

MÓDULO DIDÁCTICO PARA INSTALACIONES DOMÓTICAS

JOSE ANTONIO VESGA BARRERA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2004

MÓDULO DIDÁCTICO PARA INSTALACIONES DOMÓTICAS

JOSE ANTONIO VESGA BARRERA

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Magíster en Ingeniería.

Director

JULIO A. GELVEZ

Ingeniero Electricista, Msc

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2004

Dedico este trabajo a Dios, a mi esposa
y a mis hijos a los que adoro con todo
mi corazón.

Jose Antonio

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Julio Gelvez por su excelente dirección, paciencia y colaboración constante en todos los aspectos que se relacionaron con la elaboración de este proyecto.

A los Ingenieros Jaime Barrero y Roberto Martínez por su colaboración y atención constante sobre el desarrollo del proyecto, enfocándolo siempre hacia un mejor trabajo.

A todas las personas que de una u otra manera se relacionaron con el mismo brindado el apoyo y ayuda que cada uno pudo aportar

CONTENIDO

	pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	14
1. <u>INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA</u>	17
1.1 <u>DEFINICIÓN</u>	19
1.2 <u>CARACTERÍSTICAS</u>	20
1.3 <u>FUNCIONES</u>	21
1.4 <u>APLICACIONES DE LA DOMÓTICA</u>	22
1.4.1 <u>Confort</u>	22
1.4.2 <u>Seguridad</u>	24
1.4.3 <u>Control Energético</u>	26
1.5 <u>TIPOS DE ARQUITECTURA</u>	28
1.5.1 <u>Arquitectura Centralizada</u>	29
1.5.2 <u>Arquitectura distribuida.</u>	29
1.6 <u>PROTOCOLOS APLICADOS A LA DOMÓTICA.</u>	31

2.	<u>DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DIDÁCTICO</u>	34
2.1	<u>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO</u>	34
2.2	<u>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÓDULO DOMÓTICO</u>	36
2.3	<u>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE</u>	37
2.4	<u>FUNCIONAMIENTO Y ARQUITECTURA DE UN MÓDULO DÓMOTICO</u>	38
2.4.1	<u>Detector de fase y cruce por cero.</u>	39
2.4.1.1	<u>Rutinas implementadas en assembler que analizan las señales provenientes de los detectores de fase y cruce por cero</u>	43
2.4.2	<u>Interfase para activación de un triac</u>	43
2.4.2.1	<u>Rutinas que activan los triacs en un ángulo dado</u>	45
2.4.2.2	<u>Rutinas para el control de tensión</u>	46
2.4.3	<u>Etapas de comunicación entre el módulo de control y el computador personal PC.</u>	48
2.4.3.1	<u>Las comunicaciones seriales</u>	48
2.4.3.2	<u>El protocolo RS-232.</u>	49
2.4.3.3	<u>Transmisiones en modo diferencial</u>	49
2.4.3.4	<u>Comunicación serial con el microcontrolador PIC16F84</u>	50
2.4.3.5	<u>Recepción de datos</u>	51
2.4.3.6	<u>Transmisión de datos</u>	55
2.4.3.7	<u>Comunicación serial con el computador personal</u>	60

2.4.3.8	Rutinas para transmisión y recepción con Visual Basic	64
3.	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE	67
3.1	ELEMENTOS DOMÓTICOS	69
3.2	CUADRO DE HERRAMIENTAS	76
3.3	FORMULARIO DE CONFIGURACIÓN DE UN MÓDULO DOMÓTICO	77
4.	COMUNICACIÓN DE DATOS POR RED ELÉCTRICA	83
4.1	ANÁLISIS DEL AMPLIFICADOR	84
4.2	DISEÑO DEL MODULADOR Y DEMODULADOR FSK	92
	CONCLUSIONES	99
	BIBLIOGRAFIA	106
	ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general del Módulo Didáctico de una Vivienda	34
Figura 2. Aspecto Físico del Módulo Didáctico de una Vivienda	38
Figura 3. Detector de fase y cruce por cero	40
Figura 4. Formas de Onda presentes en el detector de fase y cruce por cero	41
Figura 5. Circuito de disparo para TRIACs	44
Figura 6. Distribución de pines del conector DB9 para comunicación Serial.	50
Figura 7. Lectura de los bits de datos	51
Figura 8. Diagrama de flujo de la rutina de recepción serial	52
Figura 9. Diagrama de flujo de la rutina de transmisión serial	56
Figura 10. Protocolo de Comunicación	57
Figura 11. Trama adicional enviada al módulo domótico cuando se desea establecer un nuevo ángulo de disparo	58
Figura 12. Interfase de comunicación RS232/485	60
Figura 13. Configuración del Control para comunicación serial con Visual Basic	61

Figura 14.	Ventana de comunicación del programa principal con el módulo domótico	63
Figura 15.	Onda correspondiente al valor 85 (01010101) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 2400 baudios	65
Figura 16.	Onda correspondiente al valor 1 (00000001) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 2400 baudios	66
Figura 17.	Onda correspondiente al valor 85 (01010101) tomada entre los terminales T+ y T- del SN75176 (RS485)	67
Figura 18.	Formulario Principal Módulo Domótico UTS	69
Figura 19.	Cuadro de Elementos	70
Figura 20.	Ventana nombre del elemento	70
Figura 21.	Ventana número de identificación del módulo	71
Figura 22.	Ventana salida de conexión del elemento domótico	71
Figura 23.	Ejemplo de plano residencial y elementos	75
Figura 24.	Cuadro de herramientas	76
Figura 25.	Formulario de Configuración de Elementos	77
Figura 26.	Información General del Módulo	78
Figura 27.	Cambio de número de identificación del Módulo	78
Figura 28.	Ventana de Configuración de función Dimmer y monitoreo de Sensores	79
Figura 29.	Deslizador para control de tensión suministrada a la carga	79

Figura 30.	Ventana para habilitación de salidas	80
Figura 31.	Opciones complementarias	80
Figura 32.	Ventana de programación de horario ON/OFF	81
Figura 33.	Esquema de comunicación full-duplex por red eléctrica	83
Figura 34.	Circuito amplificador y acople con la red eléctrica	84
Figura 35.	Circuito equivalente del Amplificador Sintonizado en análisis de AC usando el modelo híbrido de un BJT.	87
Figura 36.	Circuito amplificador y acople con la red eléctrica presente en el Receptor	91
Figura 37.	Diagrama del modulador FSK (XR2206)	93
Figura 38.	Diagrama interno del Demodulador FSK	94
Figura 39.	Onda correspondiente al valor 85 (01010101) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 600 baudios	97
Figura 40.	Onda correspondiente al valor 1 (00000001) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 600 baudios	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de órdenes ejecutadas por el módulo domótico	57
Tabla 2. Listado de códigos según el ángulo de disparo deseado	58
Tabla 3. Valores posibles de la propiedad InputMode	62
Tabla 4. Opciones de la propiedad Handshaking	62

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL PIC16F84	107
ANEXO B. ESPECIFICACIONES DE LOS TRIAC UTILIZADOS REF.	112

ECG56017

RESUMEN

TITULO

MÓDULO DIDÁCTICO PARA INSTALACIONES DOMÓTICAS

AUTOR

JOSE ANTONIO VESGA BARRERA

DESCRIPCION

En éste trabajo se implemento un sistema inteligente básico didáctico asistido por computador para el control, supervisión, programación y ahorro de energía. Este módulo didáctico servirá par el adiestramiento en todo lo referente a sistemas domóticos, incentivando, generando y capacitando a los estudiantes Para el desarrollo de aplicaciones en el campo de la domótica y la inmótica.

Este sistema de control permite instalar un módulo en cada uno de los recintos a controlar (por ejemplo: un módulo por habitación). Cada módulo está constituido por tres entradas y tres salidas. Cada salida se puede manejar de manera independiente y se configurar de la siguiente forma: una salida para control de luces, otra salida para control de ventiladores o aires acondicionados y otra salida para control de tomacorrientes y electrodomésticos.

El sistema Domótico permite disponer de una vivienda o instalación dotada de un Sistema de Control capaz de realizar cualquier función que le pida. El módulo se programa de manera independiente a través del software de control según su identificación, lo que permite conformar sistemas de control distribuido en forma modular, además presenta protección de sobre corrientes, debido a que posee fusibles en caso de sobrecargas de energía a través de alguna de sus salidas. Cada una de las salidas presenta funciones como: interruptor, interruptor programado, DIMMER para control de tensión aplicada a la carga.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas; Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones; Magister Julio A. Gelvez

SUMMARY

TITLE

DIDACTIC MODULE FOR DOMOTICS INSTALATIONS

AUTHOR

JOSE ANTONIO VESGA BARRERA

DESCRIPTION

In this work you implements a didactic basic intelligent system attended by computer for the control, supervision, programming and energy saving. This didactic module will serve even the training in all him with respect to systems domóticos, incentivating, generating and qualifying the students For the development of applications in the field of the domótica and the inmótica.

This control system allows to install a module in each one of the enclosures to control (for example: a module for room). Each module is constituted by three entrances and three exits. Each exit you can manage in an independent way and you to configure in the following way: an exit for control of lights, another exit for control of fans or conditioned airs and another exit for control of plugs and appliances.

The system Domótico allows to have a housing or installation endowed with a System of Control able to carry out any function that she/he requests him. The module is programmed in an independent way through the control software according to its identification, what allows to conform control systems distributed in form to modulate, also presents protection of on currents, because it possesses fuses in the event of energy flight attendants through some of its exits. Each one of the exits presents functions like: switch, programmed switch, DIMMER for control of tension applied to the load.

* Project of Degree.

** Ability of Physical-mechanical Engineerings; Electric, Electronic School of Engineerings and Telecommunications; Magister Julio A. Gelvez

INTRODUCCIÓN

En la sociedad moderna, día a día se incrementa la necesidad de facilitar las tareas cotidianas a las personas y brindar más seguridad en el entorno, por tanto, se desarrolló una aplicación utilizando tecnología de punta, que permite el manejo de múltiples dispositivos domésticos desde el PC. Haciendo uso de transmisiones por la línea eléctrica (caso aplicable a viviendas ya construidas), o por cable UTP (caso aplicable a nuevas construcciones), obteniéndose un control óptimo de la misma.

Por otra parte, la domótica es un área de investigación moderna, que persigue el desarrollo de sistemas de automatización de viviendas, abarcando los aspectos relacionados con edificaciones inteligentes y la comunicación con ésta para el control de dispositivos domésticos y de seguridad principalmente.

La aplicación a desarrollar en éste trabajo es un desarrollo en domótica acorde con la realidad y necesidades colombianas, haciendo uso de dispositivos y elementos disponibles en el mercado local. Además se implementó la aplicación de un protocolo experimental que permite buena velocidad (600 baudios para sistema red eléctrica y 2400 baudios para sistema UTP), transmisión de datos semi-duplex que permite verificar si la información enviada es igual a la recibida con lo cual se puede comprobar el estado de la comunicación y de esta manera la no redundancia en la transmisión de los datos.

En éste trabajo se implemento un sistema inteligente básico didáctico asistido por computador para el control, supervisión, programación y ahorro de energía.

Este módulo didáctico servirá para el adiestramiento en todo lo referente a sistemas domóticos, incentivando, generando y capacitando a los estudiantes para el desarrollo de aplicaciones en el campo de la domótica y la inmótica.

Consta de una unidad central que es el PC, una interfaz de comunicación RS232/485, unos módulos domóticos que cuentan con un sistema de comunicación semi-duplex utilizando un protocolo experimental, una etapa de potencia que permite conectar cargas resistivas e inductivas y un terminal adicional para conexión de sensores. Cada módulo es controlado por un microcontrolador PIC16F84 y está en capacidad de realizar funciones especiales tales como el control de la intensidad luminosa de lámparas incandescentes, programación horaria y semanal del encendido y apagado de las diferentes cargas.

En el primer capítulo del libro se hace una introducción a la domótica, respondiendo preguntas como : ¿Que es la domótica?, ¿qué protocolos de comunicación son los más utilizados?, ¿para que se utiliza la domótica?, ¿qué beneficios trae la domótica a las personas?.

En el segundo capítulo se describe el funcionamiento, diseño e implementación de los módulos domóticos utilizando el protocolo de comunicación RS232/485, que hacen parte del módulo didáctico. Se explican las rutinas de programación, diagramas de flujo, circuitos utilizados y demás temas relacionados con el diseño.

El tercer capítulo explica en forma detallada el software de control, ilustrando funciones y modos de programación de los módulos domóticos.

Y finalmente en el cuarto capítulo se describe el funcionamiento, diseño e implementación de los módulos domóticos que utilizan la red eléctrica como medio físico de comunicación, y que también hacen parte del

módulo didáctico. Describiendo cálculos realizados para el diseño de amplificadores, moduladores y demoduladores FSK, circuitos adicionales utilizados y demás temas relacionados con el diseño.

1. INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA

El término domótica, derivado de la palabra doméstico e informático, no trata de dar nombre a una nueva tecnología, sino a un conjunto de servicios integrados de la vivienda, para una mejor gestión de aspectos como el confort, la seguridad y el ahorro energético.

