norberto Abad López Moreno.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos que somos los únicos autores de este trabajo y autorizamos a la Universidad de las Ciencias Informáticas de la Habana a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los 13 días del mes de mayo del año 2010.

Norberto Abad López Moreno

Alexander Moreno Limonte

DEDICATORIA

A mi mamá por darme su vida y todo el sacrificio que me ha llevado hasta este lugar y momento.

A mi hermano por forjarme como hombre y persona, por darme su apoyo y ser mi guía en todo momento, por haberme defendido siempre y haberme corregido cuando fue necesario.

A mi familia por su total apoyo y por haber confiado siempre en mí.

A Milagros García Moran por haber sido una gran amiga y compañera y por ser la principal fuente de inspiración de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá y mi hermano por apoyarme en todo momento.

A mi familia por alentarme y ser incondicional.

A mi tutor por toda la ayuda y esfuerzo brindado.

A mis amigos por darme tantas ideas y por ayudarme desde la crítica.

A Milagros García Moran por enseñarme otra manera de ver la vida.

RESUMEN

Los sistemas domóticos tienen cada vez mayor demanda en la actualidad. Especialmente para garantizar el confort de las instalaciones. La evolución tecnológica posibilita que la instalación de los sistemas domóticos sean cada vez más eficaces y menos costosos. Por tanto, la mayoría de las organizaciones como bancos, estaciones, aeropuertos, tiendas, parkings, entre otras; incorporan en sus instalaciones algún sistema, más o menos complejo.

El presente trabajo tiene como objetivo implementar un sistema domótico modular, basado en la tecnología de los sistemas empotrados. Para su desarrollo se propone la utilización de librerías gratuitas y de código abierto compatible con los estándares elegidos.

Como resultado se pretende crear un sistema domótico que permita mejorar el confort en las instalaciones del país. Esto pondrá las instalaciones donde sea instalado a un primer nivel en el campo de la domótica y permitirá eliminar las importaciones de los sistemas homólogos logrando el ahorro de divisas al país.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	3
Dedicatoria.....	5
AGRADECIMIENTOS	7
Resumen	8
Introducción	13
Capítulo 1: Fundamentación teórica.....	19
1.1 Evolución de los sistemas domóticos	19
1.2 Estado del arte de los sistemas domóticos.....	21
1.3 Herramientas y tecnologías a utilizar para el desarrollo de la solución	22
1.3.1 Tecnologías	22
1.3.2 Herramientas	23
Conclusiones	25
Capítulo 2: Análisis arquitectónico y circuital del sistema	27
2.1 Descripción general de los módulos	29
2.1.1 Descripción general de los microcontroladores	29
2.1.2 Descripción de los microcontroladores PIC	32
2.1.2 Descripción del microcontrolador PIC16f887	33
2.2.1 Análisis del esquema general del circuito de Transmisor/Receptor de comandos X-10	42
2.2.1.1 Análisis del protocolo X-10 Wireless	43
2.2.2 Análisis del circuito de apagado de las luces	45
2.2.3 Análisis del circuito detector de presencia de gas.....	46
2.2.3.1 Análisis del funcionamiento del sensor de gas TGS 813.....	47
2.2.4 Análisis del circuito de detección de intrusos(Barrera infrarroja)	48
2.2.5 Análisis del circuito de control de temperatura.....	50
2.2.6 Análisis del circuito de control acceso	51

2.2.7 Esquema conector teléfono - microcontrolador.....	52
Conclusiones	53
Capítulo 3: Análisis del Firmware.....	54
3.1 Análisis del módulo de Transmisión/Recepción de comandos X-10	54
3.1.1 Análisis del módulo de transmisión de comandos X-10	54
3.1.2 Análisis del módulo de recepción de comandos X-10.....	55
3.2 Análisis del módulo de control de luces.....	56
3.3 Análisis del circuito detector de presencia de gas	58
3.4 Análisis del circuito de detección de intrusos (Barrera infrarroja).....	59
3.5 Análisis del módulo de control de temperatura	60
3.6 Análisis del módulo de control acceso.....	61
Conclusiones	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	679

INTRODUCCIÓN

La necesidad de mejorar las condiciones de vida del hombre ha existido en todas las épocas, históricamente se han destinado muchos recursos y esfuerzos con el fin de construir viviendas cada vez más confortables; con el avance de la tecnología las viviendas se han hecho más cómodas, llegando a tener cierto grado de automatización de muchas tareas. Con la automatización de tareas como: el apagado de las luces a una hora determinada o debido a la ausencia de personas en la habitaciones, la regulación automática de la temperatura deseada, el cierre o apertura de las puertas de las habitaciones de forma remota, el aviso ante la presencia de intrusos o escapes de gas, el riego de las plantas, el llenado de los depósitos de agua de la casa entre otros, se logra un mayor bienestar y comodidad.

El término domótica proviene de la unión de las palabras domus (que significa casa en latín) y tica (de automática, palabra en griego, 'que funciona por sí sola'). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto. (1)

De una manera general, un sistema domótico dispondrá de una red de comunicación que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar determinadas acciones sobre dicho entorno.

Los elementos de campo (detectores, sensores, captadores, actuadores, etc.), transmitirán las señales a una unidad central inteligente que tratará y elaborará la información recibida. En función de dicha información y de una determinada programación, la unidad central actuará sobre determinados circuitos de potencia relacionados con las señales recogidas por los elementos de campo correspondientes. (2)

Las principales ventajas de un sistema domótico son:

- Ahorro de trabajo; simplificación del trabajo.
- Facilidad de uso.
- Control de tiempo.
- Control Remoto de los dispositivos.
- Reducción de ruido/Ahorro de energía.
- Impacto Ambiental.

- Reducción de Costes.

Las áreas de mayor influencia del mundo son:

ESTADOS UNIDOS

Su orientación es hacia el hogar interactivo (intercomunicado), con servicios como teletrabajo, tele - enseñanza, etc.

Ha sido el primer país en promover y realizar un estándar para el hogar domótico: el **CEBus** ("**Consumer Electronic Bus**"), al que se han adherido más de 17 fabricantes americanos ("**AT & T**", "**Johnson**", "**Tandy**", "**Panasonic**" y otros).

En 1984 se lanza el Proyecto "**Smart House**", originado por la Asociación Nacional de Constructores ("**NAHB: National Association of Home Builders**"). El principio esencial del "**Smart House**" es la utilización de un cable unificado que sustituye a los distintos sistemas que pueden existir en una vivienda actual: electricidad, antenas, periféricos de audio-video, teléfono, informática, alarmas, etc.

La estrategia de marketing de la Domótica se ha desarrollado en varias fases: inicialmente, las Casas-Laboratorio (2 en la ciudad de Washington), con posterioridad las Casas-Prototipo (15 en distintos estados) y, en último término, las Casas de Demostración (100, repartidas por todo el país). El precio medio de la Domótica incorporada a estas viviendas representaba en torno al 2% del coste total de la casa.

JAPÓN

En Japón, los estudios oficiales hablan de un mercado domótico de 140 mil millones de Euros en la actualidad, cifra que se eleva a 540 mil millones dentro de 10 años.

Según datos de 1990, se estima que las instalaciones domóticas sobrepasan la cifra de 600.000, y para fin de siglo, se prevé que funcionen en el país ocho millones de instalaciones domóticas.

En la actualidad la orientación japonesa no es hacia el hogar interactivo (como Estados Unidos), sino hacia el hogar automatizado. La tendencia es incorporar al máximo de aparatos electrónicos de consumo (equipos de audio, vídeo, TV, fax, etc.), pero sin conexión exterior.

La asociación más activa, en Japón, es la EIAJ (***“Electronic Industries Association of Japan”***) con su proyecto de bus (***“Home Bus System”***).

En el principal proyecto de demostración, se realizó, una proyección sociológica, en el tiempo, es decir, que la casa fue preparada para simular el modo de vida de la próxima generación. Esto produjo cierto rechazo popular en un país con evoluciones sociológicas tan lentas.

EUROPA

En Europa, las iniciativas domóticas empezaron en el año 1984. Dentro del programa Eureka; seis empresas europeas iniciaron el primer proyecto IHS (***“Integrated Home System”***) que fue desarrollado, con intensidad en los años 87-88 y que dió lugar al programa actual ESPRIT (***“European Scientific Programme for Research & Development in Information Technology”***), con el objetivo de continuar los trabajos iniciados bajo el Eureka.

El objetivo final es definir una norma de integración de los sistemas electrónicos domésticos y analizar cuales son los campos de aplicación de un sistema de estas características. De este modo se pretende obtener un estándar que permita una evolución hacia las aplicaciones integradas de la vivienda.

El programa Esprit, patrocinado por la Comunidad Económica Europea ha pasado ya por las fases I (89-90), II (91-92) y se encuentra actualmente, en la fase III. A cada nueva fase del proyecto se han ido incorporando nuevas empresas y en este momento podemos decir que se encuentran representados todos los países de la UE.

El desarrollo de la domótica en Francia ha alcanzado un nivel realmente satisfactorio. Además de los esfuerzos llevados a cabo en materia de normalización, se han conseguido involucrar en este tema a asociaciones de constructores, industria eléctrica y electrónica, informática,

compañías suministradoras de energía, etc.

Hay que hacer constar que la plena comercialización de un sistema de videotexto interactivo (como es el caso del *"Minitel"*), ha permitido el desarrollo y adaptación de muchos componentes a los sistemas domóticos. En Francia, se han ido realizando importantes aportaciones prácticas (Casa Lyon Panorama, proyecto HD2000, etc.).(3)

No solo en la infraestructura hotelera la automatización tiene campo, sino que se extiende a centros de trabajos, hogares, centros de recreación y cualquier entorno que se quiera hacer más confortable. En Cuba el crecimiento del turismo ha traído consigo la construcción de nuevas edificaciones, con un alto grado de confort para el beneplácito de los visitantes, a lo largo de todo el país. En el campo de la domótica se han realizado grandes inversiones adquiriendo sistemas de muy altas prestaciones, que en la mayoría de las ocasiones traen consigo una serie de funcionalidades que no son necesarias aumentando así el valor total de la instalación. Esto ocurre debido a que la mayoría de las tarjetas de control adquiridas no son modulares presentando así una estructura compacta que no permite ajustar la solución de forma tal que no quede sobredimensionada.

La situación planteada anteriormente lleva a formular el siguiente problema científico ¿Cómo sustituir los sistemas domóticos importados? Para darle solución a este problema el objeto de estudio se enmarca en los sistemas domóticos. Dicho estudio, delimita como campo de acción el desarrollo de los sistemas domóticos basados en sistemas empotrados. Para darle solución al problema planteado anteriormente, se tiene como objetivo general: Implementar un sistema domótico que permita sustituir los sistemas domóticos importados basado en la tecnología de sistemas empotrados. Teniendo como idea defender, que el diseño de un sistema empotrado a base de microcontroladores es capaz de brindar las prestaciones de sus sistemas homólogos, permitiendo eliminar las importaciones de estos.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se proponen las siguientes tareas de investigación:

- Estudio de los sistemas domóticos existentes para fundamentar el marco teórico del trabajo.

- Determinación de los componentes de hardware utilizados en el ámbito de la domótica, para hacer una selección de los más capaces de lograr la implementación de la solución.
- Estudio de los protocolos más usados en los sistemas domóticos para lograr la compatibilidad del sistema con sus homólogos.
- Análisis, diseño y modelado arquitectónico del sistema a desarrollar, para lograr una arquitectura con altos valores de sostenibilidad, escalabilidad y adaptabilidad.
- Implementación del código final y elaboración de los esquemas circuitales que cumpla con las especificaciones necesarias para el cumplimiento de los requerimientos.

Los métodos utilizados en la investigación se explican a continuación:

Métodos Teóricos.

- Analítico-sintético: Es usado para estudiar y analizar documentos y bibliografías de diferentes autores para poder realizar una amplia investigación sobre los elementos que se relacionan con el objeto de estudio.
- Análisis histórico lógico: Se utiliza para hacer un estudio sobre la evolución y desarrollo que han tenido los sistemas de video vigilancia, lo que permite ver en qué etapa se encuentran dichos sistemas y cual es la tecnología factible a los mismos.

Métodos Empíricos.

Observación: Permite realizar valoraciones y obtener informaciones a partir de lo observado. Esto se manifiesta principalmente cuando se realizan observaciones sobre el funcionamiento de sistemas similares al desarrollado, lo que da una visión de cómo tiene que ser el sistema a realizar en su forma externa.

El presente documento consta de tres capítulos:

El **Capítulo 1** describe algunas de las características de los Sistemas Domóticos y hace referencia al estado del arte de los proyectos existentes en el mundo semejantes al que se va a desarrollar. Además, se realiza un análisis de las tecnologías y herramientas actuales que son candidatas para la realización del sistema.

El **Capítulo 2** da a conocer las principales características del sistema, además se ofrece el modelo de implementación de la arquitectura circuital del mismo, conjuntamente con la especificación de los requerimientos funcionales que debe cumplir.

El **Capítulo 3** muestra un análisis del firmware del sistema así como los diagramas que fueron necesarios para obtener una mayor claridad a la hora de elaborar la solución que se propone.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con la evolución de los sistemas domóticos. También, se da una visión del estado en que se encuentran en el mundo los sistemas similares al desarrollado en el proyecto. Además, se hace un análisis sobre las principales metodologías y herramientas utilizadas en la aplicación.