En los últimos años se viene utilizando, de manera indiscriminada, términos como inteligente o domótica sin que en muchas ocasiones su utilización este del todo justificada o sea comprendida correctamente.

En los sistemas informáticos fue donde se comenzó a utilizar el término 'inteligente' para distinguir aquellos terminales con capacidad de procesamiento de datos (inteligentes), de aquellos sin esa capacidad (no inteligentes)*.

Esta capacidad de procesar automáticamente datos esta íntimamente relacionada con la utilización de los microprocesadores y microcontroladores; así, la incorporación de éstos en distintas áreas ha hecho que se extienda comercialmente el uso de este sustantivo. Por ello, a pesar de que los llamados edificios inteligentes han sido objeto de la observación pública y han merecido la atención de los medios informativos, no puede decirse que exista una asimilación de los conceptos implicados, con denominaciones poco claras y en ocasiones engañosas.

* LAMAS, Javier. Sistemas de control para viviendas y edificios, Mexico, Ed. Paraninfo

El concepto de edificio inteligente nació en Estados Unidos a finales de los años setenta y principios de los ochenta. Desde entonces se le ha denominado domótica cuando se aplica el concepto al ámbito doméstico, edificios inteligentes (cuando se aplica a edificios), edificios precableados (cuando incorpora una red de comunicaciones voz / datos estructurada y universal), edificios de alta tecnología (capaces de utilizar tecnologías avanzadas de comunicaciones e informática), edificios automatizados (cuando incorpora instalaciones de control de servicios técnicos y seguridad).

Una vivienda será Domótica si incluye una infraestructura de cableado y los equipos necesarios para disponer de servicios avanzados en la misma; el conjunto de servicios de la vivienda esta garantizado por sistemas que realizan varias funciones, las cuales están conectadas entre sí mediante redes interiores y exteriores de comunicación, que gracias a ello se obtiene un notable ahorro de energía, alto grado de comodidad, un nivel de seguridad y una nueva comunicación con el interior y/o exterior de la vivienda.

La Domótica se encarga de gestionar principalmente tres grandes campos de aplicación que son: el confort, la seguridad y la gestión de la energía. Aunque muchas veces estos campos se pueden solapar, se tratara de diferenciarles cada uno de ellos.

Al realizar una instalación en un Edificio o Vivienda, la inversión que se realiza en cada uno de los campos va a depender directamente de la función a la cual vaya a ser destinado el edificio o la vivienda. Se resalta esto, porque se dice que la domótica da la impresión de ser una disciplina elitista aplicada solamente a instalaciones de lujo, pero se puede decir con seguridad que esto no es así, porque podemos tener en cuenta que un sistema domótico no necesita que sea completo, solamente debe cubrir las necesidades que un usuario demande y el sistema será

diseñado para que en etapas posteriores pueda ser ampliado. Y por supuesto llegar a soluciones más complejas, que no son necesariamente lujosas pero si que puedan estar al alcance de todos.

En otro contexto también los franceses han respondido con una doble clasificación muy general; domótica, cuando se refiere a la vivienda, e inmótica cuando se refiere a la edificación no residencial (hospitales, hoteles, estaciones, plantas industriales, centros comerciales, edificios, otros.)

De una manera general, un sistema domótico dispone de una red de comunicación y dialogo que permite la interconexión de una serie de equipos y sensores a fin de obtener información sobre las variables a controlar en el entorno doméstico y basándose en éste, realizará unas determinadas acciones sobre dicho entorno. Los elementos de campo (detectores, sensores, captadores etc.) transmitirán las señales al computador que reconocerá y procesará 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.

1.1 DEFINICIÓN

La Domótica es la integración en el hogar de los sistemas provenientes de sectores como el de la electricidad, la electrónica, informática, la robótica y las telecomunicaciones.

En Francia para adoptar términos propios a las nuevas disciplinas se escogió la palabra "DOMOTIQUE". De hecho la enciclopedia Larousse definía en 1988 el término Domótica así: "El concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, confort, gestión de la energía y comunicaciones."*

1.2 CARACTERÍSTICAS

- ❖ Control programable dentro de la vivienda: A través de un esquema de comunicación con los distintos equipos (mando a distancia, bus de comunicación, etc.), reduce la necesidad de moverse dentro de la vivienda, este hecho puede ser particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o minusválidos.
- ❖ Control remoto desde fuera de la vivienda: Presupone un cambio en los horarios en los que se realizan las tareas domésticas (por ejemplo: la posibilidad que el usuario pueda activar la cocina u otro electrodoméstico desde el exterior de su vivienda) y como consecuencia permite al usuario un mejor aprovechamiento de su tiempo.
- ❖ Programabilidad: El hecho de que los sistemas de la vivienda se puedan programar ya sea para que realicen ciertas funciones con solo tocar un botón o que las lleven a cabo en función de otras condiciones del entorno (hora, temperatura interior o exterior) produce un aumento del confort y un ahorro de tiempo.

* LAMAS, Javier. Sistemas de control para viviendas y edificios, Mexico, Ed. Paraninfo

- ❖ Acceso a servicios externos: Servicios de información, telecompra y tele banco. Para determinadas personas estos servicios pueden ser de gran utilidad (por ejemplo, en aquellas familias donde ambos cónyuges trabajan) ya que producen un ahorro de tiempo.

1.3 FUNCIONES

- ❖ Prevención de los accidentes domésticos. Los daños provocados por el agua, el incendio, las explosiones debidas al gas son algunos de los accidentes que se podrían evitar si existiera "algo" que detectara todos estos fenómenos y que permitiera tomar rápidamente las medidas correctivas. En caso de que ocurra un incendio, el sistema de protección permite la detección precoz del incendio, efectuando un aviso rápido y efectivo al personal encargado de la extinción con un sistema de llamadas preprogramadas para avisar a bomberos, en caso de estar ausente el dueño de la vivienda.
- ❖ Sistemas de Alarma. Es relativo a la seguridad de las personas y de los bienes frente a las agresiones e intrusiones. Esta no es más que la función de una central de alarmas. Esta central puede ser inteligente y por ejemplo telefonar discretamente a la estación de policía, a un amigo o a un vecino, con el fin de que intervenga con mucha más eficacia que las sirenas colocadas sobre el tejado.

- ❖ Control de la energía. Principalmente el control inteligente de la calefacción o del aire acondicionado, la programación de las horas de funcionamiento de la energía en función de la presencia real de los ocupantes, pero también la selección de temperatura en función de la utilización de las habitaciones, o de la alternancia día/noche ó en las zonas tropicales dependiendo de la estación en que se encuentren según la época del año.
- ❖ Control de equipos. Estas funciones también denominadas telemandos son una combinación de funciones como: el control de los niveles de iluminación, el cierre ó apertura de cortinas, el control de electroválvulas para el riego del jardín y en general, a todo lo que pueda ser controlado a distancia.

1.4 APLICACIONES DE LA DOMÓTICA

En esta sección se pretende dar una visión global de la utilización de la domótica en los tres grandes campos de aplicación como son: el Confort, la seguridad y Control de La Energía.

1.4.1 Confort

La Domótica nos proporciona una serie de comodidades que van dirigidas principalmente a las instalaciones CVC (climatización, ventilación y calefacción) Sin embargo, se incluyen los sistemas de audio y vídeo, control de la iluminación, mando a distancia, riego de jardines, y todo

aquello que contribuya al bienestar y comodidad de las personas que utilicen las instalaciones.

Control de Iluminación: En toda la vivienda se efectuará encendido/apagado de luces mediante programación.

El pulsador permite una segunda función, como por ejemplo, apagado por plantas e incluso apagado total de la vivienda al salir de la misma.

Facilidad de cambiar las funciones de los pulsadores, por programación, sin tocar la instalación.

Las lámparas que estén conectadas a enchufes se podrán apagar/encender mediante un módulo domótico controlado desde el PC definido por el usuario que será el que activará o desactivará la energía del enchufe.

En zonas de paso, se podrá determinar el tiempo en minutos o segundos que una determinada luz permanecerá encendida.

Control de Climatización: El control del aire acondicionado o la calefacción, dependerá del tipo de electrodoméstico que se desee controlar.

Los termostatos podrán actuar sobre cada una de las zonas delimitadas de la vivienda, al igual que se hace en instalación convencional, provocando el encendido del aire acondicionado, ventiladores y calefactores.

Pero gracias al sistema, se podrán definir franjas horarias de día y de noche, así como horarios para días laborables o festivos, con lo cual se podrá evitar la puesta en marcha del aire acondicionado aunque un termostato lo solicite.

Por lo tanto, combinando termostatos con temporizadores se evitará la activación del aire acondicionado en cada una de las zonas, en horarios de escasa o nula utilización.

Por otra parte y de igual forma se podrá controlar el aire acondicionado para lo cual podrán utilizarse los mismos termostatos de la calefacción.

1.4.2 Seguridad

La seguridad que nos proporciona un sistema domótico es más amplia, aquí se incluyen tanto alarmas contra incendio, fugas de agua o gas y otros peligros. También se integran tres campos de la seguridad que normalmente están controlados por distintos sistemas:

Simulación de presencia: Entre las numerosas formas empleadas por los ladrones para saber si pueden "visitar" una vivienda sin riesgo, consiste en observar por la noche la ausencia de luz. Se puede decir, que cuando en una vivienda en el transcurso de la noche y la madrugada no se enciende la luz por varios días, es muy probable que no esté ocupada.

Por eso en ausencia de personas dentro de la vivienda es posible hacer simulación de apagado y encendido de una o varias luces. Las luces que se definan en la programación, se encenderán y apagarán solas, de forma totalmente automática, cuando el usuario no se encuentre en la vivienda y siempre dentro del horario deseado.

Detección de presencia: Es posible utilizar detectores de presencia que sin activar ninguna alarma, pueden hacer creer que los lugares estén ocupados. Se pueden utilizar varios métodos para detectar la proximidad de un individuo, considerándose el detector infrarrojo como el de mayor eficacia.

Temporizadores: El sistema básico lleva incorporados sensores con temporizadores por software para activar y desactivar luces o cualquier otro equipo o electrodoméstico a la hora que se desee. Se pueden utilizar para encender o apagar luces interiores y/o exteriores a horas convenidas los días escogidos. (p. ej. todos, laborables, festivos, lunes y martes.)

Control de Enchufes: Esta función se puede utilizar como seguridad al poder desactivar líneas completas de enchufes en forma manual ó automática evitando accidentes domésticos..

Sensor Crepuscular: Permite el activado/desactivado de luces según la iluminación exterior sin tener que recurrir a los temporizadores ya que los niveles de iluminación varían mucho en función de la época del año. Este sensor podrá ser controlado en forma manual ó automática con el fin de evitar el encendido de luces cuando exista suficiente luminosidad.

Riego: Con esta opción se suple ampliamente la utilización de un programador de riego permitiendo de esta forma integrarlo junto con el resto de la instalación eléctrica de la vivienda. El riego podría activarse por medio de un temporizador, en el cual se podrá programar, la hora de inicio y de finalización del riego, en los días que se desee.

Programación los electrodomésticos : En combinación con los Temporizadores que incorpora el sistema, podrán programarse los electrodomésticos para que funcionen en horarios definidos por el usuario.

Racionalizar el consumo de energía: Estableciendo prioridades en el funcionamiento de los electrodomésticos y demás consumos de la vivienda.

1.4.3 Control Energético*

La proliferación de equipos electrónicos en el hogar ha hecho necesario idear sistemas, como el domótico, que se encarga, entre otras funciones, de gestionar y racionalizar adecuadamente el consumo de energía de todos ellos.

* LAMAS, Javier. Sistemas de control para viviendas y edificios, Mexico, Ed. Paraninfo

Según la Real Academia Española, la domótica es el conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda. Bajo esta definición académica se esconde, en la práctica, un significativo ahorro de energía.

Los sistemas más avanzados cuentan con la opción de disminuir la temperatura interior de la vivienda con relación a las altas temperaturas del exterior en épocas de verano. Basta con colocar una sonda de temperatura fuera de la casa que permita medir este parámetro y el sistema domótico actuará según la programación previa para alcanzar la temperatura de confort.

Pero las posibilidades de gestión energética llegan más lejos permitiendo estar al tanto de la temperatura ambiente de su casa ó la temperatura en cada dependencia del hogar con sólo una llamada telefónica.

Si lo que se desea es que las luces se enciendan sólo al entrar en las habitaciones, la domótica lo logra. Un detector capta la presencia de personas y enciende la luz. Ésta permanecerá encendida sólo durante el espacio de tiempo seleccionado previamente, con el consiguiente ahorro energético.

Por otro lado, se pueden programar diferentes intensidades de luz o encendidos parciales de la casa, a través de interruptores, mandos a distancia e incluso teléfonos móviles e Internet. complementando el sistema de iluminación domótico con el uso de lámparas de ahorro energético.

La denominada racionalización de cargas eléctricas supone la desconexión de algunos de los electrodomésticos mencionados, cuyo uso no es esencial, en función del consumo eléctrico que se está dando en un momento determinado.