1.1 Evolución de los sistemas domóticos.

Existen soluciones domóticas en el mundo de altas prestaciones que brindan alto confort. Así pues, cualquier persona que quiera mejorar las condiciones de su hogar, o empresa que quiera mejorar las condiciones sus instalaciones, puede apostar por este tipo de soluciones, pero teniendo en cuenta que, en función del tipo de instalación que sea, las características del sistema serán diferentes. Y es que suele ser raro que una persona o empresa no desee dotar de un mejor confort sus instalaciones, por lo que prácticamente cualquiera puede beneficiarse de la implantación y uso de un sistema domótico.

La Historia de la domótica comprende una serie de etapas, desde los primeros protocolos orientados al "control remoto", hasta los grandes protocolos capaces de realizar "funciones lógicas complejas", para satisfacer las más exigentes programaciones de regulación y preparados para la verdadera **Revolución Domótica: La autorregulación**. (1)

La Historia de la domótica la inició **X-10** en 1975, creado para el telecontrol y basado en corrientes portadoras o "**PowerLine**" (PL). Este sistema de protocolo estándar se extendió mucho por Estados Unidos y en Europa (sobretudo Reino Unido y España).La sencillez y la accesibilidad al protocolo, derivó en multitud de aplicaciones (software y hardware), una variada red de distribución, incluso bajo internet (tele-tienda), así como la creación de marcas con productos **X-10** (DiLArtec) que pasaron a instalarse de forma masiva en grandes promociones inmobiliarias. (2)

Al mismo tiempo que se extendía el protocolo **X-10**, grandes empresas del sector eléctrico, relacionadas con el mundo del autómatas, pensaron en dar más utilidades a los "autómatas programables" y sacarlos de las tareas de regulación y control en las fábricas, para llevarlos a controlar los sistemas de las viviendas. (3)

Así nacieron EIB, Batibus y EHS, que luego se fusionarían en uno: **KNX**.

- BatiBus (con fuerte implementación en países como Francia o Italia)
- EIB (en países de habla alemana)
- EHS (utilizado en las líneas blanca y marrón).

Estas tres Asociaciones decidieron unir fuerzas a finales de los 90, y crear un estándar común: **KNX**. En 2002, la recién creada KNX Association, con sede en Bruselas, presentó el nuevo estándar, que está basado en buena parte en la tecnología EIB, y reforzado con los sistemas de transmisión de datos que ofrecían BatiBus y EHS. Durante un corto período de tiempo, este sistema se llamó **“Konnex”**, pasando a la actual denominación KNX. Desde entonces ha experimentado un constante crecimiento sin precedentes. Si en 2005 existían unos 80 fabricantes de productos KNX, en el 2007 ya eran 107, y a finales del 2008 cerca de 140. Expandiéndose a otros países donde esta tecnología era poco conocida como: Estados Unidos, China, Eslovenia o Emiratos Árabes Unidos, aprovechando que es un estándar mundial (ISO/IEC 14543-3). (4)

A la par, en Estados Unidos, nacía **Lonworks**, que tuvo sus orígenes entre los productos que fabricaba **“Echelon Corporation”**. (5)

En 1999 el protocolo de comunicación (llamado **LonTalk**) fue normalizado como estándar de control de redes según la norma: ANSI/CEA-709.1-B. Posteriormente otras aplicaciones del protocolo han sido normalizadas (desde transmisión por Power-Line o par trenzado, hasta control de trenes y frenos electro-neumáticos), convirtiéndose en un estándar europeo para domótica en 2005 (EN 14908) y mundial ISO/IEC-14908. Al mismo tiempo, se desarrollaban multitud de protocolos aplicados a la domótica como: Cebus, Modbus, Bus-CAN, BUSing, Dupline, xAP, xPL,... capaces de realizar las funciones necesarias para el control domótico. En Europa aparecieron marcas asociadas a los sistemas propietarios, como IHC (LK) en Dinamarca, Teletask en Bélgica o Deltadore en Francia, y sobre todo en España, donde se dio un BOOM de sistemas propietarios (Ingenium, Miniatic, Maxdomo, Vivimat,...), algunos verdaderamente ingeniosos usando el protocolo IP(v4) como IPdomo, para cubrir una demanda de “diferenciación” en el sector inmobiliario. A partir de 2006 comienzan a surgir los sistemas domóticos inalámbricos RF (wireless), usando protocolos como: Zigbee (Control4) y Zwave. Algunos se crean compatibles con **X-10** (INSTEON) y el resto son complementarios al sistema cableado como: IHC v3 (LK), KNX Zwave (Shneider), KNX RF (Hager) o sistemas RF independientes (EnOcean) con pasarela a otros sistemas (KNX, LON, X-10,...). (6)

1.2 Estado del arte de los sistemas domóticos

El desarrollo de la domótica y su expansión a un nivel global ha llevado a la organización y estandarización de la misma, esto unido a las leyes de fuerte competencia que impone el mercado ha derivado en la regencia de los protocolos y tecnologías más fuertes.

En el área de Europa el protocolo más usado es **KNX/EIB**. Este estándar está basado en otros con más de 15 años de experiencia en el mercado, entre otros los sistemas predecesores de KNX son: EIB, EHS y BatiBUS. A través del medio de transmisión (par trenzado, radio frecuencia, línea de fuerza o IP/Ethernet) de KNX, sobre el que se conectan todos los dispositivos, se intercambia la comunicación. (7)

Ha sido aprobado por los siguientes estándares internacionales:

- **ISO/IEC**
Aprobó la tecnología KNX como el estándar Internacional ISO/IEC 14543-3 en 2006.
- **CENELEC**
Aprobó la tecnología KNX como el estándar Europeo EN 50090 en 2003.
- **CEN**
Aprobó la tecnología KNX como EN 13321-1 (simple referencia a EN 50090) y EN1332-2 (KNXnet/IP) en 2006.
- **SAC**
Aprobó la tecnología KNX como estándar GB/Z 20965 en China en 2007.
- **ANSI/ASHRAE**
Aprobó la tecnología KNX como el estándar Estadounidense ANSI/ASHRAE 135 en 2005.

Por lo anterior, KNX es el único estándar abierto para el control de Casas y Edificios. El proceso de certificación KNX asegura que funcionarán y se comunicarán diferentes productos de diferentes fabricantes usados en diferentes aplicaciones. Esto asegura un alto grado de flexibilidad en la extensión y modificaciones de las instalaciones.

De todos los protocolos **X-10** desarrollada en 1975 por “*Pico Electronics of Glenrothes*”, Escocia, fue la primera tecnología domótica en aparecer y sigue siendo la más ampliamente disponible, debido en gran manera a su potencialidad modular. Se utiliza principalmente cableado de línea de alimentación para la señalización y control, las señales de control de **X-10** se basan en la transmisión de ráfagas de pulsos de RF (120 KHz) que representan información digital. Estos pulsos se sincronizan en el cruce por cero de la señal de red (50 Hz ó 60 Hz). También han desarrollado una variante para radio, funcionando a una frecuencia de 310 MHz en los EE.UU. y 433 MHz en los sistemas europeos, los dispositivos inalámbricos envían paquetes de datos que son muy similares a los paquetes normales de alimentación la línea de control **X-10**.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Propiedad de la “*Zigbee Alliancesus*” soluciones se extienden a: control de energía, domótica, control remoto de electrodomésticos, aplicaciones médicas y servicios de telecomunicaciones. En el campo de la domótica es sin duda el protocolo reinante en el área de las comunicaciones inalámbricas. (8)

1.3 Herramientas y tecnologías a utilizar para el desarrollo de la solución

1.3.1 Tecnologías

El desarrollo del software de la aplicación tiene los siguientes lenguajes candidatos:

Ensamblador: especialmente utilizado cuando se requiere la manipulación directa de hardware, se pretenden altos rendimientos o un uso de recursos controlado y reducido. El código escrito en lenguaje ensamblador posee una cierta dificultad de ser entendido directamente por un ser humano ya que su estructura se acerca más bien al lenguaje máquina, es decir, lenguaje de bajo nivel. Con el lenguaje ensamblador se tiene un control muy preciso de las tareas realizadas por un microcontrolador.

MikroC: lenguaje de sintaxis muy entendible con gran desarrollo en las funciones matemáticas y de manipulación de funcionalidades de hardware, diseñado específicamente para la gama PIC y DsPIC.

CCS C: es el lenguaje más difundido en la programación de los microcontroladores PIC, posee una gran documentación y de muy fácil uso.

Por las características que tiene el sistema se considera que el desarrollo de la aplicación se realice con **MikroC** como lenguaje de desarrollo de alto nivel ya que el mismo “es el más orientado a la gama PIC“, además de tener consigo gran número de drivers para múltiples funcionalidades siendo también muy parecido al lenguaje ANSI C ya que es basado en este.

1.3.2 Herramientas

IDE de desarrollo: Los IDEs se deben seleccionar en dependencia de los lenguajes en que se piensa desarrollar, puesto que no todos los IDEs soportan estos lenguajes candidatos.

MikroCforPic: MikroC es el nuevo IDE que Mikroelektronika ha desarrollado enfocado a las nuevas necesidades que involucra un nuevo mundo dentro del Desarrollo de Software para sistemas empujados que viene con muchas mejoras y funcionalidades. Este compilador genera archivos .coff los cuales son usados para depurar las aplicaciones en simuladores de software como Proteus. Ha sido desarrollado específicamente para el lenguaje C. Es el IDE líder a nivel mundial en cuanto a funcionalidades y rendimiento. (9)

CCS C Compiler: IDE desarrollado por “*CustomComputerService*” orientado a la programación de varios dispositivos de Microchip como PICMCU y DsPIC. Trae consigo gran cantidad de librerías y una amplia documentación.

Se seleccionó el **MikroCforPic** debido a que es el IDE desarrollo del lenguaje **MikroC**.

Simulador de Circuitos: permiten simular el trabajo de los diseños electrónicos, esto permite prever posibles errores y de esta manera las pruebas en entornos reales se ejecutan con el sistema más depurado.

Proteus: herramienta desarrollada por Labcenter que permite diseñar y simular sistemas digitales, contiene gran número de componentes, además de permitir hacer diseños PCB de los circuitos emulados. Tiene compatibilidad con el IDE **MikroC** pues este IDE genera el archivo de depuración que necesita el Proteus. (10)

Orcad: software desarrollado por “*Cadence Design Systems*” cuyo objetivo primario es el diseño de sistemas electrónicos automatizados, cuenta con un potente simulador además de permitir el desarrollo del PCB de los circuitos.

Se escogió **Proteus** como herramienta para el desarrollo de circuitos debido a la sencillez de su manejo además de contar con una interfaz más amigable haciendo más rápido el desarrollo del sistema, además de un número de herramientas considerables para la depuración de los diseños.

Conclusiones

En este capítulo se ha tratado sobre la evolución de los sistemas domóticos abordando desde los primeros edificios inteligentes hasta sistemas más modernos accesibles desde internet. Se mencionaron además las principales empresas del mundo en la fabricación de sistemas de este tipo, haciendo un estudio en cuanto a las ventajas y desventajas que poseen. Por último se realizó un análisis sobre las nuevas tecnologías y metodologías existentes en la actualidad, explicando las que van a ser utilizadas en el proyecto.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO Y CIRCUITAL DEL SISTEMA

En este capítulo se muestra la composición de la arquitectura del sistema, además se llevará a cabo el análisis de los circuitos que componen los módulos de dicho sistema.

El sistema se compone de módulos que pueden operar de forma autónoma y/o pueden ser controlados por una unidad central (computadora). Esta controla los módulos mediante comandos típicos del protocolo **X-10**.

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

Arquitectura centralizada: Es aquella en la que los elementos a supervisar y controlar (sensores, luces, válvulas, etc.) han de conectarse hasta el sistema de control de la instalación (computadora o similar). El sistema de control es el corazón de la vivienda, en cuya falta todo deja de funcionar.

Arquitectura distribuida: Es aquella en la que el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar. Hay sistemas que son de arquitectura distribuida en cuanto a la capacidad de proceso, pero no lo son en cuanto a la ubicación física de los diferentes medios de control y viceversa.

En los sistemas domóticos de arquitectura distribuida cada elemento (módulo) tiene su propia capacidad de proceso y puede ser ubicado en cualquier parte de la vivienda. Esta característica le permite al instalador domótico una libertad de diseño capaz de adaptarse a las características físicas de una vivienda en particular.

Los medios de transmisión para la comunicación en los sistemas domóticos pueden ser diversos, a continuación se muestran:

1. **Líneas de distribución de energía eléctrica (corrientes portadoras):** si bien no es el medio más adecuado para la transmisión de datos, si es una alternativa a tener en cuenta para las comunicaciones domésticas dado el bajo costo que implica su uso, dado que se trata de una instalación existente, no es necesaria una inversión para la instalación.

2. **Soportes metálicos:** hoy en día la mayoría de las infraestructuras de comunicaciones actuales tiene un porcentaje muy elevado de cables metálicos de cobre como soporte de transmisión de las señales eléctricas que procesa. Ejemplos de pares metálicos son: el cable coaxial y el par metálico.