Muy similar a lo anterior es la llamada *gestión de cargas eléctricas*. El sistema desconecta algunos electrodomésticos justo antes de rebasar la potencia eléctrica contratada, permitiendo que sigan en uso aquellos que son más imprescindibles.

1.5 TIPOS DE ARQUITECTURA*

Para poder clasificar técnicamente un sistema de automatización de viviendas, es necesario tener claros una serie de conceptos técnicos, como son: Tipo de arquitectura, medio de transmisión, velocidad de transmisión y protocolo de comunicaciones.

La arquitectura de un sistema domótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar.

Existen dos arquitecturas básicas: La arquitectura centralizada y la distribuida.

* LAMAS, Javier. Sistemas de control para viviendas y edificios, Mexico, Ed. Paraninfo

1.5.1 Arquitectura Centralizada

Es aquella en la que los elementos a controlar y supervisar (sensores, luces, válvulas.) han de cablearse hasta el sistema de control de la vivienda (PC o similar). El sistema de control es el corazón de la vivienda, en cuya falta todo deja de funcionar y su instalación no es compatible con la instalación eléctrica convencional en cuanto que en la etapa de construcción hay que elegir esa topología de cableado.

1.5.2 Arquitectura distribuida.

Es aquella en la que el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar. En las arquitecturas distribuidas, las redes de control pueden intercambiar datos mediante cables de pares trenzados, por corrientes portadoras sobre la misma red de baja tensión (powerline communication), vía radio, por fibra óptica ó con cable coaxial, siendo las dos primeras las de uso más frecuente.

En los sistemas de arquitectura distribuida se deben de tener en cuenta para poder realizar comparaciones objetivas los siguientes criterios:

- ❖ Medio de transmisión de las comunicaciones.
- ❖ Velocidad de comunicaciones.
- ❖ Topología de la red.
- ❖ Protocolo de comunicaciones.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN: Como medio de transmisión se entiende el soporte físico sobre el cual son transportados los datos de comunicaciones, básicamente son:

- ❖ Corrientes portadoras.
- ❖ Cable (par trenzado)
- ❖ Radiofrecuencia.
- ❖ Fibra óptica.

TOPOLOGÍA: Para los sistemas de cable, existe un concepto a tener en cuenta que es la topología de la red de comunicaciones. La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable), estos pueden ser clasificados en bus, anillo, topología libre.

VELOCIDAD: En todo sistema domótico con arquitectura distribuida, los diferentes elementos de control deben intercambiar información unos con otros a través de un soporte físico (par trenzado, línea de potencia o red eléctrica, radio ó infrarrojos). La velocidad a la cual se intercambia información entre los diferentes elementos de control de la red se denomina velocidad de transmisión.

PROTOCOLO: Una vez establecido el soporte físico y la velocidad de comunicaciones, un sistema domótico se caracteriza por el protocolo de comunicaciones que utiliza, que no es otra cosa que el 'idioma' o formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para entenderse unos con otros y que puedan intercambiar su información de una manera coherente.

Dentro de los protocolos existentes, se puede realizar una primera clasificación atendiendo a su estandarización:

Protocolos estándar: Los protocolos estándar son los que están definidos por una norma y son utilizados ampliamente por diferentes empresas como por ejemplo: El Bus Europeo de Instalación (EIB). Este estándar está regulado por una asociación independiente (EIBA) de la que ya forman parte más de 100 fabricantes (entre ellos algunos como Siemens, Bosch, ABB, Simon, Legrand, etc.). Recientemente ha sido homologado en Estados Unidos con la norma ANSI EIA-776.

Protocolos propietarios: Son aquellos que son desarrollados por una empresa; la cual fabrica productos que solo son capaces de comunicarse entre si.

1.6 PROTOCOLOS APLICADOS A LA DOMÓTICA.

Entre los protocolos aplicados en domótica, el protocolo más extendido entre los diferentes elementos de la red domótica es el X10, que utiliza la red eléctrica como medio de transmisión, aunque existen otros protocolos europeos como el EIB, el EHS y el llamado Lonworks.

X-10 es uno de los protocolos más antiguos que se están usando en aplicaciones domóticas. Fue diseñado en Escocia entre los años 1976 y 1978 con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión a muy baja velocidad (60 bps en EEUU y 50 bps en Europa). Resulta muy económico ya que al usar las líneas de eléctricas de la vivienda, no es necesario tender nuevos cables para conectar dispositivos.

El European Installation Bus o EIB es un sistema domótico desarrollado bajo los auspicios de la Unión Europea con el objetivo de contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y el norteamericano. Recientemente ha sido homologado en Estados Unidos con la norma ANSI EIA-776.

El objetivo era crear un estándar europeo, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, que permita comunicarse a todos los dispositivos de una instalación eléctrica como: contadores, equipos de climatización, seguridad, gestión energética y electrodomésticos.

Otro protocolo utilizado es el HBS, éste se publicó en 1988 como un estándar de comunicación para automatización del hogar en la forma de un Bus de Sistema para el Hogar (Home Bus System). HBS se publicó como la norma EIAJ/REEA ET-2101 Home Bus System y se ha comercializado desde octubre de 1988, existiendo a la fecha más de un millón de sistemas en uso.

CeBus En 1984 varios miembros de la EIA norteamericana (Electronics Industry Association) llegaron a la conclusión de la necesidad de un bus domótico que aportara más funciones que las que aportaban sistemas de aquella época (ON, OFF, DIMMER, ALL OFF, etc). Especificaron y desarrollaron un estándar llamado CEBus (Consumer Electronic Bus). Para la transmisión de datos por corrientes portadoras, el CEBus usa una modulación en espectro expandido; estos se transmite uno o varios bits dentro de una ráfaga de señal que comienza en 100 kHz y termina en 400 kHz (barrido) de duración 100 microsegundos. La velocidad media de transmisión es de 7500 bps*.

* SANDOVAL, Juan. Domótica, Mexico, Ed. Paraninfo

Entre los sistemas propietarios mas conocidos tenemos:

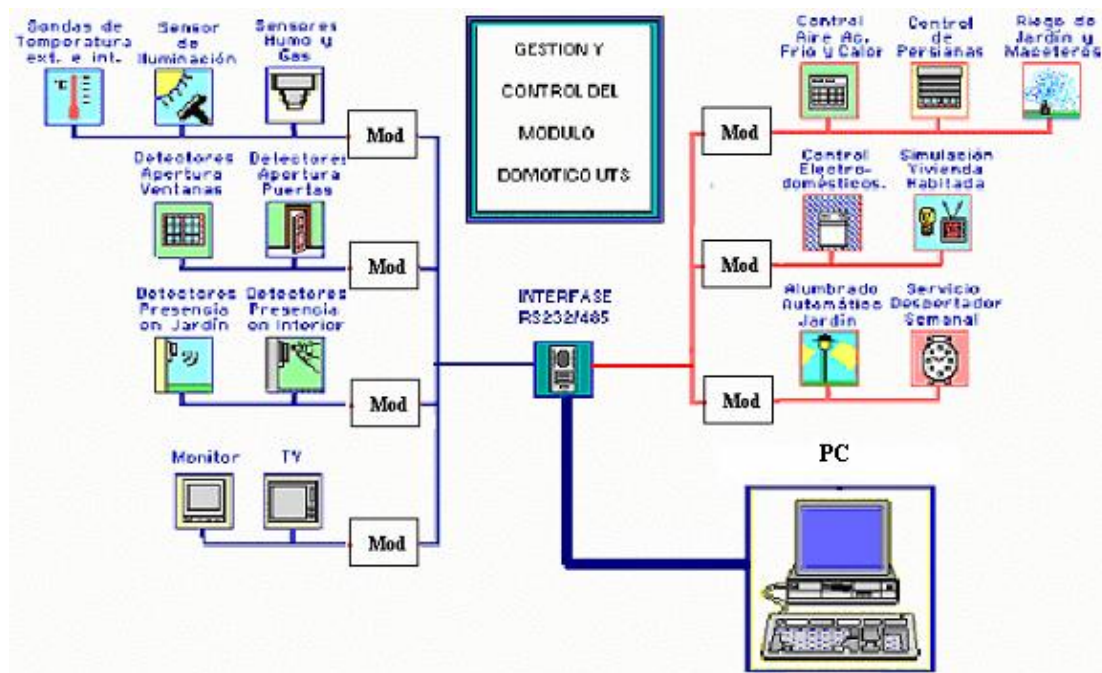
Amigo, Biodom, Dialogo, Dialoc, Domolon, Cardio, SSI, Starbox, Simon Vox, Vantage, Crestron, Redes de datos, HomeRF, HomePNA, HomePlug, Middleware, HAVI, UpnP, JINI, HomeAPI, SWAP, OSGi y MHP entre otros.

Quienes impulsan el desarrollo de estas soluciones aventuran que el mercado en los países avanzados dará buenos dividendos hacia el 2008. Para la domotización masiva, sin embargo, resta esperar por una baja en los costos de la inversión. Los costos de inversión según, la Asociación Nacional de Constructores (NAHB) la cual alienta el proyecto SmartHouse, equivale al 2% del valor total de la casa. Algunos especialistas en la materia prefieren no adelantar cifras, porque dicen que el sistema puede hacerse a la medida de cada necesidad o construirse de manera modular y agregar funciones gradualmente.

2. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

En la figura 1, se ilustra el esquema general de conexión de los módulos domóticos en una vivienda.

Figura 1. Esquema general del Módulo Didáctico una Vivienda



2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO

Este sistema de control permite instalar un módulo en cada uno de los recintos a controlar (por ejemplo: un módulo por habitación).

Cada módulo está constituido por tres entradas y tres salidas. Cada salida se puede manejar de manera independiente y se configura de la siguiente forma: una salida para control de luces, otra salida para control de ventiladores o aires acondicionados y otra salida para control de tomacorrientes y electrodomésticos.

La configuración y control se efectúa mediante un computador, este posee instalado un software que permite comunicarse, controlar y configurar cada una de las salidas y módulos en forma programada y/o manual según horarios de utilización de los diferentes recintos por ejemplo: si se desea que la lámpara de la calle se encienda de lunes a viernes de 6:00 PM a 5:00 AM, este horario se programa en el sistema y el módulo solamente suministrará energía a la lámpara durante ese intervalo de tiempo y en esos días, es decir, que la energía consumida será la necesaria evitando derroches y gastos innecesarios que conllevan a un desperdicio de energía.

El sistema Domótico permite disponer de una vivienda o instalación dotada de un Sistema de Control capaz de realizar cualquier función que le pida. Comunicarse, proteger el establecimiento, controlar encendido y apagado de electrodomésticos, luces, toma corrientes incluyendo una gran variedad de controladores conectados por medio de la red de cableado UTP.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÓDULO DOMÓTICO

El módulo se encuentra constituido por tres entradas análogas y tres salidas, las cuales pueden establecer una corriente de 20 Amperios cada una.

Adicionalmente presenta dos terminales que se pueden utilizar como terminales para detección, conexión y configuración de sensores de humo, de humedad o de movimiento.

El módulo se programa de manera independiente a través del software de control según su identificación, lo que permite conformar sistemas de control distribuido en forma modular, además presenta protección de sobre corrientes, debido a que posee fusibles en caso de sobrecargas de energía a través de alguna de sus salidas.

El módulo presenta dos conectores de tipo RJ-45 mediante los cuales se efectúa la comunicación, energización del módulo y conexión con la red de módulos inteligentes.

Las principales características son:

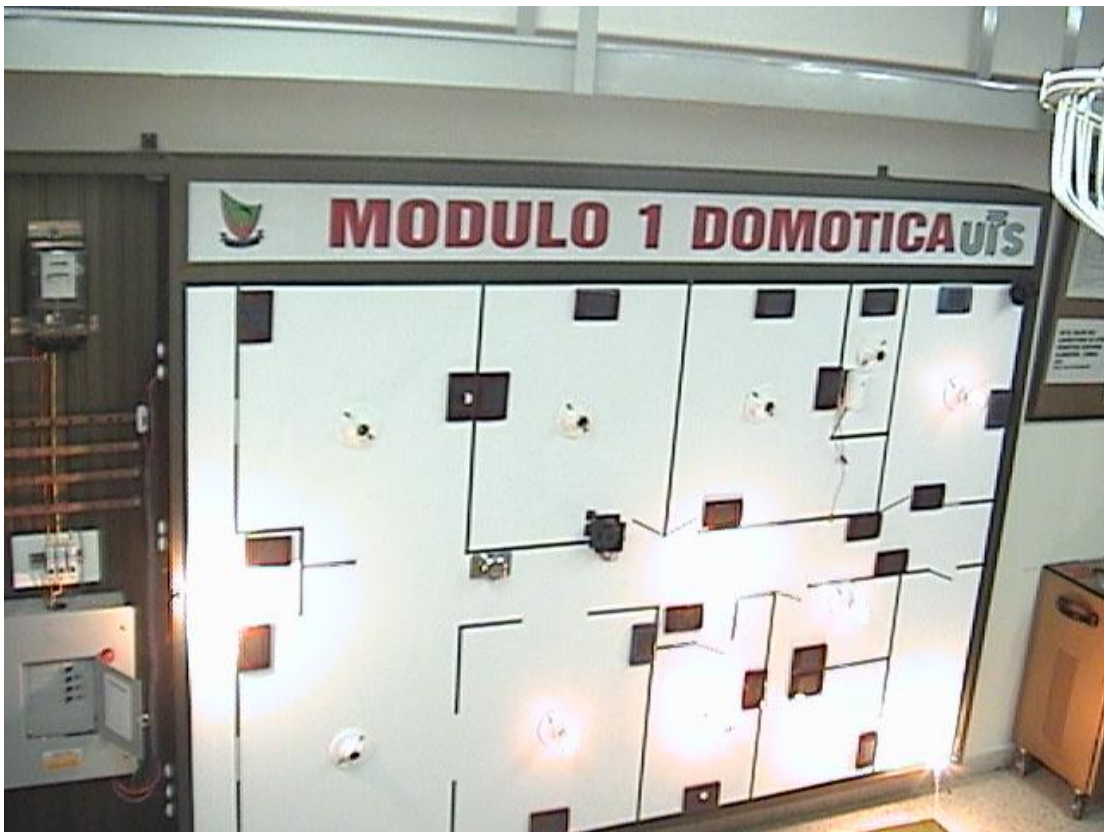
- ❖ Se utilizó Topología BUS para la conexión de los módulos, permitiéndose un máximo 15, debido a que se utilizó 4 bits para la identificación de cada módulo.