3. **Conexión sin cables:**

a-) **Infrarrojos:** los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de infrarrojos muestran una gran comodidad y flexibilidad y admiten un gran número de aplicaciones.

Al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos electrodomésticos o por los demás medios de transmisión.

b-) **Radiofrecuencias:** Permite transmitir datos sin importar obstáculos físicos y el alcance de la señal portadora puede ser lo suficientemente distante, permitiendo la comunicación sin tener como obstáculo la distancia.

Al usarse el aire como medio de transmisión los módulos pueden estar en cualquier lugar de la instalación, debido a que se asegura que la señal tenga la suficiente potencia para cubrir toda la instalación. Se ha escogido como protocolo de comunicación **X-10 Wireless**, el cual es una variante del protocolo **X-10 original**; **X-10 Wireless es** la versión orientada a radiofrecuencias.

Los módulos pueden vincular sus funcionalidades, un ejemplo de esto son los módulos de seguridad y el de las luces. Con un control de acceso en las habitaciones se pueden activar o desactivar las luces, si mediante controles de acceso se comprueba que se ha entrado a la habitación se encenderían, si se comprueba que se ha abandonado la habitación se apagarían. También pueden ejecutarse estas funcionalidades basadas en control horario (dada una hora determinada).

En la **Figura # 1** se muestra el diagrama de despliegue del sistema:

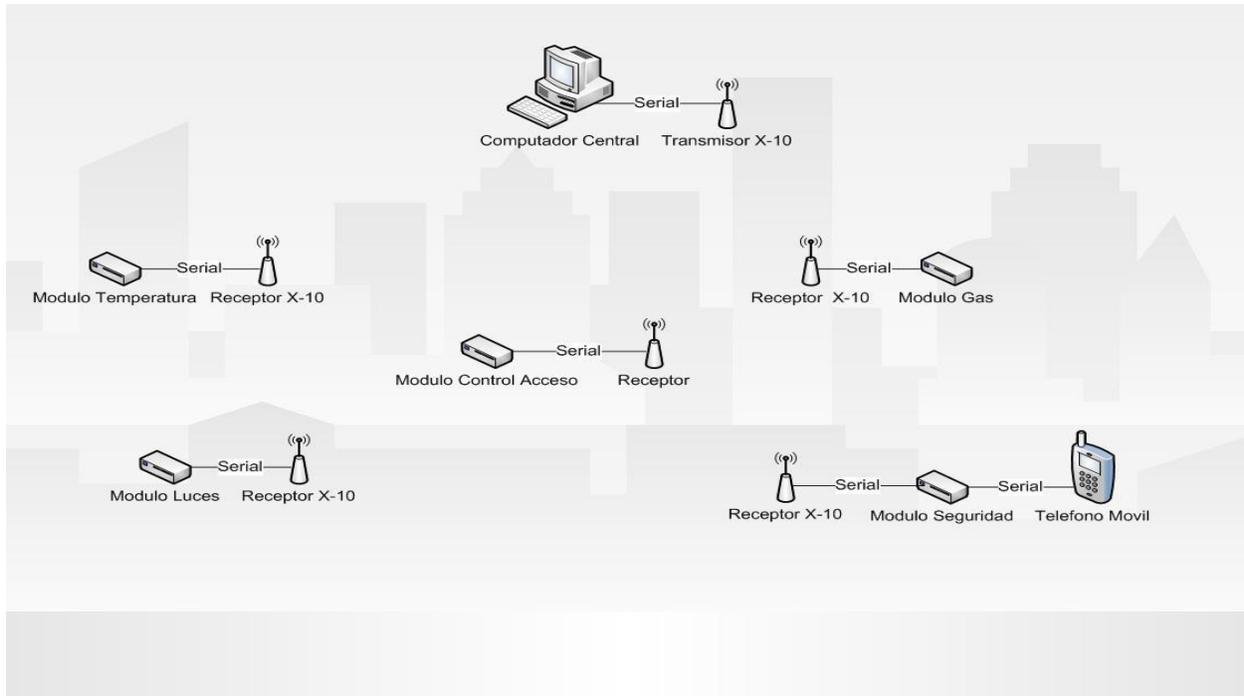


Figura # 1: Diagrama de despliegue del sistema.

2.1 Descripción general de los módulos

Los módulos están basados en sistemas empotrados, un sistema empotrado es un sistema donde su principal función no es computar pero está controlado por un computador embebido dentro de él. Hoy en día en la mayoría de los sistemas empotrados se usa como elemento de cómputo un microcontrolador.

2.1.1 Descripción general de los microcontroladores

El microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un procesador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (*embedded controller*). El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad:

atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada. (11)

Las partes principales de un microcontrolador son:

1. Procesador
2. Memoria no volátil para contener el programa.
3. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos.
4. Líneas de E/S para los controladores de periféricos:
 - a) Comunicación paralelo
 - b) Comunicación serie
 - c) Diversas puertas de comunicación (bus I2C, USB, etc.)
5. Recursos auxiliares:
 - a) Circuito de reloj
 - b) Temporizadores
 - c) Perro Guardián («watchdog»)
 - d) Conversores AD y DA
 - e) Comparadores analógicos
 - f) Protección ante fallos de la alimentación
 - g) Estado de reposo o de bajo consumo

Entre casi un centenar de fabricantes de microcontroladores que existen en el mundo es muy difícil seleccionar «el mejor». En realidad no existe, porque en cada aplicación son sus características específicas las que determinan el más conveniente.

La siguiente tabla muestra algunos de los microcontroladores más usados:

Empresa	8 bits	12 bits	14 bits	16 bits	32 bits	64 bits	Observaciones
Atmel AVR	ATmega8,89Sxxxx familia similar 8051			ATmega16			
Freescale (antes Motorola)	68HC05, 68HC08, 68HC11, HCS08	x	x	68HC12, 68HCS12, 68HCSX12, 68HC16	683xx, PowerPC Architecture, ColdFire	x	x
Hitachi, Ltd	H8	x	x	x	x	x	x
Holtek	HT8						
Intel	MCS-48 (familia 8048) MCS51 (familia 8051) 8xC251	x	x	MCS96, MXS296	x	x	x
National Semiconductor	COP8	x	x	x	x	x	x
Microchip	Familia 10f2xx Familia 12Cxx Familia 12Fxx, 16Cxx y 16Fxx 18Cxx y 18Fxx			PIC24F, PIC24H y dsPIC30FXX, dsPIC33F con motor dsp integrado	PIC32	x	x
NEC Corporation	78K						
Parallax							
STMicroelectronics	ST 62, ST 7						
Texas Instruments	TMS370, MSP430						
Zilog	Z8, Z86E02						
Silabs	C8051						

Tabla # 1: Familia de microcontroladores.

2.1.2 Descripción de los microcontroladores PIC

Los microcontroladores PIC son fabricados por “*Microchip Technology Inc*” es una empresa fabricante de microcontroladores, memorias y semiconductores analógicos, situada en Chandler, Arizona USA.

Los microcontroladores PIC tienen un «ángel» y una gran aceptación en la comunidad de técnicos y aficionados que trabajan con microcontroladores. ¿Cuál es la razón de la excelente acogida? Hay detalles que nos fascinan a los profesionales de la Microelectrónica y Microinformática; citamos los más importantes a nuestro juicio.

- Sencillez de manejo.
- Buena información.
- Precio.
- Buen promedio de parámetros: velocidad, consumo, tamaño, alimentación, código compacto, etcétera.
- Herramientas de desarrollo útiles y baratas.
- Diseño rápido.
- Disponibilidad inmediata.
- Compatibilidad del software en todos los modelos de la misma gama.

Los PIC se escogieron de entre todos los microcontroladores existentes porque:

- Su coste es comparativamente inferior al de los competidores.
- Poseen una elevada velocidad de funcionamiento.
- Tienen un juego reducido de instrucciones: 35 en la gama media.
- Los programas son compactos.
- Bajo consumo unido a un amplio rango de voltajes de alimentación.
- Muchas herramientas software se pueden recoger libremente a través de Internet desde Microchip (<http://www.microchip.com>).
- Existe una gran variedad de herramientas hardware que permiten grabar, depurar; borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- La gran variedad de modelos de PIC permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.

2.1.2 Descripción del microcontrolador PIC16f887

Todos los modelos de microcontroladores PIC responden a la arquitectura RISC, que significa «Computador de Juego de Instrucciones Reducido». No sólo implica que el número de instrucciones máquina que es capaz de interpretar y ejecutar el procesador es pequeño, como sucede en los PIC16X8X, que consta de 35, sino también que posee las siguientes características:

1 Las instrucciones son simples y rápidas:

La falta de complejidad en la operación que realizan las instrucciones de los procesadores RISC permite que sean ejecutadas, mayoritariamente, en un solo ciclo de instrucción. Los PIC tardan en ejecutar todas las instrucciones un ciclo, excepto las de salto, que tardan el doble.

2. Las instrucciones son ortogonales:

Apenas tienen restricciones en el uso de operandos. Cualquier instrucción puede usar cualquier operando.

3. La longitud de los datos y las instrucciones es constante:

Todas las instrucciones tienen la misma longitud, 14 bits en los PIC16X8X, y todos los datos también, un byte. La arquitectura Harvard del procesador aísla la memoria de instrucciones de la de datos, pudiendo tener sus palabras diferente tamaño. (12)

El PIC16f887 es uno de los modelos más eficientes de microchip, cuenta con todos los componentes que los microcontroladores modernos deben tener. Por su bajo precio, amplia gama de aplicaciones de alta calidad y la disponibilidad fácil, es una solución ideal en aplicaciones tales como: el control de tareas de la industria, máquinas de control de dispositivos, la medición de distintos valores, etc. Algunas de sus características principales se enumeran a continuación:

Frecuencia de operación 0-20 MHz

Oscilador interno de precisión

- Calibrado de fábrica
- Rango de frecuencia seleccionable por software 8MHz-31KHz

Tensión de alimentación 2.0-5.5v

- Consumo 220uA (2,0 V, 4MHz), 11uA (2,0 V, 32 KHz) 50nA (modo stand-by)
- Ahorro de energía en el módulo de espera
- Brown-outReset (BOR) con la opción de control de software

35 pines Entrada /Salida

- Fuente de alta corriente/sumideros para la unidad led directa
- Software e individualmente *programmable* resistencia *pull-up*
- Interrupciones activas en el cambio de pin
- 8K de memoria en tecnología Flash
- Chip puede ser reprogramado hasta 100.000 veces

256 bytes de memoria EEPROM

- Los datos pueden ser escritos más de 1.000.000 veces

368 bytes de memoria RAM

Conversor A / D:

- 14-canales
- 10-bits de resolución

3 temporizadores independientes / contadores

Watch-DogTimer (Perro Guardián)

Módulo comparador analógico con

- Dos comparadores analógicos
- Voltaje de referencia fijo (0.6V)
- Voltaje de referencia programable
- Módulo de Modulación por ancho de pulso

Mejora módulo USART

- Soporta RS-485, RS-232 y LIN2.0
- Auto-Detectar Baud

Master Synchronous Serial Port (MSSP)

- Soporta SPI y I2C

In-Circuit opción de programación de serie

- El Chip se puede programar incluso integrado en el dispositivo de destino (19)

Foto de microcontrolador PIC16F887:

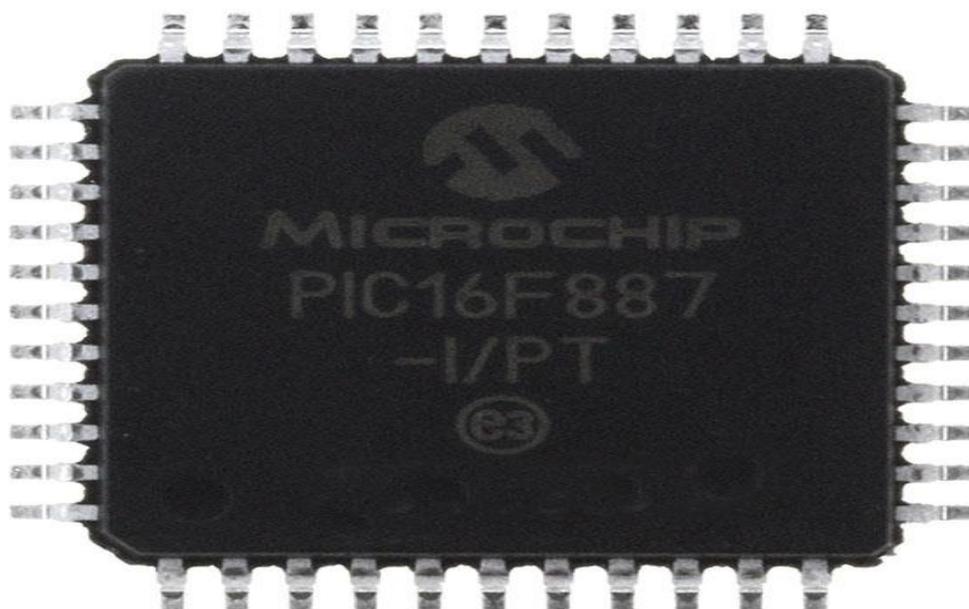


Figura # 2: Microcontrolador PIC16f887

A continuación se muestra el diagrama de bloques del PIC16f887:

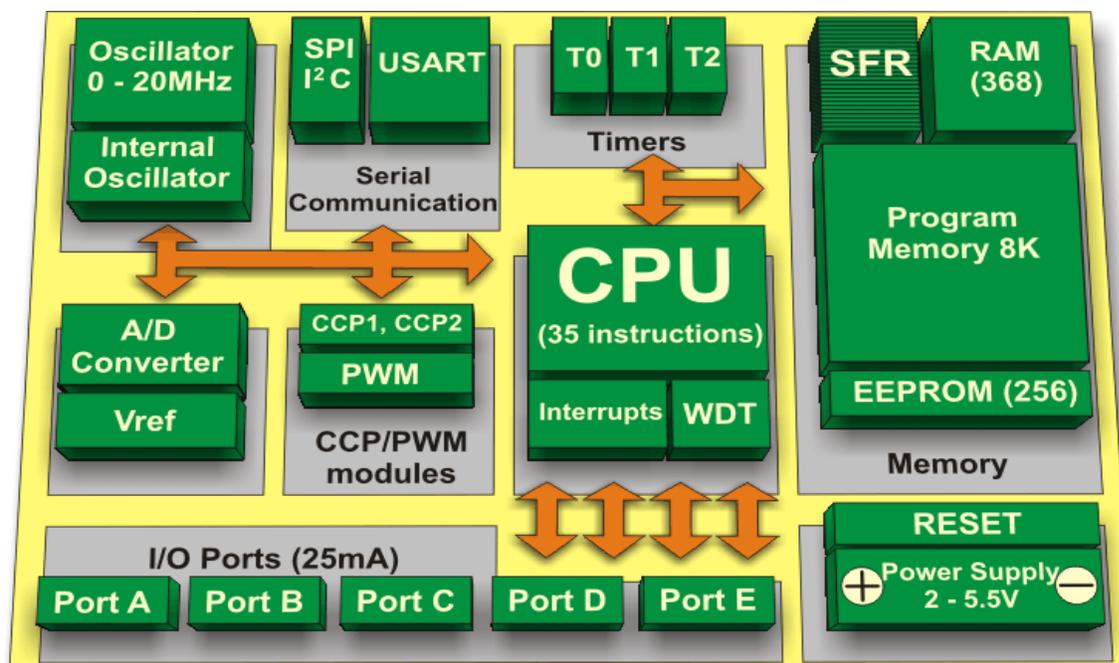


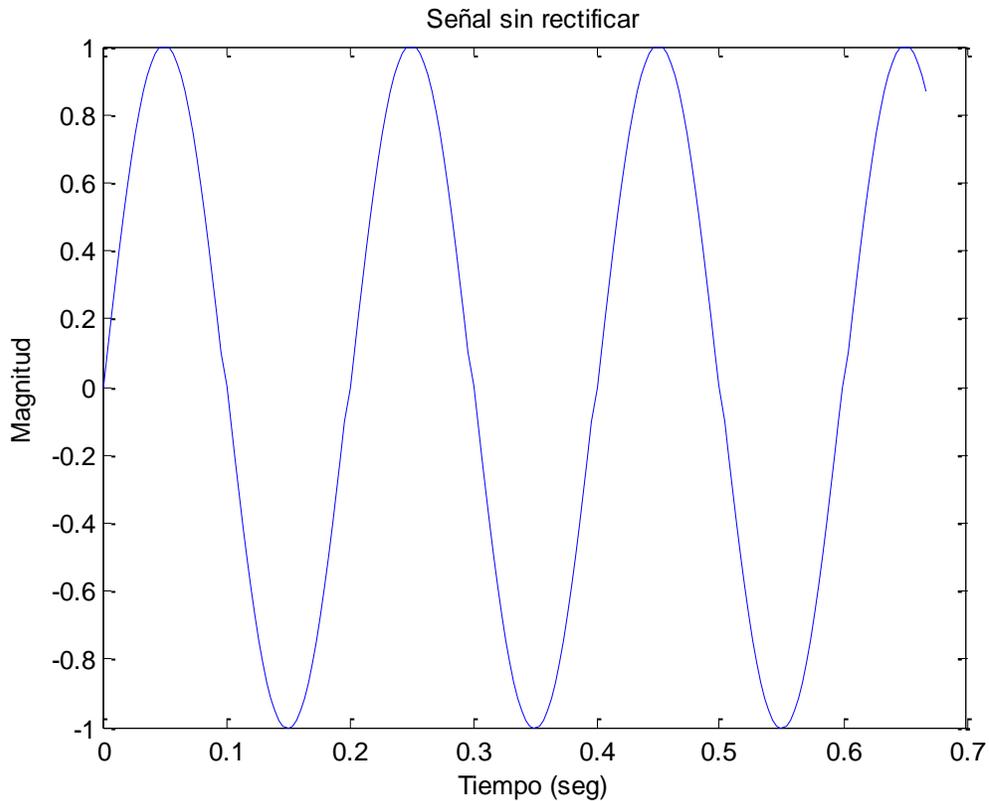
Figura # 3: Diagrama de Bloques del PIC16f887

Este microcontrolador necesita una fuente de voltaje entre 2.0-5.5v. Una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte las tensiones alternas de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del dispositivo electrónico al que se conecta. Las fuentes de alimentación, para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineal y conmutada. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, pero sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más compleja y por tanto más costosa.

Las fuentes lineales siguen el esquema: transformador, rectificador, filtro, regulación y salida. Su modo de funcionamiento puede describirse en los siguientes pasos:

1. Transformación:

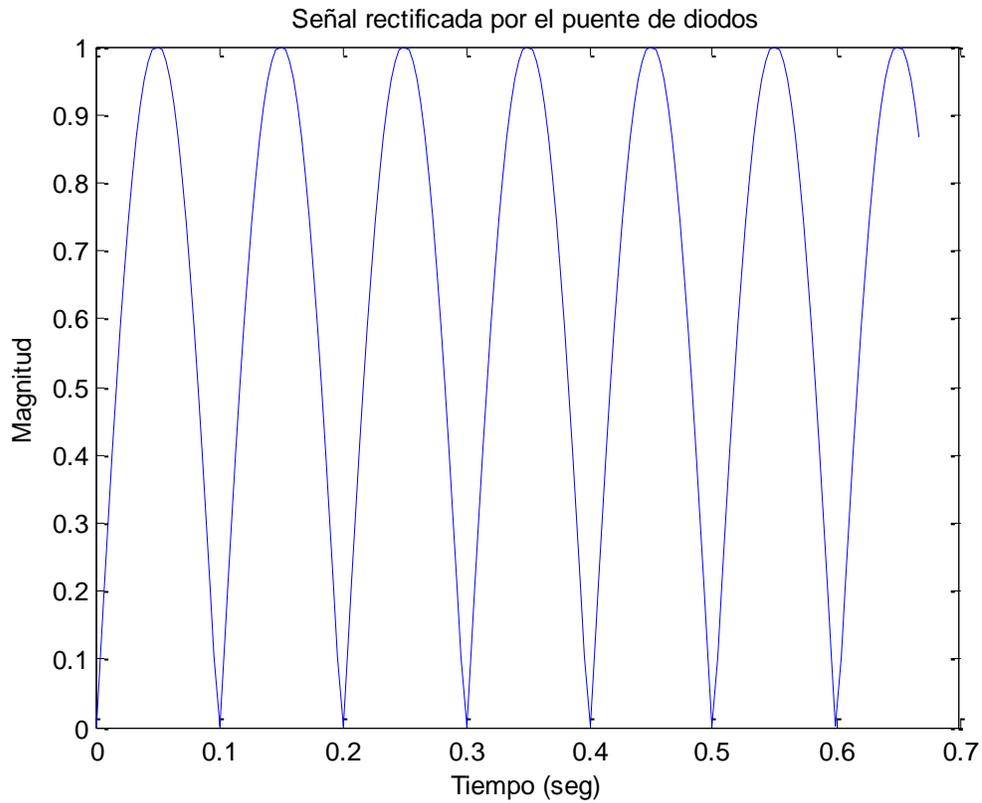
Este paso es el que nos permite reducir la tensión de entrada que nos otorga la red de alta tensión que es de 220v o 110v a voltajes entre 6 v y 12v. Este proceso como bien su nombre lo indica se realizara con un transformador de bobina.



2. Rectificación:

La corriente que nos entrega la red de alta tensión es alterna, es decir que sufre variaciones en su línea de tiempo, cuando nos referimos a variaciones, nos referimos a variaciones de voltaje, por tanto la tensión no es constante.

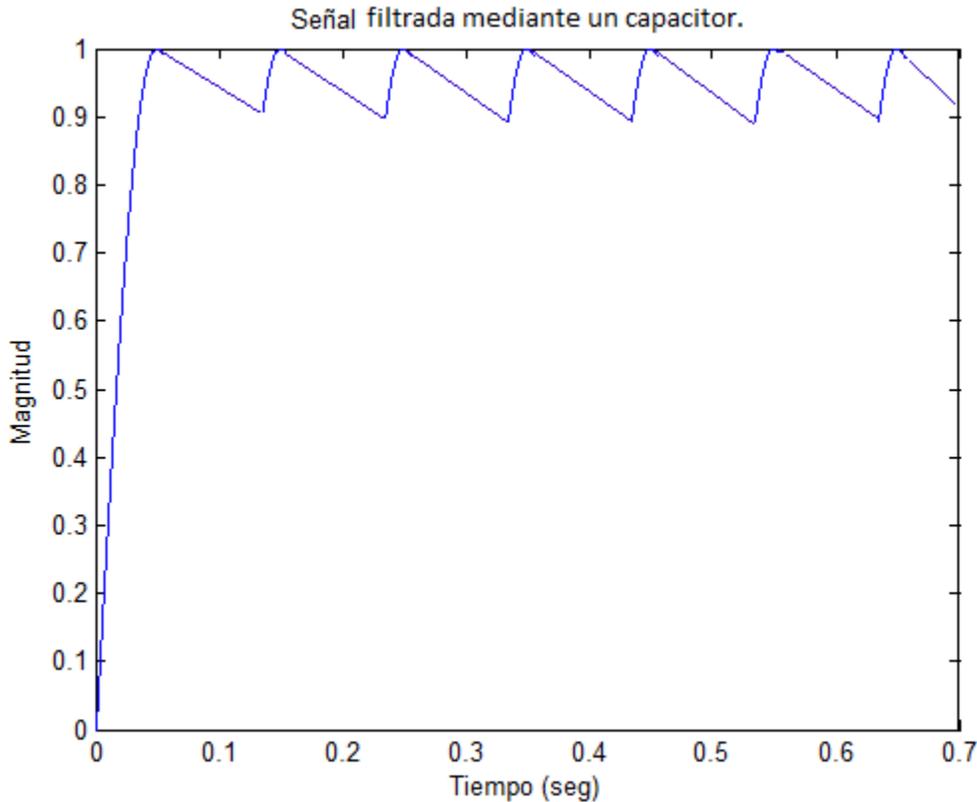
Esto no nos permite alimentar nuestro PIC16f887, que usa alimentación de tensión constante. Por tanto en este paso se intenta pasar de corriente alterna a continua. En este caso se usa un puente de diodo rectificador. Con esto se logra que el voltaje no baje de cero voltios y siempre se mantenga por encima de esta cifra.(13)



3.Filtrado:

Ahora ya, disponemos de corriente continua, que es lo que nos interesaba, no obstante, aun no nos sirve de nada, porque no es constante, y no nos serviría para alimentar a ningún circuito.

Lo que se hace en esta fase de filtrado, es aplanar al máximo la señal, para que no hayan rizados en la señal, se consigue con un condensador, que retiene la corriente y la deja pasar lentamente para suavizar la señal, así se logra el efecto deseado.



4. Estabilización:

Ya tenemos una señal continua bastante eficaz, casi del todo plana, ahora nos falta estabilizarla por completo, para que cuando aumente la señal de entrada a la fuente no afecte la salida de la misma. Esto se consigue con un regulador.

Una solución muy simple es usando el estabilizador de voltaje LM7805 que entrega 5v en su salida, suficiente para alimentar al PIC16f887. La entrada de voltaje de este circuito integrado debe ser entre 7v y 24v. (14)

Luego se acoplan dos capacitores para eliminar cualquier ruido presente en la señal.

Conexión general del PIC16f887

El pin MCLR permite resetear la ejecución del programa que corre en el PIC16f887, esto se logra poniendo un cero lógico en dicho pin, cuando esto pasa el programa se reinicia y empieza su ejecución desde el principio. Los pines Vdd son utilizados en la alimentación del PIC16f887. Los pines Vss son conectados a tierra. A pesar que el microcontrolador tiene un oscilador

interno no puede funcionar sin los componentes externos que permiten estabilizar su funcionamiento y determinar su frecuencia (velocidad de operación del microcontrolador). En este caso se escogió como oscilador interno el modo HS (High Speed) y como estabilizador de frecuencia se tomó un oscilador de cuarzo, ya que este oscilador incorporado funciona a una frecuencia precisa que no se ve afectada por los cambios de temperatura y la tensión de alimentación. Este cristal se conecta por los pines OSC1 y OSC2, dedicados para este propósito. Los pines descritos aquí (Vss, Vdd, OSC1, OSC2 y MCLR) quedarán conectados de la misma forma en todos los módulos del sistema. El siguiente diagrama muestra este conexionado descrito así como la fuente de alimentación para los módulos.