- ❖ El protocolo de comunicación utilizado para la capa física es el RS-485, el cual permite transmisión de datos serial, con una distancia máxima entre el primero y el último módulo de 1 kilómetro según especificaciones del fabricante Texas Instrument, como norma para el uso del circuito integrado SN75176 utilizado para tal fin.
- ❖ Fácil instalación
- ❖ Cada una de las salidas presenta funciones como: interruptor, interruptor programado, DIMMER para control de tensión aplicada a la carga.

2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE

El software de control permite obtener una visualización de toda la vivienda controlada, indicando zonas donde hay y no hay energía, dónde hay instalados sensores y su condición (activados o desactivados), aires acondicionados, tomas controladas, y otros elementos domóticos; lo que facilita el control de actividades.

Figura 2. Aspecto Físico del Módulo Didáctico de una Vivienda



2.4 FUNCIONAMIENTO Y ARQUITECTURA DE UN MÓDULO DOMÓTICO

El módulo domótico está conformado por tres etapas: potencia, control y la etapa de comunicaciones. A continuación se describe cada una de estas etapas de una manera clara y precisa para permitir el mejor entendimiento del funcionamiento interno de un módulo domótico.

Entre las funciones implementadas en el módulo domótico se pueden mencionar:

- ❖ On/Off
- ❖ Dimmer
- ❖ Verificación del estado de comunicación
- ❖ Cambio de número de identificación del módulo
- ❖ Verificación de estado (Activado o desactivado) de sensores.
- ❖ Programación de horarios On/Off
- ❖ Habilitación y deshabilitación de salidas gobernadas por triacs.

En la etapa de potencia se puede dividir en dos partes:

- ❖ Detector de fase y cruce por cero
- ❖ Generación de señales de control para activación de los triacs a un ángulo dado.

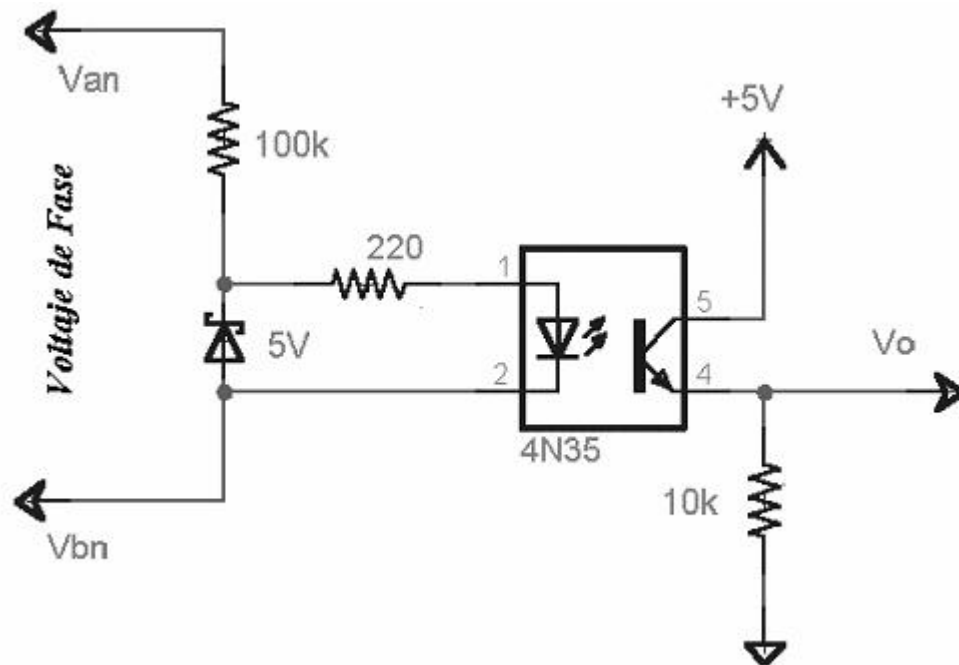
2.4.1 Detector de fase y cruce por cero.

El detector de fase y cruce por cero, consiste en un circuito que se encarga de sensar la señal presente en la red eléctrica, señal que permite indicarle al microcontrolador los instantes en los cuales la onda de 60Hz cambia de semiciclo positivo a negativo y viceversa.

El detector de fase esta conformado por un divisor de tensión tal como se muestra en la figura 3 mediante una resistencia de 100k (la cual soporta la mayor parte del voltaje) y un diodo zener de 5.1V, el cual durante el semiciclo positivo se comporta como un regulador de 5V y durante el semiciclo negativo se comporta como un corto circuito. El voltaje presente

en el Zener es aplicado a un circuito serie conformado por una resistencia de 220Ω y un led perteneciente a un optotransistor. Cuando el voltaje del Zener es de 5V, el led del optotransistor enciende, provocando que el transistor entre en modo saturación y el voltaje de salida sea de 5V. Cuando el voltaje del Zener es de 0V, el led del optotransistor se apaga, provocando que el transistor se comporte como un circuito abierto y el voltaje de salida sea de 0V. Este circuito entrega una señal de 5Vpp al optotransistor, el cual aísla la señal de la red eléctrica de los circuitos de control.

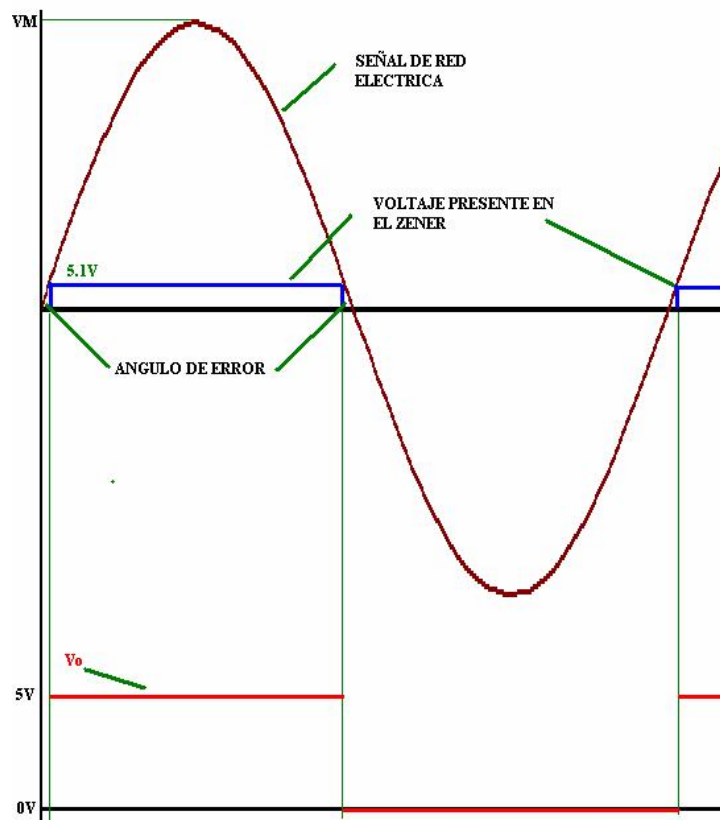
Figura 3. Detector de fase y cruce por cero



A la salida del optotransistor se tiene una señal cuadrada de 5v a 60hz, la cual es enviada directamente al microcontrolador para ser analizada y cuantificar con precisión el ángulo de disparo deseado para los Triacs. La onda es aplicada al pin RB0 del Microcontrolador PIC16F84, el cual por

medio de la interrupción externa detecta los flancos ascendentes o descendentes de la señal, identificando de esta manera el comienzo de un semiciclo.

Figura 4. Formas de Onda presentes en el detector de fase y cruce por cero



En la figura 4, se muestran las señales presentes en el detector de fase y cruce por cero. Hay que observar que en este circuito ocurren dos cosas interesantes:

El ancho correspondiente a los niveles alto y bajo en el voltaje de salida no son iguales, lo que conlleva a un pequeño error en el disparo de los triacs.

El error mencionado se debe al tiempo que tarda el zener en alcanzar su tensión regulada, la cual se puede aproximar al instante en el que el voltaje instantáneo de fase sea igual a 5.1V. Este error se refleja realmente en un ángulo de error, calculado aproximadamente de la siguiente forma:

$$5.1 = V_M * \text{SEN}(\theta)$$
$$\theta = \text{ARCSEN}\left(\frac{5.1}{V_M}\right) = \theta_{\text{ERROR}}$$

En casos generales podemos asumir a $V_M=170V$, y reemplazando en la ecuación obtenemos que:

$$\theta = \text{ARCSEN}\left(\frac{5.1}{170}\right) = 1.72^\circ = \theta_{\text{ERROR}}$$

Lo que indica que el error en el ángulo de disparo de un triac se puede considerar despreciable. Ya que para el semiciclo positivo, el ángulo de error será de 1.72° y en el semiciclo negativo será de -1.72° .

2.4.1.1 Rutinas implementadas en assembler que analizan

las señales provenientes de los detectores de fase y cruce
por cero

```
INT_RB0      BTFSS      INTCON,INTF ;Ocurrio Nuevo semiciclo?
              GOTO      INT_RIE    ;Si no, siguiente interrup.
              BCF       INTCON,INTF ;si, Nuevo semiciclo
              MOVF      DISPARO,W   ;W = Ángulo de Disparo
              MOVWF     ANGULO      ;Ángulo a aplicar = W
              MOVF      GRADO,W     ;W = Tiempo de un grado
              MOVWF     TMR0        ;Timer0 = Tiempo de 1 grado
              BSF       FLAG_S,PULSO ;habilitada rutina de pulso
              BSF       STATUS,RP0  ;Cambia al Banco 1
              BTFSS     OPTION_REG,6 ;flanco para interrupción
              GOTO      S_EDG       ;Salta a flanco Descend.
              BCF       OPTION_REG,6 ; Flanco Ascendente
              BCF       STATUS,RP0  ;Retorna a Banco 0
              GOTO      SALIR       ; salir de la rutina

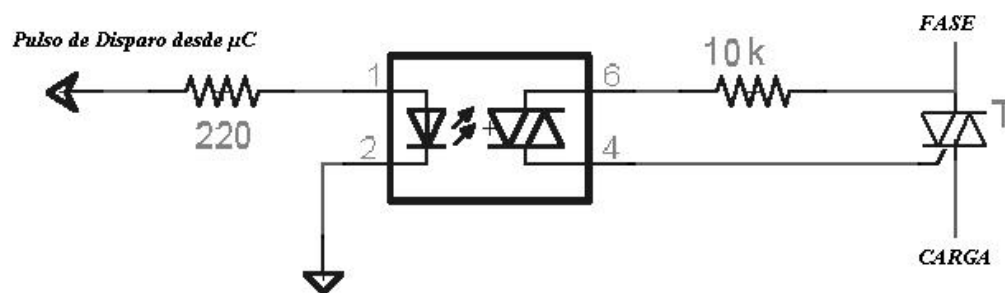
S_EDG        BSF       OPTION_REG,6 ;Flanco Descendente
              BCF       STATUS,RP0  ;Retorna a Banco 0
              GOTO      SALIR
```

2.4.2 Interfase para activación de un triac

Este circuito, el cual se puede observar en la figura 5, es el que permite activar el TRIAC en un determinado instante de tiempo desde el

microcontrolador, realizando el acople entre este y la parte de potencia mediante un optotriac. Esta activación en pruebas experimentales demostró ser muy estable y libre de activaciones falsas debida a transitorios existentes en la red eléctrica.

Figura 5. Circuito de disparo para TRIACs



El pulso de disparo que es aplicado a este circuito viene desde el microcontrolador y tiene una duración de un grado ($16.66\text{ms} / 360$), equivalente a $50\mu\text{s}$ aproximadamente. En este caso como cada módulo tiene la posibilidad de controlar tres TRIACs, se requiere de un circuito de estos por cada TRIAC y por consiguiente un pin independiente de disparo desde el microcontrolador, utilizándose RB1, RB2 y RB3 para tal fin.

Cuando se desea controlar la tensión aplicada en la carga, se tiene en cuenta el criterio del ángulo de disparo, pero, cuando corresponde a la activación de una toma trifásica, un interruptor u otro elemento que requiera un control ON/OFF, simplemente se coloca en un nivel alto las salidas de los pines que controlan al triac que gobierna el flujo de potencia durante el tiempo que sea considerado por el usuario.

2.4.2.1 Rutinas que activan los triacs en un ángulo dado

A continuación se presentan las rutinas que permiten la activación de cada uno de los TRIACs en un tiempo determinado y en mutuo sincronismo con las rutinas del detector de fase y cruce por cero mencionadas y explicadas con anterioridad. El detector de fase habilita al timer0 para iniciar el conteo del tiempo requerido para activar al Triac a un ángulo dado; en el momento en el cual se cumple el tiempo establecido se aplica un pulso de duración 46 μ s a través del pin correspondiente según el triac a activar.

TIMER0	BTFSS	INTCON,T0IF	;Se cumplió el tiempo de
	GOTO	INT_RB0	;un grado?, si no, saltar
	BCF	INTCON,T0IF	;si se cumplió, entonces
	CLRWDT		;Borrar Perro Guardián
JUM3	BSF	FLAG_S,T46MS	;habilitar bandera de 46 μ s
	MOVLW	.180	;Comparar el ángulo de
	XORWF	DISPARO,W	;disparo con 180 grados
	BTFSC	STATUS,Z	;si no es igual, salta 1 línea
	GOTO	SALTO21	;si es igual, va a SALTO21
	BTFSC	FLAG_S1,4	;Está habilitado el Dimmer
	GOTO	SALTO20	;si está habilitado, salta
	MOVF	FLAG_S2,W	;si no, aplica el nivel alto
	MOVWF	AUXILIAR2	;a los pines habilitados
	RLF	AUXILIAR2	;para activación del Triac
	MOVF	AUXILIAR2,W	
	MOVWF	PORTB	
	BSF	PORTA,3	;enciende Led de activación
	GOTO	SALTO	

SALTO21	CLRF	PORTB	;retira pulso de los Triacs
	GOTO	SALTO	
SALTO20	BSF	PORTA,3	;enciende Led de activación
	BTFSS	FLAG_S,PULSO	;bandera de pulso ON
	GOTO	LPULSO	; Retirar pulso
	DECFSZ	ANGULO	; Decrementar Conta Ang.
	GOTO	SALTO	; si no es cero, salta
	BCF	FLAG_S,PULSO	;si es cero, entonces
	BTFSC	FLAG_S2,0	
	BSF	PORTB,1	; aplica pulso a Triac 1
	BTFSC	FLAG_S2,1	
	BSF	PORTB,2	; aplica pulso a Triac 2
	BTFSC	FLAG_S2,2	
	BSF	PORTB,3	; aplica pulso a Triac 3
SALTO	MOVF	GRADO,W	; configura nuevamente el
	MOVWF	TMR0	;el TMR0 a 46µs
SALT	BSF	INTCON,T0IE	; Habilita interrupción TMR0
	GOTO	SALIR	

2.4.2.2 Rutinas para el control de tensión

Esta rutina permite controlar la tensión aplicada a la carga, en forma ascendente o descendente, generando una rampa de tensión, pasando de tensión cero a tensión máxima en un tiempo aproximado de 5 segundos.

En esta rutina, se recibe el valor del nuevo ángulo de disparo y se compara con el ángulo de disparo actual. Si el nuevo valor es superior al actual se ejecutará la rutina "Aumenta", la cual incrementa en forma gradual, grado a grado el valor del ángulo de disparo actual hasta alcanzar el deseado. Pero, si el nuevo valor es inferior al actual se ejecutará la rutina "Dismin", la cual decrementa en forma gradual, grado a grado el valor del ángulo de disparo actual hasta alcanzar el deseado. La rutina que permite el ajuste en forma ascendente o descendente y además en forma gradual mediante la rampa de tensión es la siguiente:

```

RAMPA      MOVF      N_DISPARO,W  ;W = Nuevo ángulo
           SUBWF    DISPARO,W    ;Compara W con Disparo
           BTFSS   STATUS,C      ;actual
           GOTO    AUMENTA      ;si W es mayor
           GOTO    DISMIN       ;si W es menor

AUMENTA    CALL    RETARDO      ;llama Retardo
           INCF    DISPARO      ;Incrementa Disparo
           MOVF    N_DISPARO,W  ;Compara con nuevo
           SUBWF  DISPARO,W      ;disparo, si son iguales
           BTFSS  STATUS,C      ;sale, de lo contrario
           GOTO    AUMENTA      ;otro aumento.
           RETURN

DISMIN     CALL    RETARDO      ;llama Retardo
           DECF    DISPARO      ;Decrementa Disparo
           MOVF    N_DISPARO,W  ;Compara con nuevo
           SUBWF  DISPARO,W      ;disparo, si son iguales
           BTFSS  STATUS,C      ;sale, de lo contrario
           GOTO    DISMIN       ;otro decremento.
           RETURN

```

RETARDO	BCF	FLAG_S,T46MS
	MOVLW	.04
	MOVWF	T2
JUM2	DECFSZ	T2
	GOTO	JUM2
	RETURN	

2.4.3 Etapa de comunicación entre el módulo de control y el computador personal PC.

2.4.3.1 Las comunicaciones seriales

La comunicación serial, como su nombre lo indica, realiza la transferencia de información enviando o recibiendo datos descompuestos en bits, los cuales viajan secuencialmente uno tras otro. En la comunicación paralela, los datos pueden ser transferidos en paquetes de 8, 16, 32 o más bits en forma simultánea, utilizando un cable para cada bit.

Las principales diferencias entre estos modos de comunicación son la velocidad y la cantidad de cables necesarios. La transferencia de datos en forma paralela es rápida pero usa muchas líneas conductoras y la transferencia serial es lenta pero utiliza menor número de cables. Adicionalmente, la comunicación en paralelo permite menor distancia entre los equipos a comunicar que la comunicación serial.

La comunicación serial está compuesta principalmente de dos elementos básicos, el hardware, que hace referencia a la configuración de los conectores y niveles de voltaje, y el software, con el que se controla la

información binaria que se quiere transferir. Todo esto está regido por normas o protocolos donde el utilizado por las computadoras convencionales es el Protocolo RS-232.

La EIA (Electronics Industry Association) ha desarrollado estándares para RS485, RS422, RS232 y RS423, que tratan con comunicaciones de datos. Estos estándares previamente se les reconocían como "RS" para indicar que eran los estándares recomendados, en la actualidad se les denomina estándares EIA.

2.4.3.2 El protocolo RS-232.

A nivel de software, la configuración principal que se debe dar a una conexión a través de puertos seriales RS-232 es básicamente la selección de la velocidad en baudios (1200, 2400, 4800, etc.), la verificación de datos o paridad (paridad par, paridad impar o sin paridad), los bits de parada luego de cada dato (1 ó 2), y la cantidad de bits por dato (7 ó 8), que se utiliza para cada símbolo o carácter enviado.

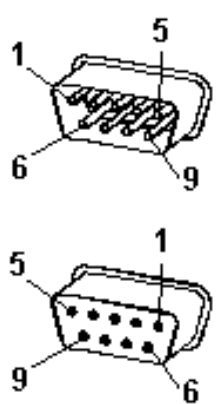
2.4.3.3 Transmisiones en modo Diferencial

Cuando las comunicaciones se realizan a través de largas distancias para aplicaciones reales el anterior protocolo resulta ineficaz. Las transmisiones en modo Diferencial (señales en modo diferencial balanceadas o equilibradas) ofrecen mayores posibilidades. Las señales diferenciales pueden ayudar a anular los efectos del offset y señales de ruido inducido que pueden

aparecer como tensiones de modo común en la red. Los datos a transmitir se codifican y decodifican en forma de voltaje diferencial entre dos conductores (Si $V_a - V_b$ es $< -0.2V$, corresponde al "0" lógico. Mientras que si $V_a - V_b$ es $> +0.2 V$, corresponde al "1" lógico). El rango de voltaje en modo común soportable va de -7 a +12 V.

RS485 (modo diferencial) fue diseñado para grandes distancias (hasta 1200m) y altas velocidades de transmisión (hasta 100 Kbits/s). El estándar especifica hasta 32 emisores y 32 receptores en un único bus de 2 hilos.

Figura 6. Distribución de pines del conector DB9 para comunicación Serial.



No. Pin	Función
1	Detector de Portadora (CD)
2	Recepción de Datos (RxD)
3	Transmisión de Datos (TxD)
4	Datos listos en terminal (DTR)
5	Tierra (GND)
6	Datos listos para enviar (DSR)
7	Solicitud de Envío (RTS)
8	Listo para envío (CTS)
9	Detector de Tono (RI)

2.4.3.4 Comunicación serial con el microcontrolador PIC16F84

En el entorno de los microcontroladores es posible establecer la comunicación serial, e incluso hay algunos que poseen funciones y

registros especiales para ello, tales como la familia 8X5X de Intel o PIC16F87X de Microchip, que se encargan manejar todos los aspectos relacionados a las comunicaciones asíncronas, si previamente se han definido sus parámetros. Aún, si un microcontrolador no posee implementada la opción de las comunicaciones seriales, como es el caso del PIC16F84, ésta se puede implementar conociendo el proceso de transmisión serial asíncrono.

2.4.3.5 Recepción de datos

Es importante detectar, sobre la línea que recibe los datos, el bit de arranque, bien sea a través de interrupciones, o bien a través de la lectura frecuente de la línea de transmisión. En ambos casos, lo recomendable es que después de detectado el bit de arranque, la lectura de cada uno de los bits se realice en la mitad del bit, como puede observar en la figura 7.

Figura 7. Lectura de los bits de datos

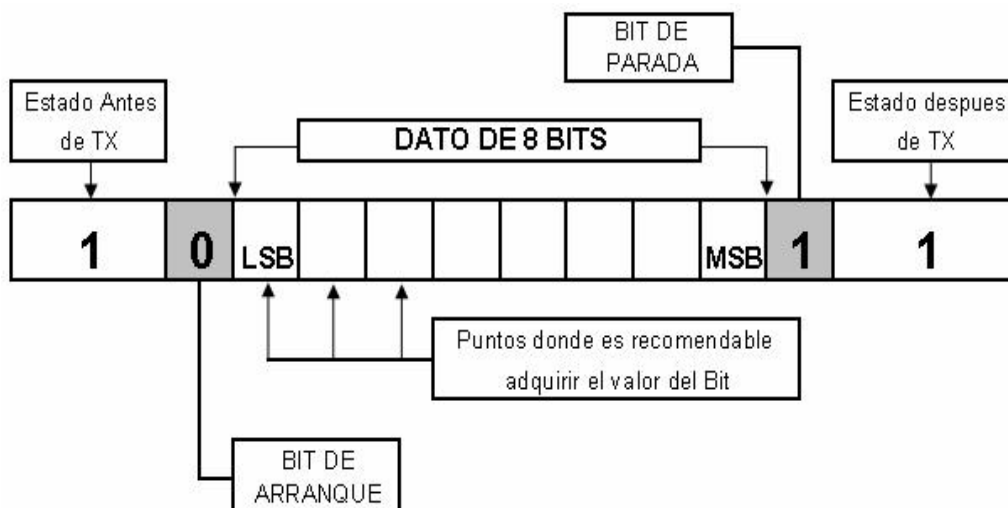
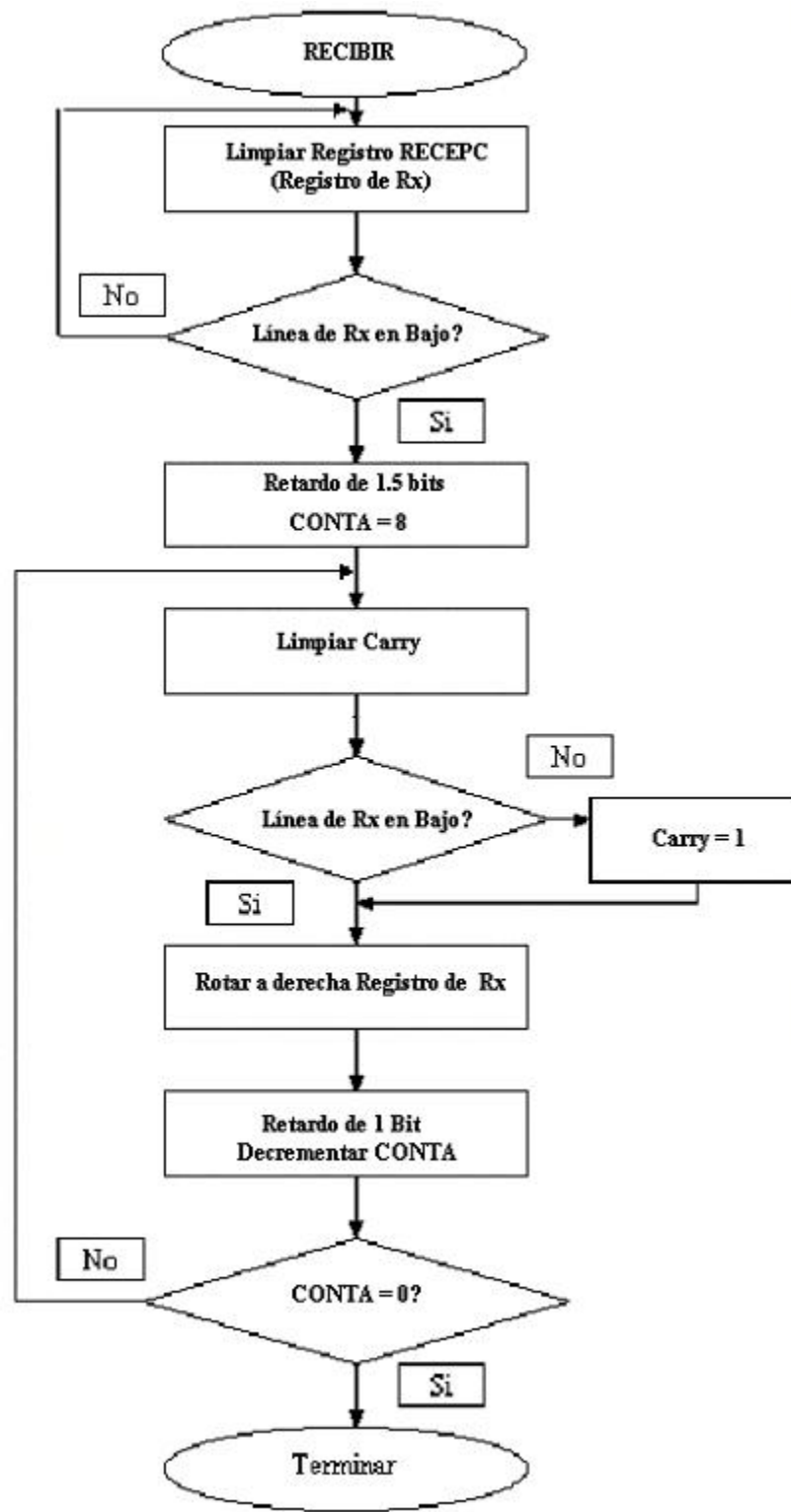