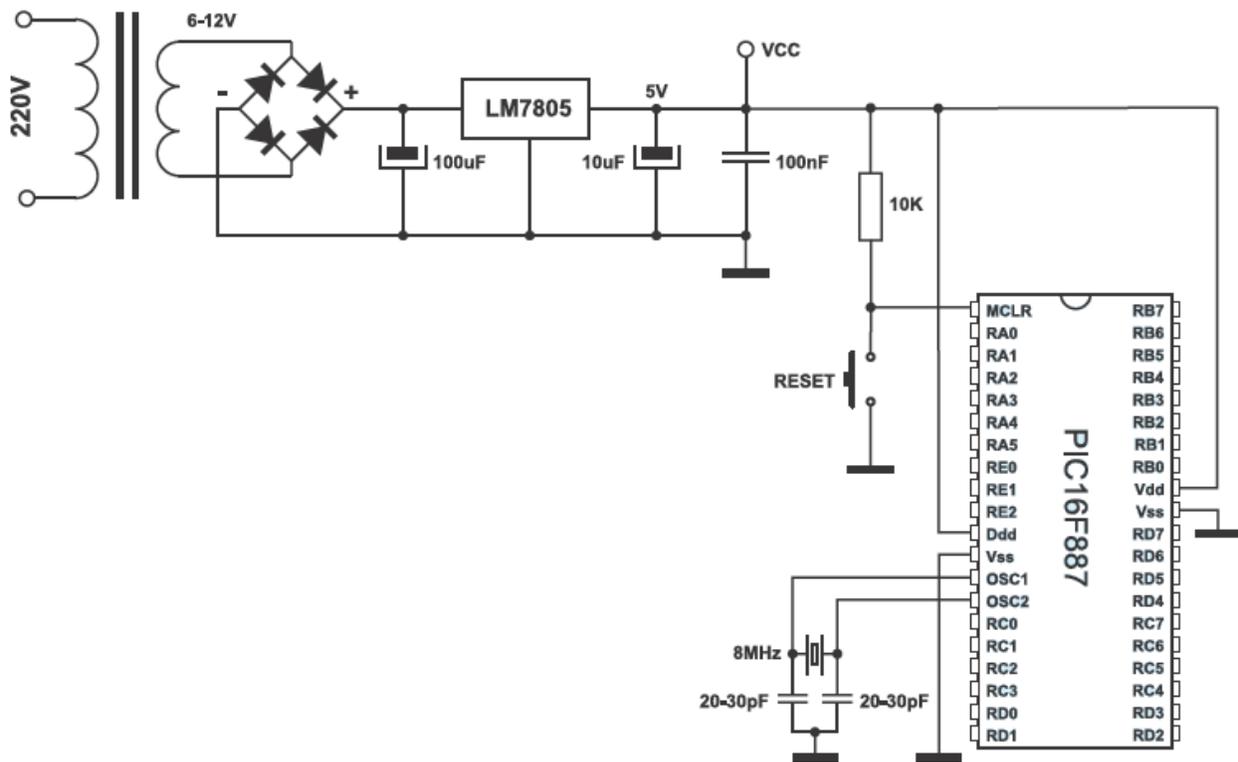


Figura # 4: Diagrama de conexionado general y fuente de alimentación del los módulos.

2.2.1 Análisis del esquema general del circuito de Transmisor/Receptor de comandos X-10

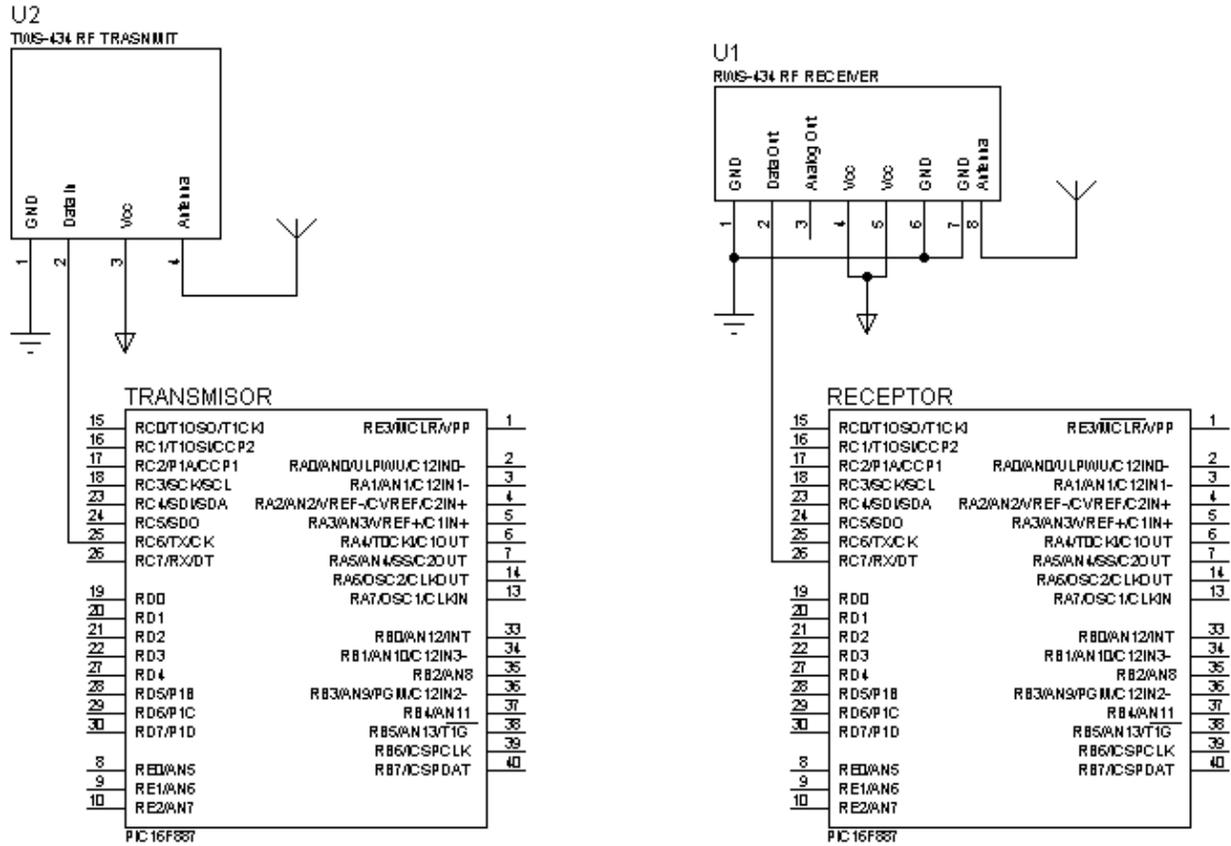


Figura # 5: Esquema del radio transmisor receptor X-10 Wireless.

U1: RWS-434 Receptor Radiofrecuencia

U2: TWS-434 Transmisor Radiofrecuencia

El circuito representa el esquema general de comunicación de los módulos con la unidad central. El receptor representa cualquiera de los módulos, y el transmisor representa la unidad central, los datos se intercambian mediante comunicación serial. Los circuitos integrados RWS-434 y TWS-434 constituyen módulos para comunicaciones inalámbricas digitales, el TWS-434 toma los datos de forma serial y los transmite usando una portadora a 433.92 MHz con modulación AM, por su parte el RWS-434 recibe la señal portadora y entrega los datos de forma serial. Los datos se transmiten según el estándar doméstico **X-10 Wireless**.

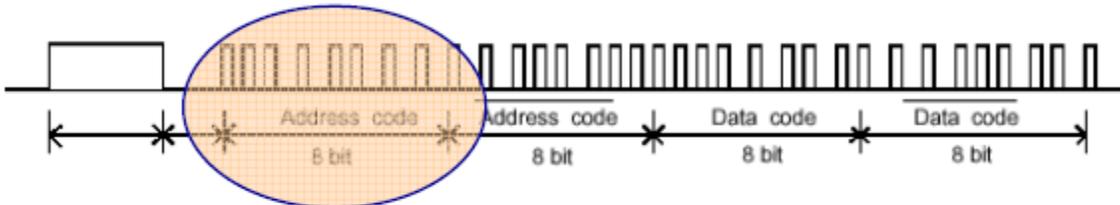
2.2.1.1 Análisis del protocolo X-10 Wireless

Un mensaje completo de **X-10** está compuesto por un código de inicio, seguido por un código de dirección, luego el complemento del código de dirección, le sigue el código de datos que compone la dirección y el comando a ejecutarse, seguido por el complemento del código de datos.



- Código transmitido – Dirección, !Dirección, Datos, !Datos

Protocolo – Código de Dirección



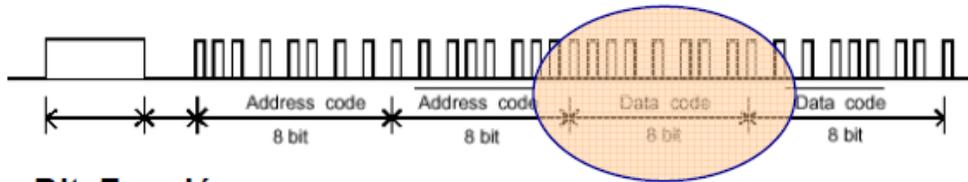
- Los primeros 4 bits

A	0110	I	1110
B	0111	J	1111
C	0100	K	1100
D	0101	L	1101
E	1000	M	0000
F	1001	N	0001
G	1010	O	0010
H	1011	P	0011

- Segundo de 4 Bits

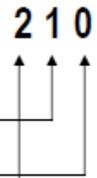
- '0000' unidad 1-8
- '0100' unidad 9-16

Protocolo – Código de Datos



Bit Función

- 0 siempre 0
- 1 siempre 0
- 2 siempre 0
- 3 bit 1 de número de unidad
- 4 bit 0 de número de unidad
- 5 0 para ON, 1 para OFF
- 6 bit 2 de número de unidad
- 7 reservado para características especiales (dejar en 0 para ON/OFF)



Protocolo – Ejemplos



2.2.2 Análisis del circuito de apagado de las luces

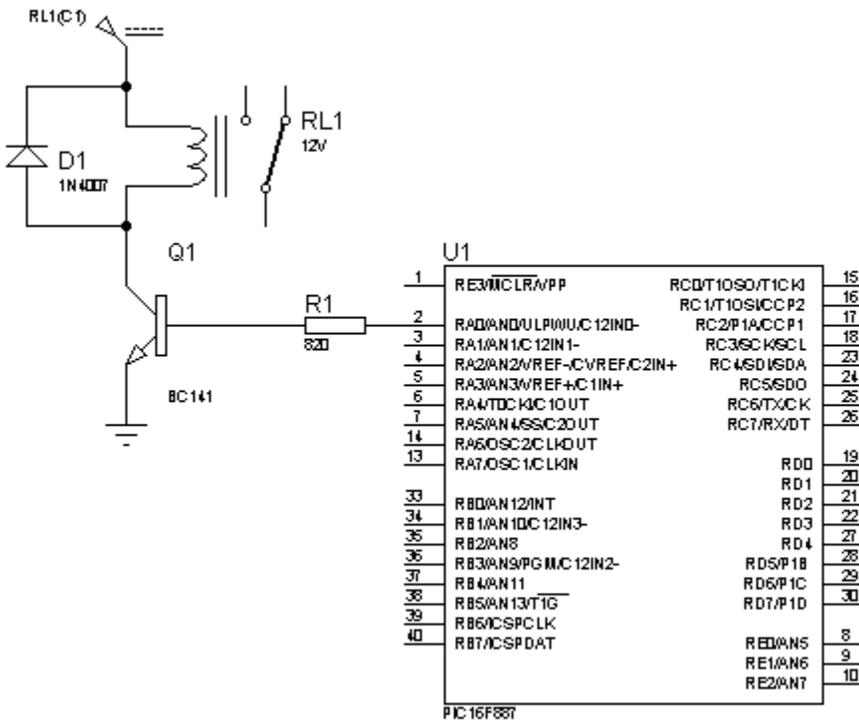


Figura # 5: Esquema del controlador de luces.

RL1: relé 12v

U1:PIC16f887

El circuito se encarga de controlar la iluminación, mediante un relé que controla el acceso a la línea de alta tensión que permite encender o apagar las luces del hogar. Un cambio de estado en el pin RA0 abre (uno lógico) o cierra (cero lógico) el relé.

2.2.3 Análisis del circuito detector de presencia de gas

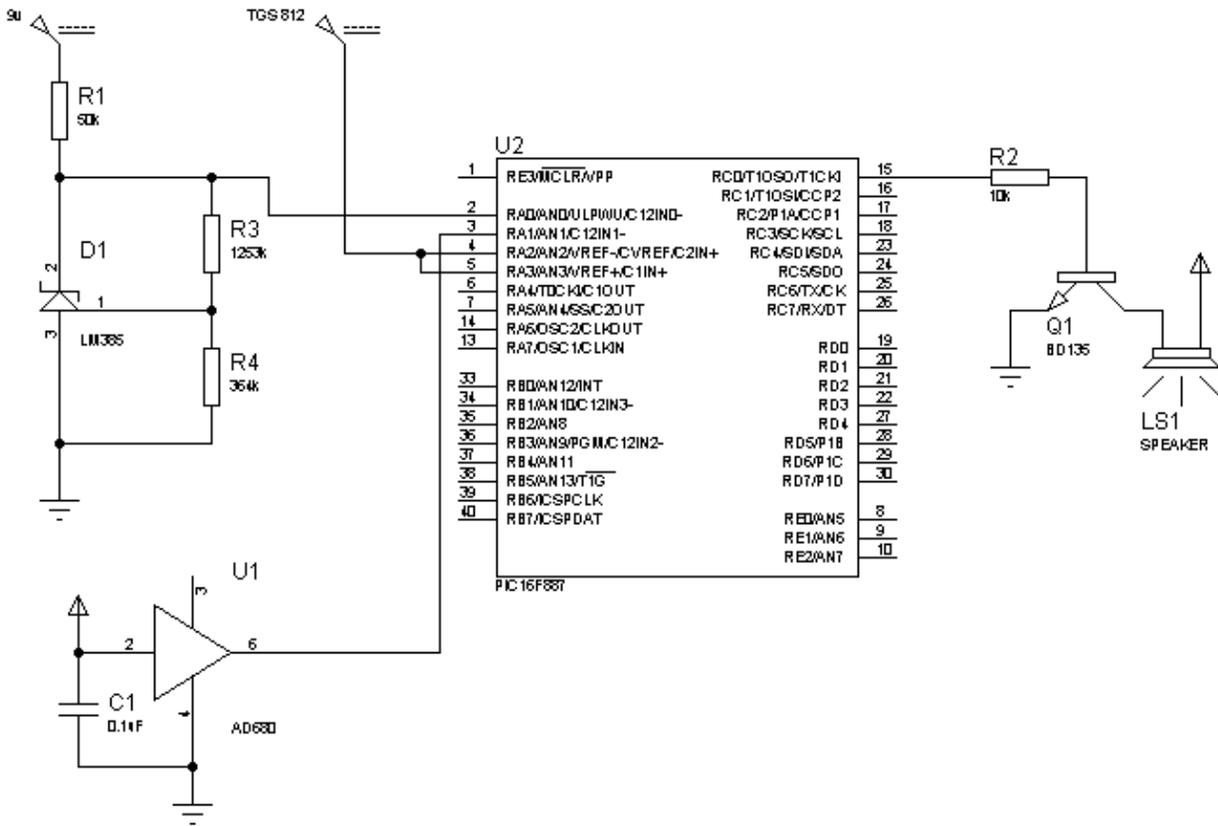


Figura # 5: Esquema del detector de gas.

Gas sensor: sensor de gas TGS 813

U2: PIC16f887

LS1: Bocina

U1: Estabilizador de voltaje AD680

D1: Ajustador de voltaje LM385

Ante un escape de gas este circuito hace sonar la bocina. El TGS 813 es un sensor de gas analógico que entrega un voltaje determinado en caso de presencia de gas este voltaje se recibe mediante los pines RA0 y RA1 los cuales son configurados como analógicos. Los circuitos integrados AD680 y LM385 están configurados para entregar voltajes de 2.5v y 1.6v respectivamente. Estos voltajes son comparados con el voltaje entregado por el sensor de gas

TGS 813; si se determina que el voltaje del sensor está entre los valores de 2.5v y 1.6v Con un estado alto en el pin RC0 se hace sonar la bocina. (15)

2.2.3.1 Análisis del funcionamiento del sensor de gas TGS 813

Circuito interno TGS 813:

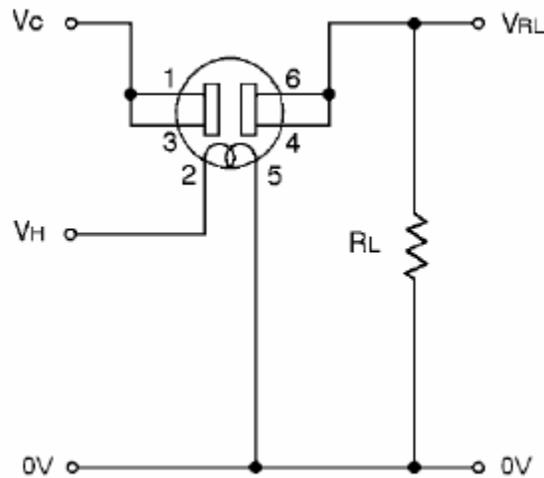


Figura # 6: Esquema del circuito del sensor TGS 813.

El circuito muestra la estructura interna del sensor TGS 813, este sensor presenta alta sensibilidad a gases como el metano, butano y propano. A la terminal Vc se conectaran 5v, la resistencia RL tiene un valor de 5K ohmios. En VH se debe aplicar un voltaje para calentar la superficie de detección, se eligió de 5v.

Entre las terminales 1-3 y 6-4 se obtendrá una resistencia variable, la cual hará variar el voltaje registrado en VRL. La resistencia de detección RS variará su valor de 5k ohmios hasta 10k ohmios dependiendo de la concentración del gas. La ecuación que determina el valor de RS es la siguiente (Figaro TGS 813 - for the detection of Combustible Gases Datasheet):

$$R_S = \left(\frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) R_L$$

Para determinar el valor de VRL se usa la siguiente ecuación:

$$I = \frac{V_c}{R_s + 5k\Omega}$$

$$V_{RL} = \left(\frac{V_c}{R_s + 5k\Omega} \right) 5k\Omega$$

A continuación se presentan los valores de VRL cuando RS tiene los valores de 5k ohmios y 10k ohmios:

Para $R_s = 5k\Omega$

$$V_{RL} = \left(\frac{5V}{5k\Omega + 5k\Omega} \right) 5k\Omega = 2.5V$$

Para $R_s = 10k\Omega$

$$V_{RL} = \left(\frac{5V}{10k\Omega + 5k\Omega} \right) 5k\Omega = 1.6V$$

Esto muestra los voltajes límites, cuando dicho voltaje se encuentre en estos valores será que no hay presencia de gas.

2.2.4 Análisis del circuito de detección de intrusos (Barrera infrarroja)

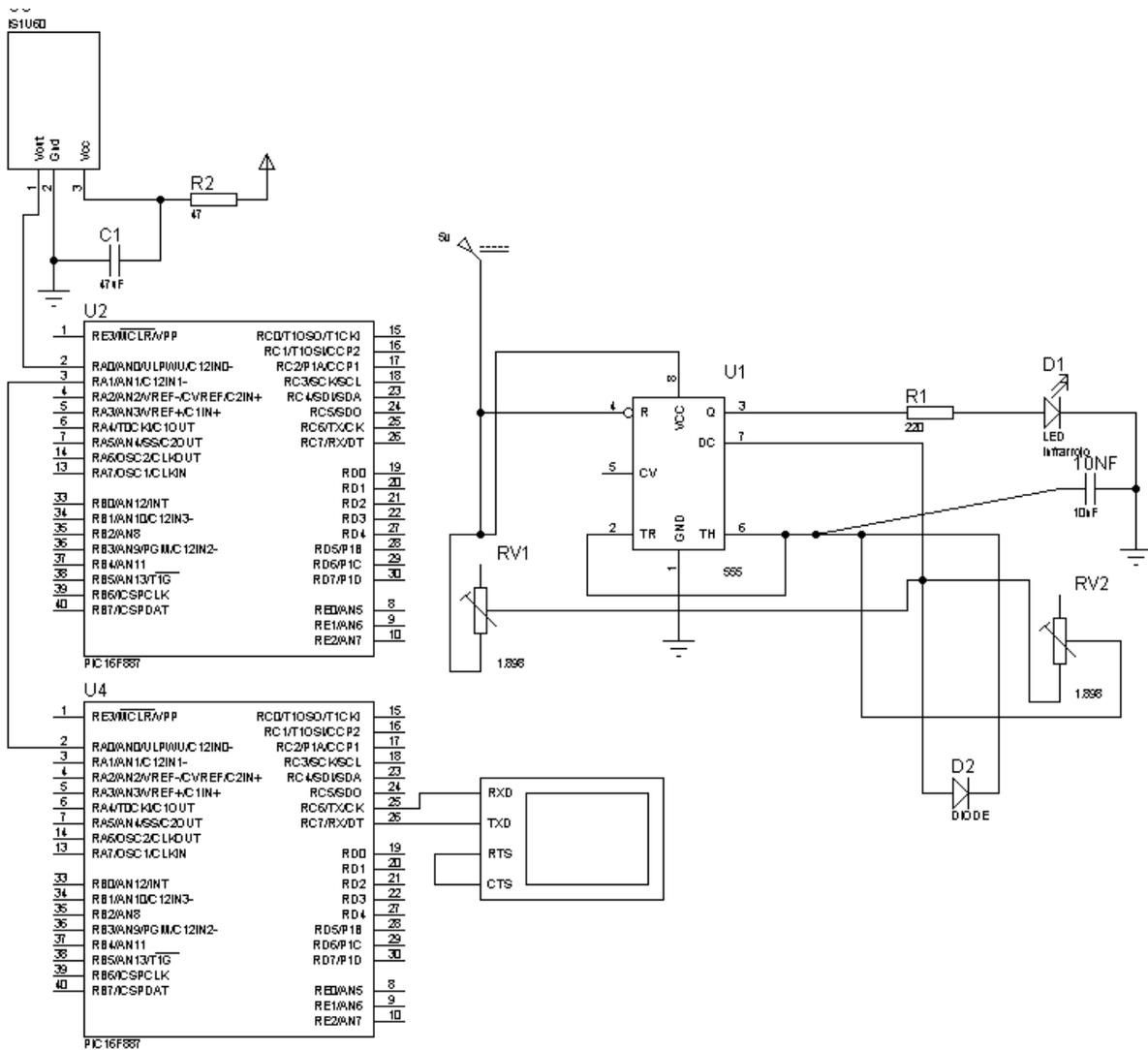


Figura # 7: Esquema del detector de paso.

D1: Led infrarrojo

U1: 555 CI

U3: IS1U60 Receptor infrarrojo

U2, U4: PIC16f887

Virtual Terminal: Celular

Este esquema constituye una alarma infrarroja tipo barrera. Utilizando el 555 en modo astable permite que se dispare así mismo y pueda funcionar como un multivibrador, el cual genera una onda cuadrada, la misma es aplicada al led infrarrojo D1, apagándose y encendiéndose de

Este circuito es el encargado de controlar la temperatura de las habitaciones del hogar. Con los botones (Up/Down) se puede escoger la temperatura deseada. Si la temperatura cae por debajo o es superior al límite escogido se abre o cierra dependiendo el caso el relé, el cual controla el encendido o apagado del aire acondicionado pues abre o cierra la línea de alta tensión que alimenta al aire acondicionado. El LCD muestra cual es la temperatura escogida. La temperatura es medida a través de Im35.

2.2.6 Análisis del circuito de control acceso

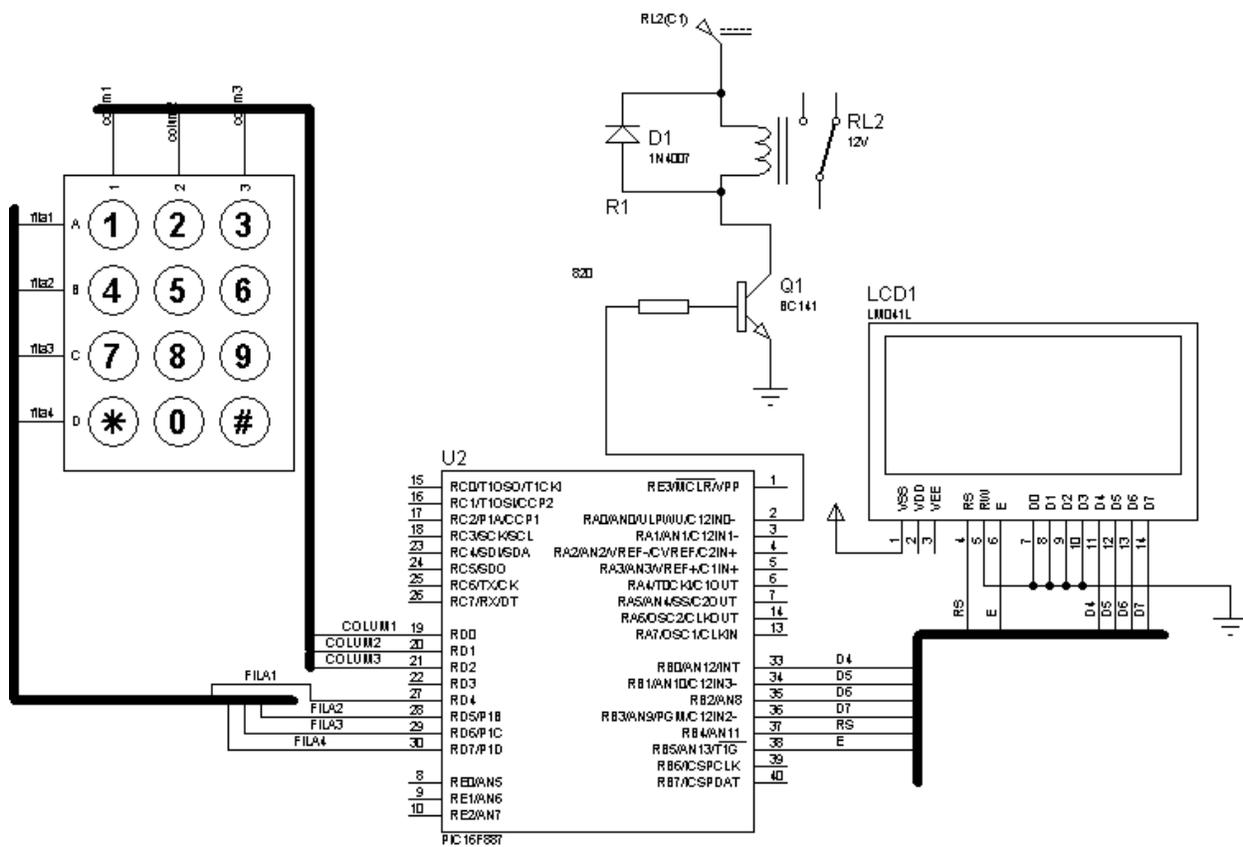


Figura # 9: Esquema del controlador de acceso.