Figura 8. Diagrama de flujo de la rutina de recepción serial



Con el microcontrolador se pueden utilizar las interrupciones, dando mayor eficiencia al sistema. Como el microcontrolador PIC16F84 no posee rutinas ni registros propios para comunicación serial, como ocurre con la familia PIC16F87X, fue necesario implementar una rutina que permita efectuar la recepción serial. En el programa, el dato recibido se almacena en un registro de la RAM, al que se ha denominado RECEPC; en el circuito, se utilizó el pin RA0 como línea de recepción de datos.

La rutina para recepción serial es:

```

RECIBIR      CLRF      RECEPC      ; Registro de RX = 0
              BTFSC    PORTA,0    ; RA0 = 0?
              GOTO     RECIBIR    ; Si no, salta
              CALL     UNOYMED    ; Si RA0 = 0, espera 1.5 bits
              MOVLW    08H        ; Bits a recibir
              MOVWF    CONTA
RNEXT        BCF      STATUS,C    ; Limpiar Carry (Carry = 0)
              BTFSC    PORTA,0    ; Se recibió un 0
              BSF      STATUS,C    ; si no, Carry = 1
              RRF      RECEPC     ; Rota a derecha Registro RX
              CALL     UN_BIT     ; espera un bit
              DECFSZ   CONTA      ; Bits por recibir
              GOTO     RNEXT     ; Siguiente bit
              RETURN

```

Como se desea transmitir a 2400 baudios, es decir, 2400 bits por segundo; se debe calcular el tiempo requerido para 1 bit y 1.5 bits.

$$\text{Tiempo de 1 Bit} = \frac{1}{2400} = 416 * 10^{-6} \text{ seg} = 416 \mu\text{s}$$

$$\text{Tiempo de 1.5 Bit} = 1.5 * 416\mu\text{s} = 624\mu\text{s}$$

Como la frecuencia del cristal seleccionado es de 4MHz. El tiempo que tarda en ejecución 1 ciclo de máquina es de 1μs. Este valor se calcula de la siguiente forma:

$$1 \text{ Ciclo de máquina} = 4 \text{ ciclos de reloj} = 4 \text{ periodos de Frec. Oscilador}$$

$$1 \text{ Ciclo de máquina} = \frac{4}{4\text{MHz}} = \frac{4}{4 * 10^6} = 1\mu\text{s}$$

Como se requiere generar retardos de 416 μs y 624 μs, se debe implementar un procedimiento de espera utilizando el tiempo correspondiente a 5 ciclos de máquina, proceso que se debe repetir un número determinado de veces según el retardo deseado.

$$415\mu\text{s} = 1\mu\text{s} * 5 * 83 \quad ; \text{ 5 ciclos de máquina, 83 veces}$$

$$625\mu\text{s} = 1\mu\text{s} * 5 * 125 \quad ; \text{ 5 ciclos de máquina, 125 veces}$$

La rutina que permite generar los retardos de un bit y 1.5 bits a una velocidad de 2400 baudios es la siguiente: (en el recuadro se resalta los ciclos de máquina necesarios para el retardo)

UNOYMED	MOVLW	.125	; Retardo a 1.5 bits
	GOTO	STARTUP	
UN_BIT	MOVLW	.83	; Retardo a 1 bit
STARTUP	MOVWF	RETARD	
REDO	NOP		; Duración : 1 ciclo de Maq.
	NOP		; Duración : 1 ciclo de Maq.
	DECFSZ	RETARD	; Duración : 1 ciclo de Maq.
	GOTO	REDO	; Duración : 2 ciclos de Maq.
	RETURN		

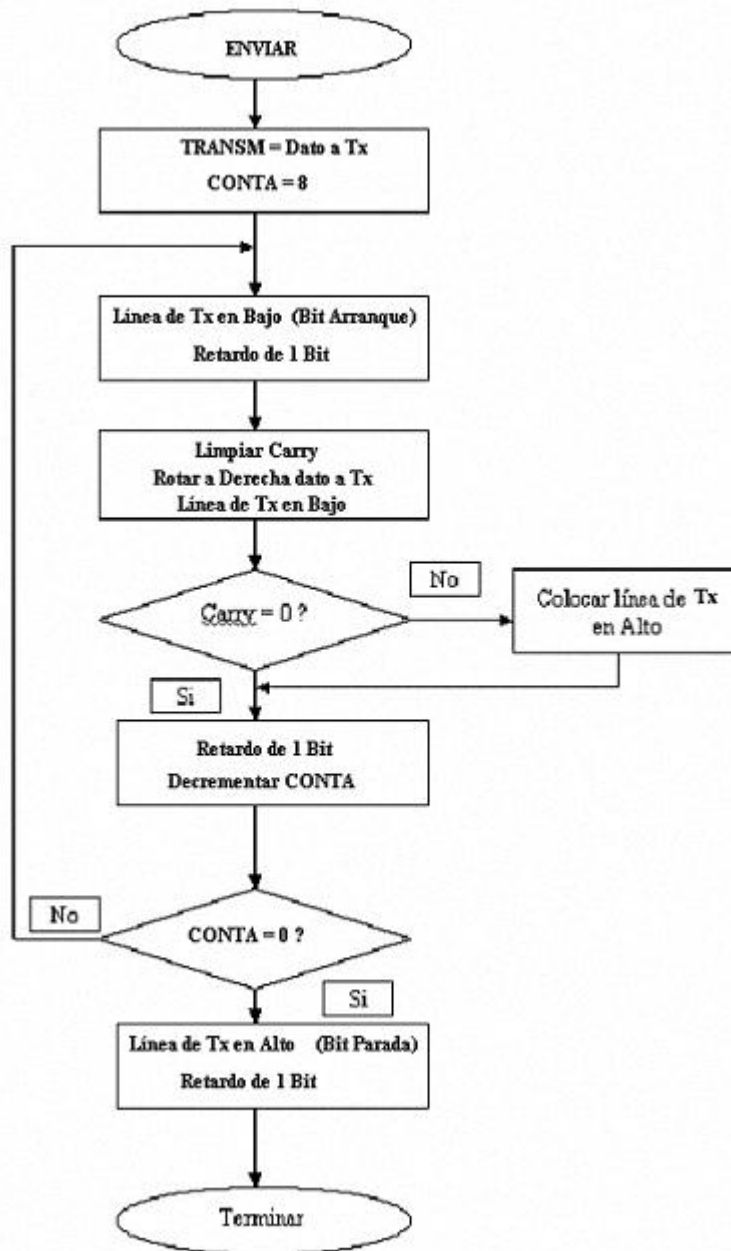
2.4.3.6 Transmisión de datos

Para transmitir serial y asincrónicamente, además del dato, se necesita la generación adicional del bit de arranque (un "cero" lógico) y el de parada (un "uno" lógico); el bit de paridad es opcional. Este proceso se ilustra en el diagrama de flujo de transmisión serial y el programa respectivo para el microcontrolador, tal como se muestra en la figura 9.

La rutina para transmisión serial es:

```
ENVIAR      MOVWF    TRANSM    ; TRANSM = Dato a TX
            MOVLW    08H
            MOVWF    CONTA    ; 8 Bits a Transmitir
            BCF     PORTA,1    ; Línea de Tx en bajo
            CALL    UN_BIT    ; Retardo de 1 bit
XNEXT      BCF     PORTA,1    ; RA1 = 0
            BCF     STATUS,C    ; Limpiar carry
            RRF     TRANSM    ; Rota a derecha dato a Tx
            BTFSC   STATUS,C    ; el bit a TX es 0?
            BSF     PORTA,1    ; si no, RA1 = 1
            CALL    UN_BIT    ; Retardo de 1 bit
            DECFSZ  CONTA    ; Bits por transmitir
            GOTO    XNEXT    ; Siguiente bit
            BSF     PORTA,1    ; Bit de parada, RA1 = 1
            CALL    UN_BIT    ; Retardo de 1 bit
            RETURN
```

Figura 9. Diagrama de flujo de la rutina de transmisión serial



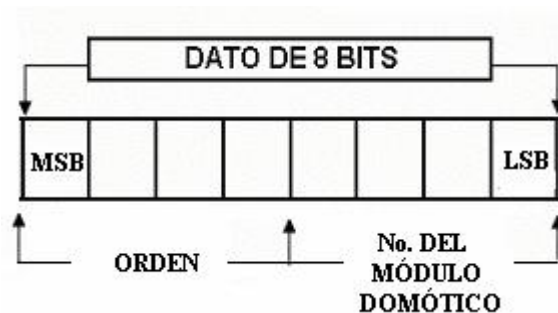
En este caso, el dato a transmitir debe estar en un registro de la RAM al que se ha denominado TRANSM. Igualmente, se utilizó en el microcontrolador el pin RA1 como línea de transmisión de datos.

Los cuatro bits menos significativos corresponden al número de identificación del módulo (numerando los módulos de 1 a 15, el 0 no se utiliza por ser valor neutro en casos como cambio ángulo de disparo). Los cuatro bits más significativos corresponden a la orden que se desea ejecutar. En la tabla 1 se muestra el listado de órdenes, con su respectivo código y función.

Tabla 1. Listado de órdenes ejecutadas por el módulo domótico

ORDEN	CÓDIGO	FUNCIÓN
0	0000	NO HACE NADA "COMODIN"
1	0001	DIMMER
2	0010	VERIFICAR ESTADO DEL SENSOR (ACTIVO O NO)
3	0011	ON OFF
4	0100	CABIAI CONFIGURACION INTERRUPTOR - DIMMER
5	0101	CAMBIAR EL NUMERO DEL MODULO EN EEPROM
6	0110	LEER EL NUMERO DEL MODULO
7	0111	VERIFICAR ESTADO DE LA COMUNICACION
8	1000	LEER CONFIGURACION DEL MODULO
9	1001	HABILITAR Y DESHABILITAR SALIDAS

Figura 10. Protocolo de Comunicación



Cuando la función que se desea ejecutar es la función Dimmer, es necesario enviar una trama adicional de ocho bits distribuidos de la siguiente forma:

Figura 11. Trama adicional enviada al módulo domótico cuando se desea establecer un nuevo ángulo de disparo

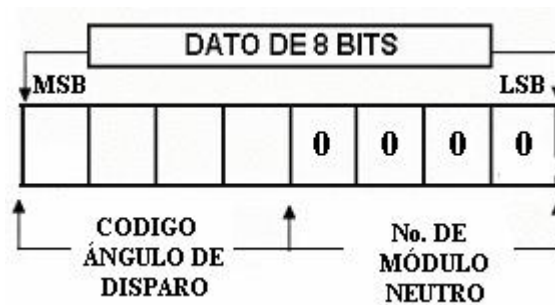


Tabla 2. Listado de códigos según el ángulo de disparo deseado

CÓDIGO	ÁNGULO DISPARO
0000	0
0001	12
0010	24
0011	36
0100	48
0101	60
0110	72
0111	84
1000	96
1001	108
1010	120
1011	132
1100	144
1101	156
1110	168
1111	180

Los cuatro bits menos significativos tendrán valor cero, equivalente al número de identificación neutro del módulo domótico. Los cuatro bits más significativos tomarán valores entre 0000 y 1111, haciendo referencia al ángulo de disparo deseado tal como se muestra en la figura 11 y en la tabla 2.