U2: PIC16F887

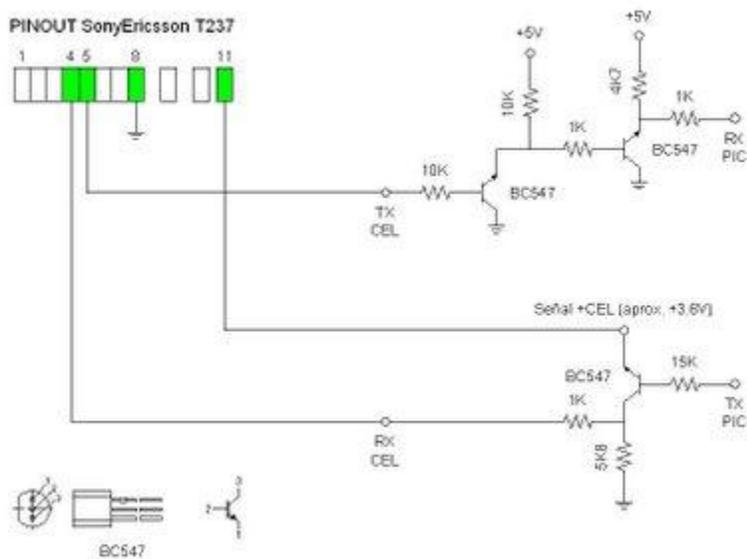
KeyPad: 3x4 (telefónico)

LCD1: LCD Alfanumérico LM041L

RI2: Relé 12v

Este circuito es el encargado de controlar de forma segura la apertura o cierre de las puertas del hogar. Mediante el teclado se le introduce un código de acceso el cual puede ser cambiado a través del mismo teclado, si es correcto dicho código se procede a la apertura o cierre del relé, el cual a su vez cierra o abre un cerrojo eléctrico. Mediante el LCD Alfanumérico se muestran las instrucciones para realizar dichas operaciones.

2.2.7 Esquema conector teléfono - microcontrolador



En el esquema se muestra la distribución de los pines del teléfono móvil así como los componentes necesarios para condicionar perfectamente la señal hacia el microcontrolador.

Conclusiones

En este capítulo se ha detallado la arquitectura del sistema y la forma en que se comunican sus módulos, además de explicar las características de hardware de cada uno de ellos. Se ha hecho un estudio de la familia de microcontroladores PIC y en especial del PIC16f887 el cual es el corazón de los módulos del sistema. También se ha explicado la composición del protocolo de comunicación del sistema basada su selección, del resultado de la comparación de los diversos medios de transmisión de datos.

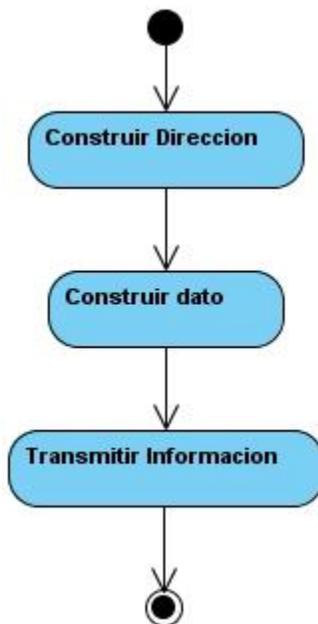
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DEL FIRMWARE

En este capítulo se analizará el esquema de funcionamiento del firmware de cada uno de los módulos. Se hará un análisis de las principales funciones implementadas en cada uno de ellos.

3.1 Análisis del módulo de Transmisión/Recepción de comandos X-10

3.1.1 Análisis del módulo de transmisión de comandos X-10

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de elaborar y transmitir los comandos **X-10**.



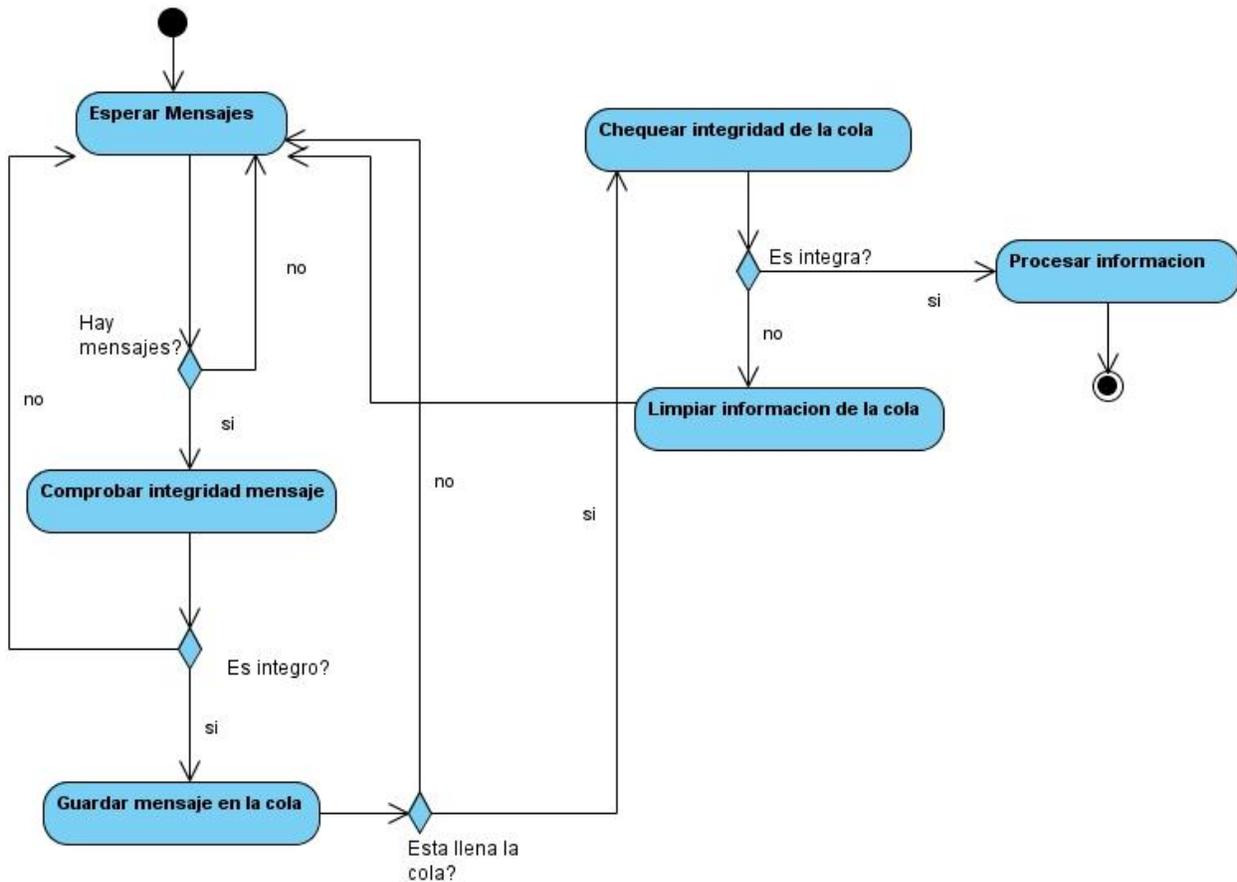
Primero se construye el byte que contendrá la dirección del dispositivo, luego se construye el byte que contendrá los datos con las órdenes a ejecutar, luego se transmiten ambos junto a su complemento, además del código de inicio.

La actividad **Construir Dirección** es llevada a cabo por el método `Construir_Dirección` el cual asigna al paquete de datos (byte de dirección) a transmitir los bits que componen la dirección del dispositivo. La actividad **Construir Dato** es llevada a cabo por el método

Construir_Dato el cual se encarga de asignar al paquete de datos(byte de datos) los bits que contienen las órdenes a ejecutar. La actividad **Transmitir Información** es llevada a cabo por el método Transmitir_Código el cual transmite los bytes de datos y dirección junto al código de inicio.

3.1.2 Análisis del módulo de recepción de comandos X-10

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de recepcionar y verificar la integridad de los comandos **X-10**.



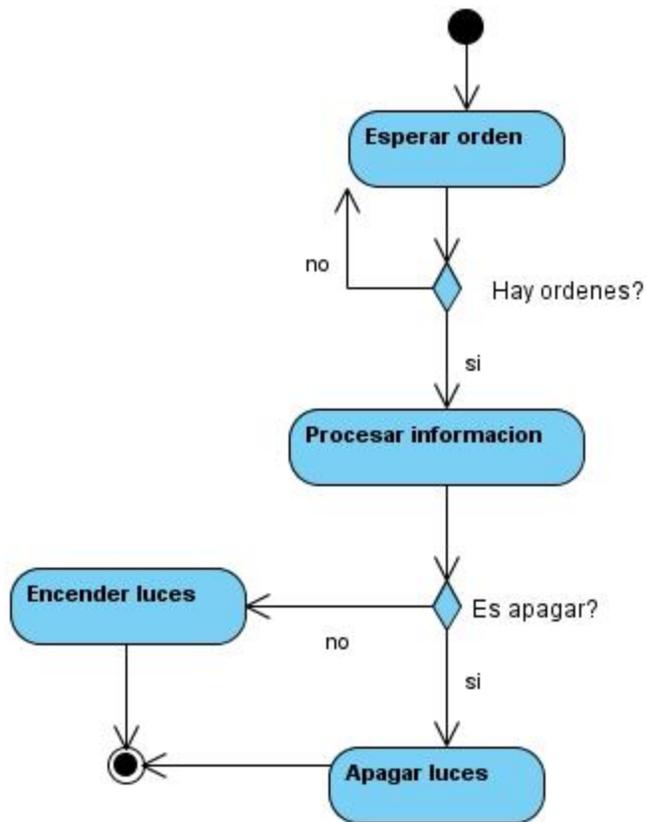
El módulo constantemente espera la llegada de mensajes (comandos), a la llegada de un mensaje verifica su integridad, en caso de no ser íntegro se desecha y se continúa esperando por nuevos mensajes, en caso contrario se almacena en la cola de mensajes. Luego se

chequea si la cola de mensajes se encuentra llena, pues a estas se le asigna el tamaño de un comando entero (tres bytes: código inicio, código dirección, código dato), en caso de que no esté llena se vuelve al punto de la recepción de nuevos mensajes. Si la cola se encuentra llena se verifica la integridad de la cola (correcta posición de los bytes dentro de ella, asegurando el formato del protocolo **X-10**). En caso de no ser íntegra esta última se procede a vaciar todo su contenido y proseguir con la escucha de mensajes. Si dicha cola de mensajes es íntegra se procede a analizar la información, aquí se determina si el comando enviado recibido corresponde al módulo.

La actividad **Limpiar Información de la Cola** es llevada a cabo por la función `Limpiar` la cual simplemente borra todo el contenido de la cola. Procesar información de la cola es llevada a cabo por la actividad `Procesar_Información`, **Esperar Mensajes** es llevada a cabo por la función `Leer_Mensajes` el cual chequea si el buffer de recepción del módulo de comunicación serial del microcontrolador contiene datos por leer. La actividad **Comprobar Integridad Mensaje** es ejecutada por la función `Confirmar_integridad` la cual chequea si los bytes recibidos tienen el formato de los bytes de dirección, datos o inicio del protocolo **X-10**. La actividad **Chequear Integridad de la Cola** es ejecutada por la función `Procesar_Integridad_Cola`, en ella se comparan los bytes de dirección y datos con sus respectivos complementos, además de su correcta posición dentro del comando. La actividad **Procesar Información** se lleva a cabo por la función `Procesar_Información_Cola` en ella se compara la información obtenida del byte de dirección para determinar si corresponde al módulo.

3.2 Análisis del módulo de control de luces

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de recepcionar y ejecutar las órdenes recibidas por la unidad central.



El módulo constantemente espera los comandos de la unidad central que indican si el módulo encenderá o apagará las luces. En caso de que se haya recepcionado un mensaje se pasa a la tarea de analizarlo, en caso de que la orden sea apagar las luces se desactiva el relé, quedando sin alimentación el circuito de alta tensión conectado a dicho relé, apagándose las luces. En caso contrario se activa el relé, quedando cerrado el circuito de alta tensión conectado a dicho relé, encendiéndose las luces.

La actividad **Procesar Información** es llevada a cabo por la función `Ejecutar_Operación`, la cual se encarga de apagar o de encender las luces. Esto se hace llevando a cero o a uno el pin conectado al relé que controla la línea de alimentación de alta tensión.