La comunicación con el PC es serial asíncrona, el protocolo de comunicación es RS-232/485, transmitiendo a 2400 baudios, 8 bits de datos, sin paridad, y con un bit de parada.

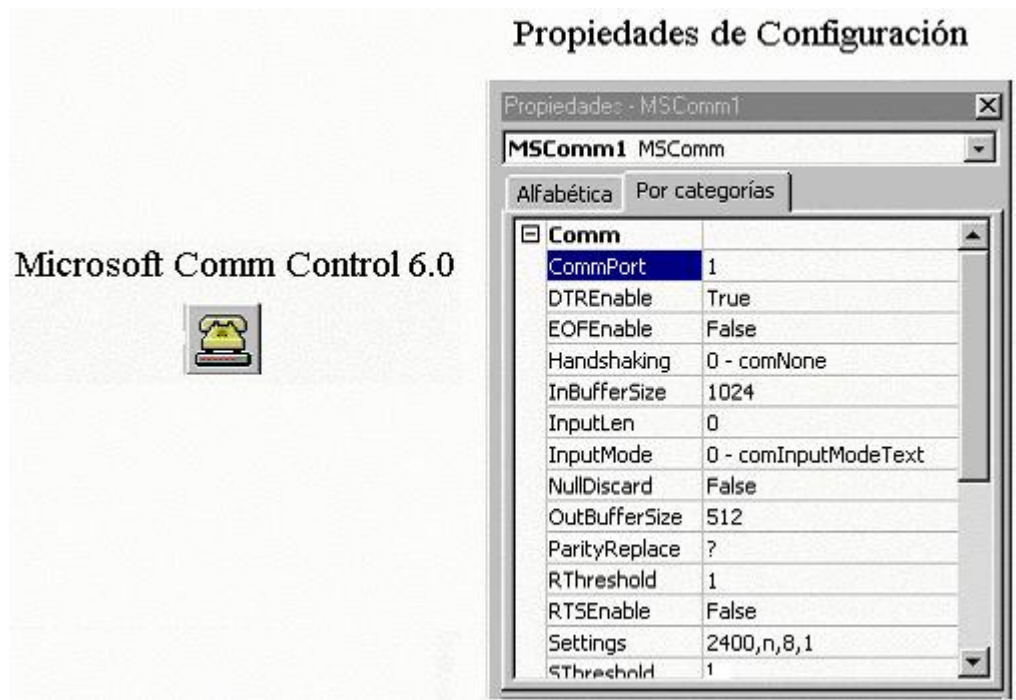
Como se requiere de una interfase que permita convertir los niveles RS-232 a niveles RS-485. En el proyecto se utilizó el MAX232 como un integrado que permite convertir los niveles RS-232 a niveles TTL, y el integrado SN75176, que permite la conversión de niveles TTL a niveles RS-485.

El SN75176, es un integrado fabricado por Texas Instrument, y permite configurarse como transmisor o como receptor, siendo necesario la implementación de dos integrados de este tipo, configurados como transmisor y receptor respectivamente, empleando como medio físico de transmisión cable UTP sin blindaje (según recomendaciones de la Texas Instrument); el esquema final de esta interfase se ilustra en la figura 12.

La explicación de la lógica de transmisión y recepción serial ya fueron expuestas con anterioridad, por ello solamente se explicará la implementación de este control y sus respectivas rutinas.

En la figura 13, se pueden observar las propiedades principales para la configuración del control activeX. El significado de cada una de ellas es el siguiente:

Figura 13. Configuración del Control para comunicación serial con Visual Basic



CommPort : Indica que puerto serial se desea utilizar para la comunicación. Cuando se asigna el valor 1 corresponde al COMM1 y así sucesivamente.

InputMode : El tipo de los datos recuperados por la propiedad Input esta determinado por el valor de esta propiedad, que puede tomar alguno de los valores indicados en la tabla 3.

Tabla 3. Valores posibles de la propiedad InputMode

CONSTANTE	VALOR	DESCRIPCION
comInputModeText	0	(Predeterminado) Los datos se recuperan como texto Mediante la propiedad Input
comInputModeBinary	1	Los datos se recuperan como datos binarios mediante la propiedad Input

Handshaking : Constante de protocolos indicados en la tabla 4.

Tabla 4. Opciones de la propiedad Handshaking

CONSTANTE	VALOR	DESCRIPCION
ComNone	0	Sin Protocolo
ComXonXoff	1	Protocolo XON/XOFF
ComRTS	2	Protocolo RTS/CTS (Petición de envío/preparado para enviar)

RThreshold : Si toma el valor de 0 desactiva la posibilidad de detectar en que momento se recibe algún dato, si toma el valor de 1 lo activa.

SThreshold : Si toma el valor de 0 desactiva la posibilidad de enviar algún dato, si toma el valor de 1 lo activa.

Settings : Esta propiedad permite configurar el modo en el cual se van a enviar los datos serialmente en el siguiente orden:

- Velocidad de transmisión : Puede tomar valores de 1200, 2400, 4800, 9600, 14400 baudios.

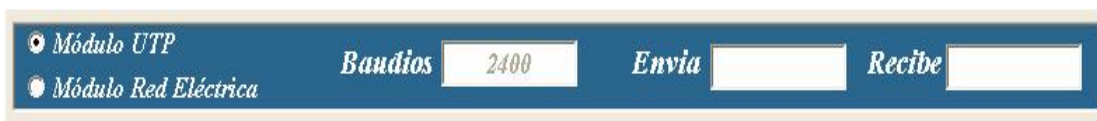
- Cantidad de bits de datos : Se pueden considerar dos opciones ya sean 8 o 9 bits de datos.
- Paridad : Configura si se desea considerar en la transmisión paridad o no, si lo desea coloca "s", de lo contrario "n".
- Bits de Parada : Si transmite 8 bits de datos se puede o no colocar un bit de parada, de lo contrario no se puede por la longitud del buffer de transmisión.

Considerando lo anterior, como en el proyecto se utilizó una transmisión a 2400 baudios, 8 bits de datos, sin paridad y un bit de parada, en la propiedad Settings se coloca lo siguiente:

Settings = 2400,8,n,1

En la figura 14, se muestra la ventana de comunicación con el programa principal, en la cual el usuario selecciona el tipo de módulo con el que desea comunicarse, visualizándose en el campo "Baudios", la velocidad actual de comunicación y en los campos "Envía" y "Recibe" el valor numérico del dato correspondiente a la trama enviada por el PC y la respuesta enviada por el módulo domótico respectivamente.

Figura 14. Ventana de comunicación del programa principal con el módulo domótico



2.4.3.8 Rutinas para transmisión y recepción con Visual Basic

A continuación se ilustran las rutinas para la transmisión y recepción serial con Visual Basic.

RUTINA PARA RECEPCIÓN

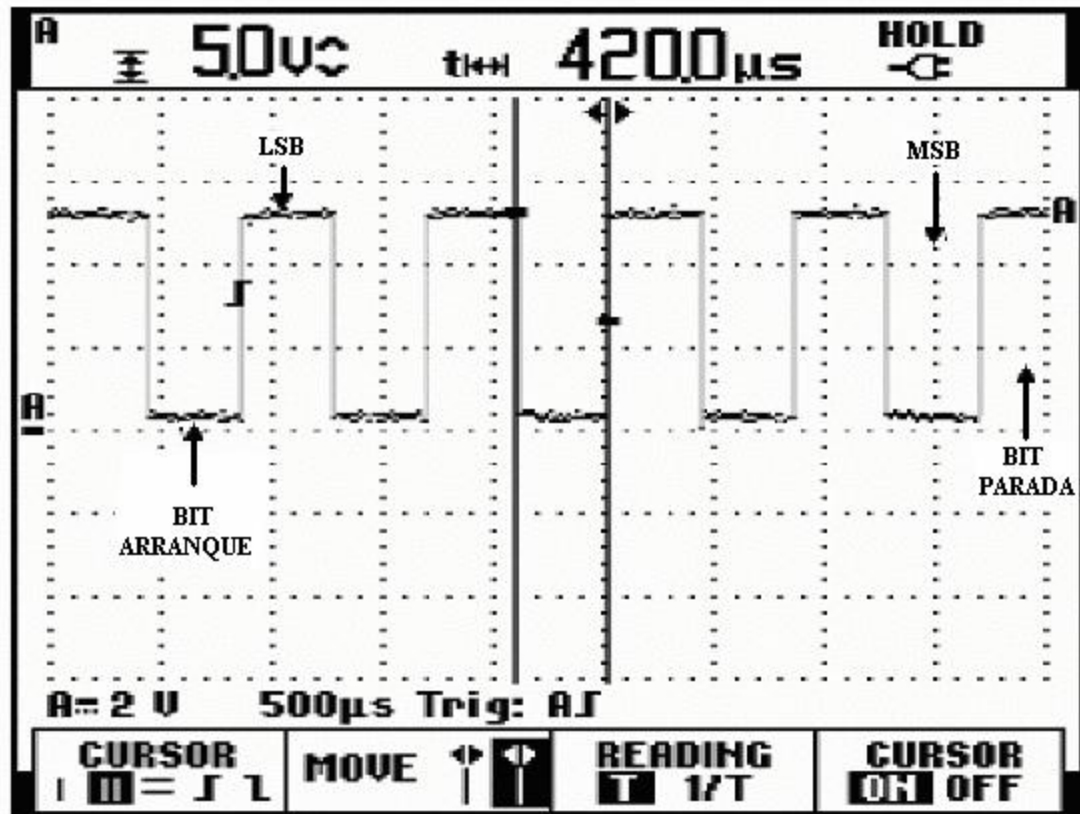
```
Private Sub MSComm1_OnComm()           ; Ocurrió algún evento
Dim DatoPIC as Variant
Select Case MSComm1.CommEvent
Case comEvReceive                       ; En caso de ser Recepción
    DatoPIC = Asc(MSComm1.Input)        ; Lea el dato del Buffer
End Select
End Sub
```

RUTINA PARA TRANSMISIÓN

```
Private Sub Enviar()
Dim Dato_a_Enviar as Variant
MSComm1.Output=chr(Dato_a_Enviar)      ; Envía el dato almacenado
End Sub                                 ; en la variable.
```

La figura 15, muestra la forma de onda recibida en PIC16F84 a través del pin RA0, cuando desde el PC se envía serialmente el número 85 (01010101) a una velocidad de 2400 baudios, 8 bits de datos, un bit de parada y sin paridad.

Figura 15. Onda correspondiente al valor 85 (01010101) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 2400 baudios



Considerando que:

$$\text{El tiempo de 1 Bit} = \frac{1}{2400} = 416 * 10^{-6} \text{ seg} = 416 \mu\text{s}.$$

La figura 16, ilustra la forma de onda recibida en PIC16F84 a través del pin RA0, cuando desde el PC se envía serialmente el número 1 (00000001) a una velocidad de 2400 baudios, 8 bits de datos, un bit de parada y sin paridad.

Figura 16. Onda correspondiente al valor 1 (00000001) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 2400 baudios