3.3 Análisis del circuito detector de presencia de gas

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de detectar la presencia de gas en el ambiente y alertar en dicho caso.



El módulo realiza un muestreo sobre el sensor TGS 812 que es un sensor de gas analógico el cual da una salida de voltaje en un rango determinado en caso de presencia de gas. Las muestras obtenidas se comparan con voltajes de referencia, dicha comparación determina si está en el rango de presencia de gas, en caso de que haya gas suena una alarma.

El voltaje entregado por TGS 812 se recibe por un pin configurado como entrada analógica, al igual que los valores de referencia, así que la obtención del voltaje y la comparación de los valores se realizan dentro de una única función llamada `Comparar_Valores`, la cual hace sonar la alarma poniendo en alto la salida de un pin conectado a una bocina.

3.4 Análisis del circuito de detección de intrusos (Barrera infrarroja)

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de detectar la presencia intrusos y alerta en dicho caso.

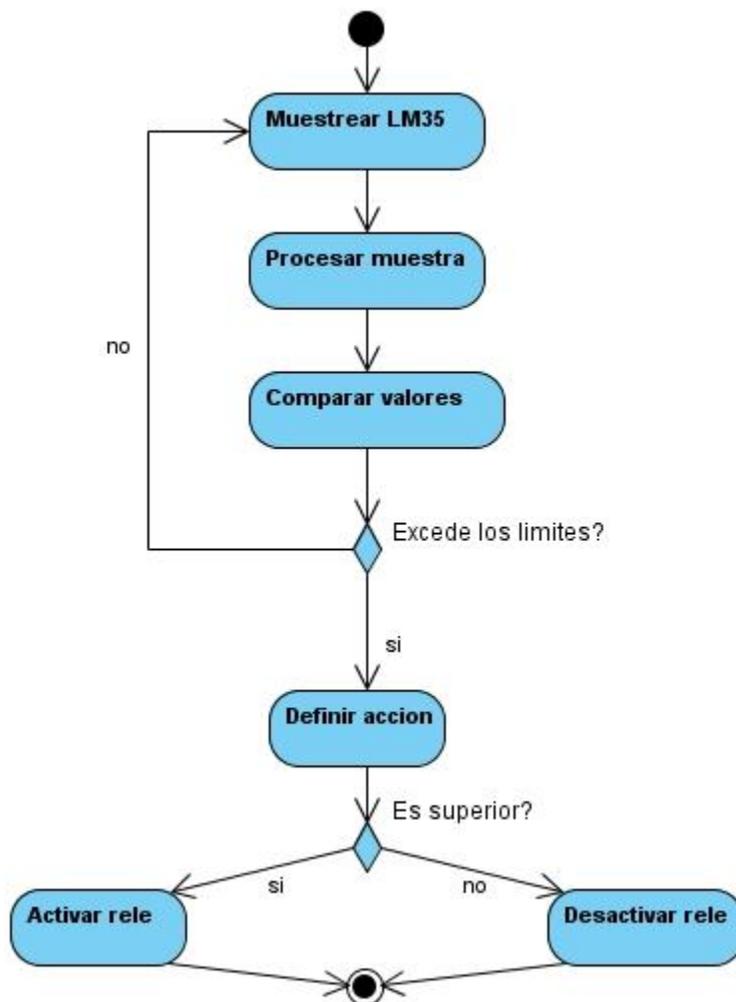


El módulo chequea la presencia de intrusos donde se encuentre instalado, el recibe un haz de luz infrarroja, cuya presencia es chequeada constantemente, si no se detecta la presencia del haz de luz, se envía un SMS alertando de la presencia de un intruso.

La función principal de chequear es `Chequear_Intrusos`, la que al detectar la ausencia de luz infrarroja llama a la función `Enviar_Alarma`, enviando un SMS usando comandos AT a través de un móvil conectado vía serial al PIC16f887.

3.5 Análisis del módulo de control de temperatura

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, el cual se encarga de controlar la temperatura en la habitación donde se encuentre instalado.

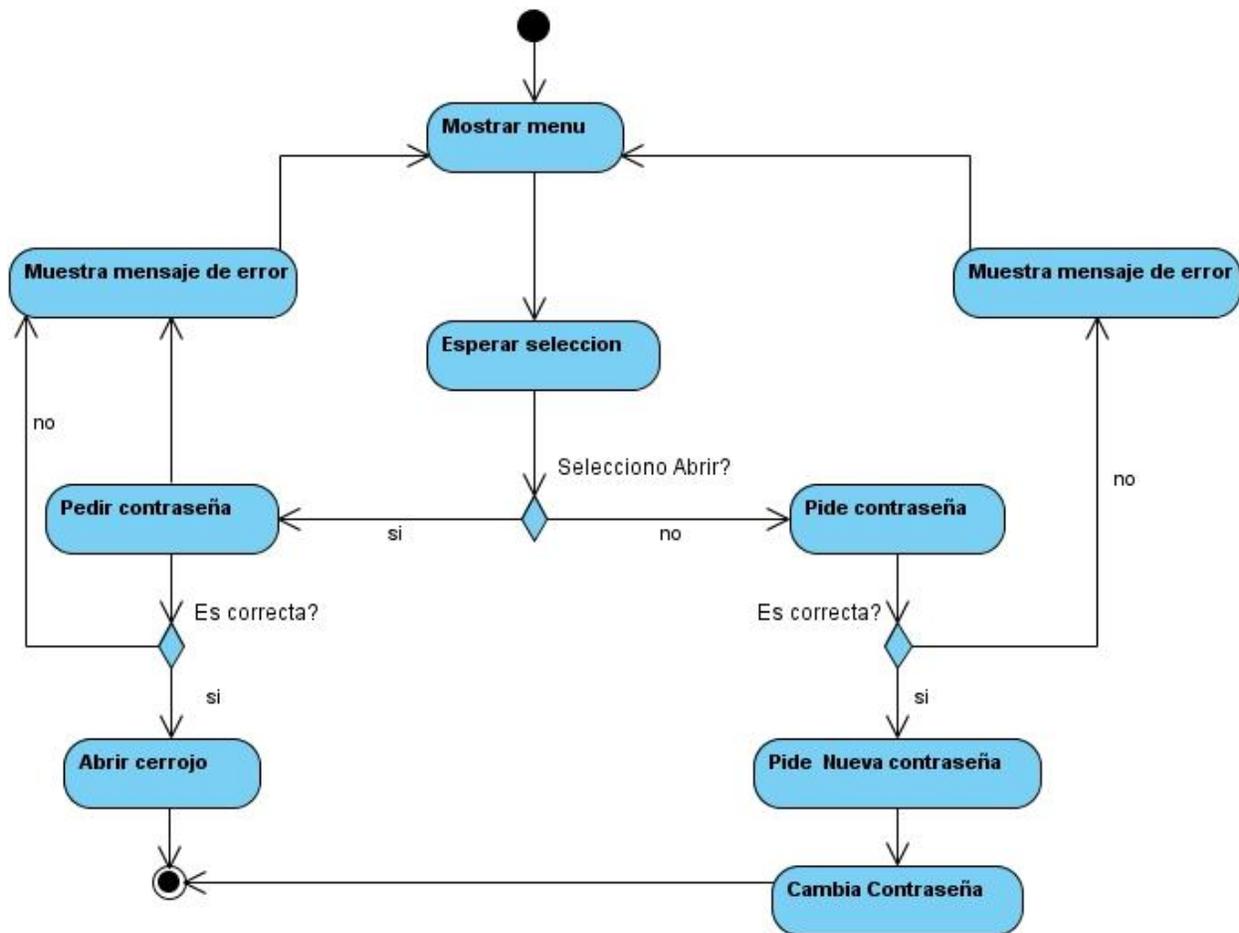


El módulo constantemente muestrea la salida del sensor LM35, dando una salida analógica, la cual, es procesada (convertida a un valor digital) y este valor obtenido es comparado con el valor de temperatura escogido por el usuario, si está muy por encima o muy por debajo de un rango se determina si activar o desactivar el relé que está conectado a la línea de alimentación del airea condicionado.

Este módulo realiza las funciones de muestreo, procesamiento, transformación, comparación y activación y/o desactivación en una misma función llamada `Leer_temperatura`. En esta función se obtienen los valores a través del conversor análogo/digital y se obtiene el valor real de la temperatura. Luego se compara y de acuerdo al resultado obtenido de dicha comparación se desactiva o activa el relé poniendo en alto o bajo el pin conectado al mismo.

3.6 Análisis del módulo de control acceso

El siguiente diagrama de actividades muestra el proceso de funcionamiento de la principal tarea del firmware en este módulo, la cual se encarga de controlar el acceso a las habitaciones donde se encuentre instalado.



Luego de mostrar un menú con las opciones de abrir la puerta o cambiar la contraseña que permite realizar la operación de apertura se espera la selección por parte del usuario, si escoge abrir, el módulo solicita la contraseña necesaria para ejecutar la operación, si es correcta se abre la puerta, sino, se muestra un cartel de que la contraseña es incorrecta. En caso de que escoja cambiar la contraseña se solicita la contraseña actual para asegurar que quien desea realizar esta operación es un usuario permitido, en caso de que sea correcta se solicita una nueva contraseña y se establece como la contraseña actual, en caso de que sea incorrecta mostrará un mensaje de error.

Conclusiones

En este capítulo se ha descrito el modo de funcionamiento de cada uno de los módulos del sistema. Mediante diagramas de actividad se ha explicado paso a paso el modo de operación de firmware en cada uno de los módulos y se han descrito las principales funciones implementadas en cada uno de ellos.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de diploma se cumplió con las tareas y objetivos trazados. Lo que permitió llegar a las siguientes conclusiones:

Se realizó un análisis sobre los principales protocolos domóticos existentes en la actualidad. Determinándose como principal limitación de los sistemas domóticos existentes en Cuba, el no ser modulares, de manera que la solución queda sobredimensionada. Se valoraron las principales tecnologías y herramientas actuales lo que permitió seleccionar las adecuadas para el desarrollo del sistema, permitiendo que el producto tenga la calidad requerida, además se realizó un análisis de costos de fabricación, el cual dio como resultado que el costo de construcción del sistema no sobrepasa los 100 euros; mientras la adquisición y montaje de un sistema homólogo en el mercado oscila alrededor de los 9000 euros, llegándose a la conclusión de que es más factible la producción nacional de este tipo de sistemas . Se implementó un sistema modular que brinda las principales prestaciones de un sistema domótico, cumpliendo con las funcionalidades trazadas. Se logró que el sistema esté preparado para evolucionar hacia nuevas funcionalidades y actualizar las ya existentes.

RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del trabajo han surgido ideas que podrían implementarse en una próxima versión, de forma que se logren desarrollar nuevas funcionalidades para la aplicación para lo cual se recomienda:

1. La implementación de un módulo de que permita recibir comandos remotos vía telefónica.
2. La implementación de un módulo de cámara ip, los que vinculados a la unidad central, permiten superar las funcionalidades y calidad del sistema.

REFERENCIAS

1. Conceptos generales domótica [En línea] 25 de 2 de 2010.

<http://www.scribd.com/doc/12919580/Domotica-conceptos-generales>

2. Conceptos generales domótica [En línea] 25 de 2 de 2010.

<http://www.scribd.com/doc/12919580/Domotica-conceptos-generales>

3. Domótica [En línea] 25 de 2 de 2010 <http://www.abrenet.com/htm/domotica2.htm>

4. Historia de la domótica: pasado, presente y futuro. [En línea] 14 de 9 de 2009.

<http://www.domoprac.com/domoteca/23/257-historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro.html>.

5. Historia de la domótica: pasado, presente y futuro. [En línea] 14 de 9 de 2009.

<http://www.domoprac.com/domoteca/23/257-historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro.html>.

6. Historia de la domótica: pasado, presente y futuro. [En línea] 14 de 9 de 2009.

<http://www.domoprac.com/domoteca/23/257-historia-de-la-domotica-pasado-presente-y-futuro.html>.

7. What is KNX?. [En línea] 25 de 2 de 2010. <http://www.knx.org/knx/what-is-knx/>

8. Zigbee Aliance. [En línea] 25 de 2 de 2010. <http://www.zigbee.org/Home/tabid/188/Default.aspx>

9. Compiladores Mikroe [En línea] 25 de 2 de 2010

<http://www.mikroe.com/eng/categories/view/2/compilers/>

10. Página de Labcenters [En línea] 25 de 2 de 2010 <http://www.labcenter.co.uk/index.cfm>

11. ANGULO, JOSÉ M.^a y ANGULO, IGNACIO Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones. 3ra.

Ed. Madrid : Concepción Fernández Madrid, 2003. 1 p. ISBN: 84-481-3788-4

12. ANGULO, JOSÉ M.^a y ANGULO, IGNACIO Microcontroladores PIC Diseño practico de aplicaciones. 3ra. Ed. Madrid : Concepción Fernández Madrid, 2003. 125 p. ISBN: 84-481-3788-4
13. Página Mikroe [En línea] 25 de 2 de 2010 <http://www.mikroe.com>
14. Fairchild Semiconductor. LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator. Estados Unidos: 2010. 1p.
15. Figaro TGS 813 - for the detection of Combustible Gases Datasheet. Estados Unidos: 2010 1 p.