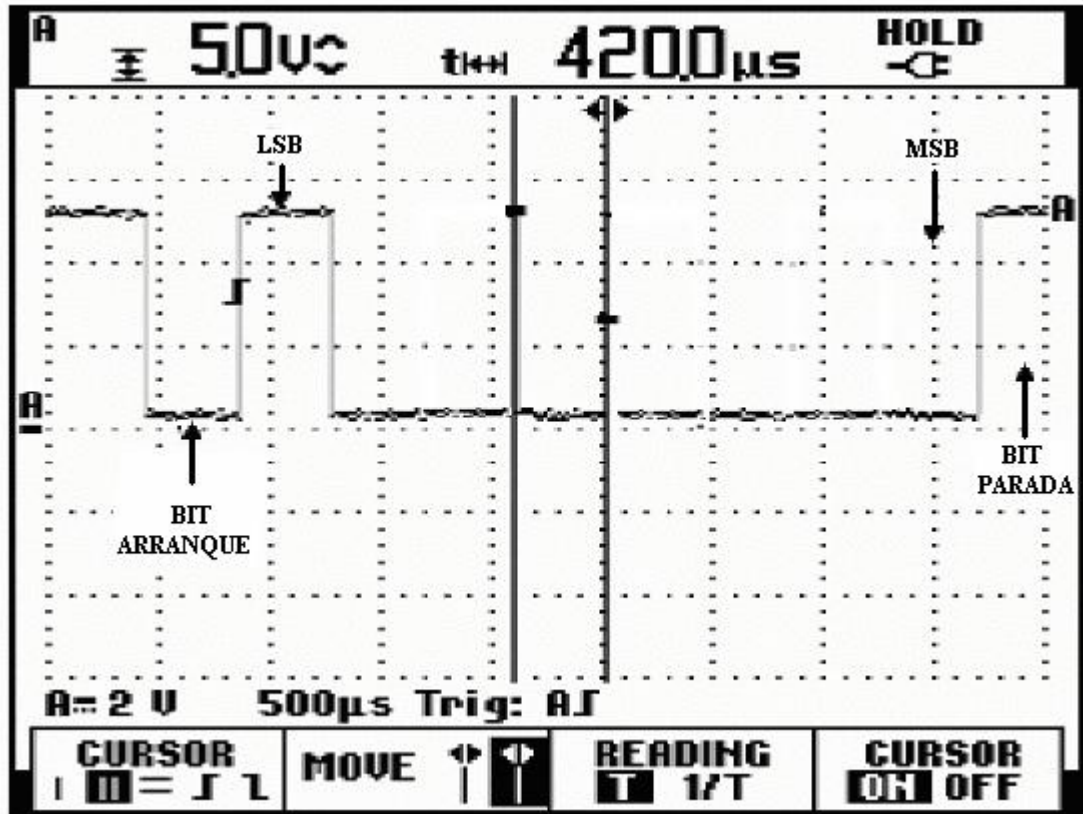
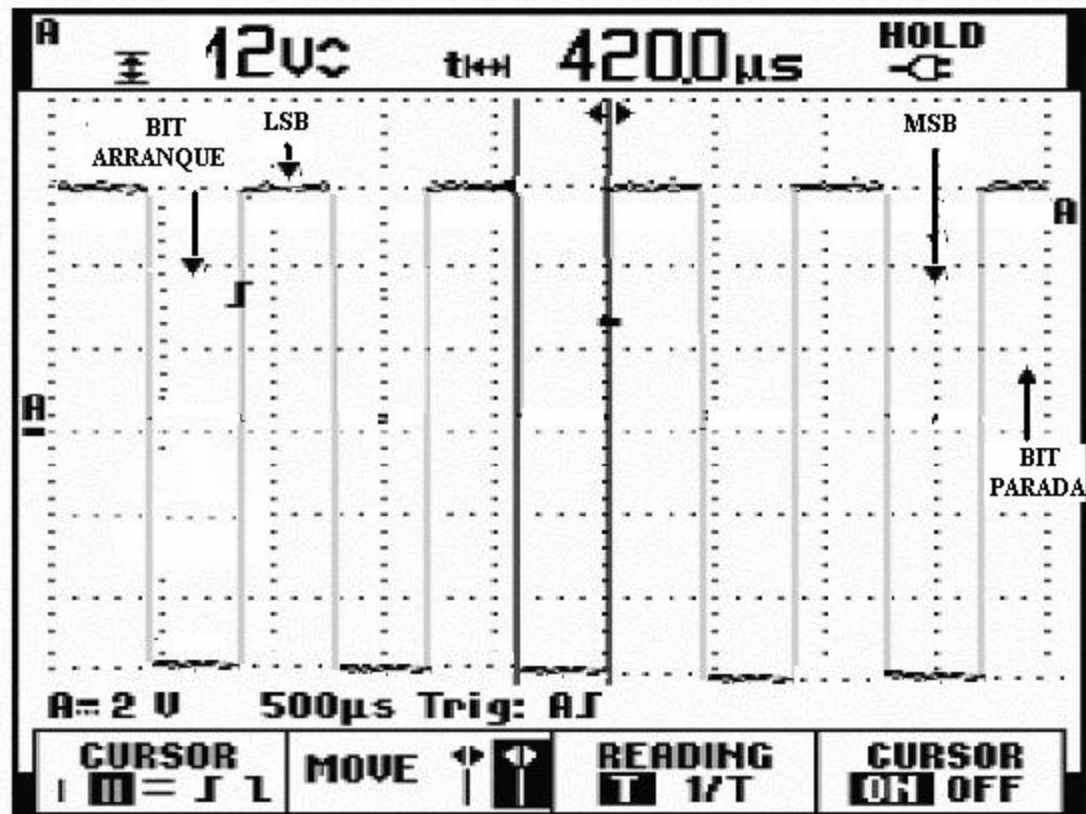


Figura 17. Onda correspondiente al valor 85 (01010101) tomada entre los terminales T+ y T- del SN75176 (RS485)



3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

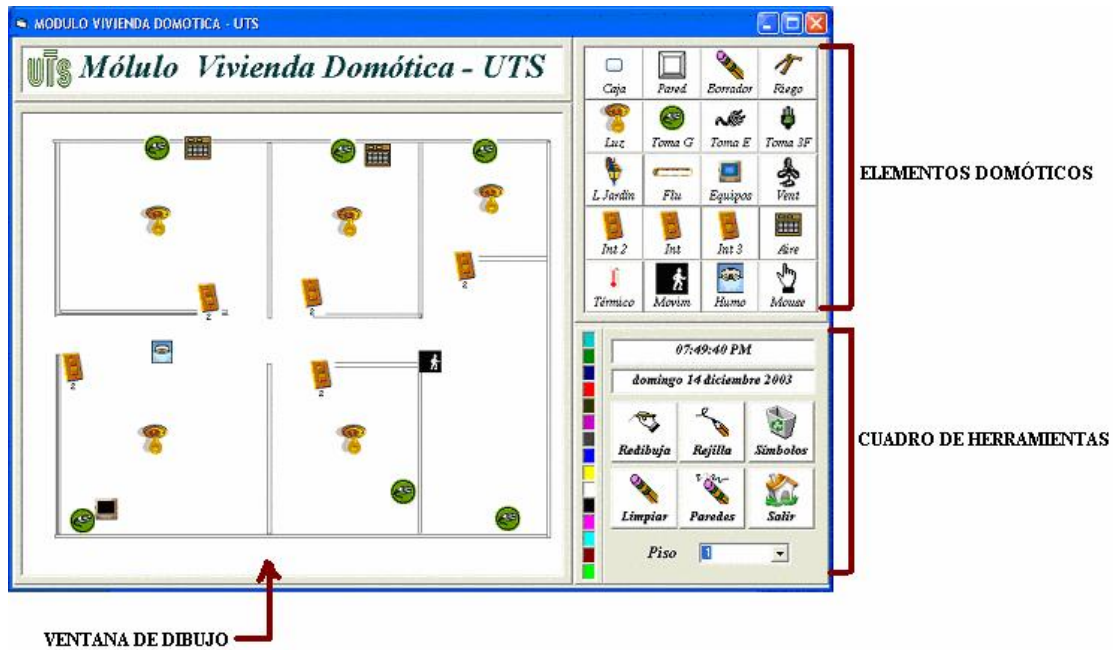
El software fue diseñado en Visual Basic 6.0 y es el encargado de realizar el control domótico, está constituido por dos formularios, uno de ellos es el formulario principal en el cual se puede construir el plano de la vivienda por plantas o pisos, con una capacidad máxima de 50 pisos. El otro formulario es el formulario de configuración de los módulos domóticos, en el cual se pueden programar las diferentes funciones de los módulos tales como horarios de funcionamiento, Dimmer, estado de los interruptores, verificación de la comunicación, habilitación de salidas de potencia y configuración de numeración del módulo. Este formulario sufre cambios o modificaciones en su apariencia según el tipo de módulo que se está trabajando.

Para comprender mejor el funcionamiento y uso del software, se explicará a continuación de manera sencilla y detallada los diferentes iconos que lo conforman describiendo su función y modo de configuración.

El formulario principal se divide en tres partes:

- ❖ Elementos domóticos
- ❖ Cuadro de Herramientas
- ❖ Ventana de dibujo residencial

Figura 18. Formulario Principal Módulo Domótico UTS



3.1 ELEMENTOS DOMÓTICOS

En este cuadro se encuentran todos los elementos necesarios para la configuración del sistema domótico.

En esta zona encontramos aquellos elementos que nos permiten dibujar el plano residencial, ilustrando paredes, lámparas incandescentes, toma corrientes, electrodomésticos, aires acondicionados, sensores de movimiento, sensores de humo, sensores de temperatura, interruptores sencillos, interruptores dobles e interruptores triples, los cuales son equivalentes a los módulos domóticos indicando cuantas salidas desean controlar como máximo. Por ejemplo, si se dibuja un interruptor doble

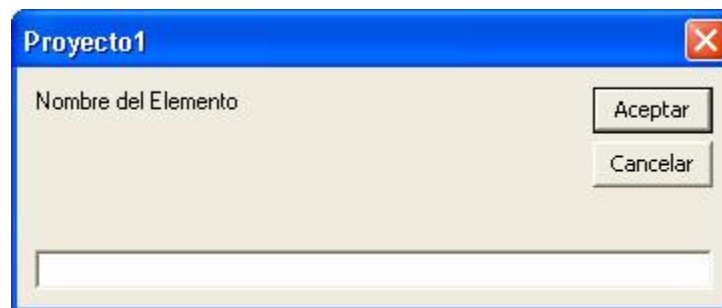
significa que el módulo al cual representa, de las tres salidas que posee solamente utilizará dos y siempre se encontrará una salida deshabilitada.

Figura 19. Cuadro de Elementos



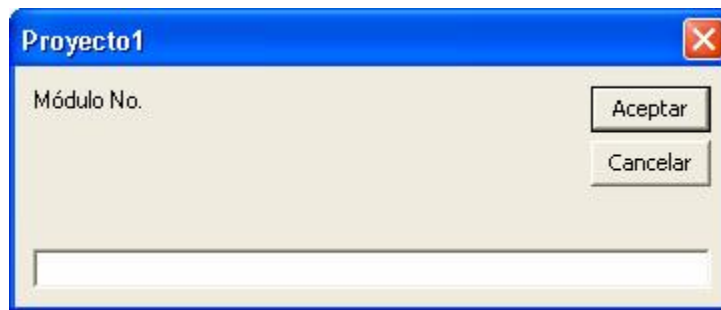
El elemento domótico seleccionado por es usuario se ubica en la ventana de dibujo (plano residencial) haciendo click con el botón izquierdo del mouse en el punto donde se desea dibujar.

Figura 20. Ventana nombre del elemento



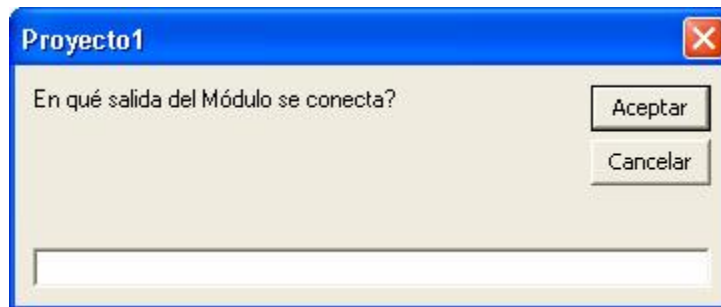
Una vez ubicado, el programa solicita el nombre con el cual el usuario identificará del elemento domótico. Preferiblemente, un nombre que corresponda con la zona de ubicación en el plano residencial.

Figura 21. Ventana número de identificación del módulo



Posteriormente, el programa solicita al usuario el número de identificación del módulo domótico que lo va a controlar y finalmente el número de la salida del módulo en la cual se conectará el elemento domótico.

Figura 22. Ventana salida de conexión del elemento domótico



La explicación del funcionamiento de cada uno de los iconos que conforman el cuadro de elementos domóticos es la siguiente:

- Caja : Permite dibujar cajas huecas sobre el plano residencial, las cuales pueden representar paredes ó regatas. Basta con seleccionar este control con el mouse y hacer click sobre los puntos superior izquierdo e inferior derecho que delimitarán la caja.



Pared : Permite dibujar bloques completos con apariencia de muros o paredes de ladrillo, los cuales pueden representar muros o bloques de construcción voluminosos. Basta con seleccionar este control con el mouse y hacer click sobre los puntos superior izquierdo e inferior derecho que delimitarán la Pared.



Borrador : Permite borrar una zona del plano residencial, eliminando siempre zona de construcción como lo son las paredes y las cajas mas no elementos como lámparas, toma corrientes y demás elementos de control. Basta con seleccionar este control con el mouse y hacer click sobre los puntos superior izquierdo e inferior derecho que delimitarán la zona a borrar.



Riego : Permite configurar un elemento de control para riego de jardín. Por ejemplo, una electro válvula.



Lámparas y Fluorescentes : Estos elementos permiten dibujar lámparas incandescentes, lámparas de jardín y fluorescentes dentro del plano residencial.



Toma corrientes : Estos elementos permiten dibujar tomacorrientes generales, especiales y trifásicas dentro del plano residencial.



Equipos : Elemento que permite controlar el encendido y apagado de equipos electrónicos.



Ventiladores : Elemento que permite controlar el encendido y apagado de ventiladores.



Aire Acondicionado : Elemento que permite controlar el encendido y apagado de aires acondicionados.


Los elementos domóticos anteriormente mencionados tales como Aire acondicionado, ventiladores, Equipos, riego y toma corrientes, son representaciones de algunos elementos presentes en cualquier vivienda, esto no significa que necesariamente el elemento domótico dibujado represente fielmente el elemento que controla. Por ejemplo, en un dibujo residencial se puede tener la representación de un tomacorriente sencillo y realmente está controlando el encendido y apagado de una grabadora lo cual sería un "equipo" electrónico. Esto sucede debido a que la única función de los elementos mencionados es ON/OFF ya sea en forma manual o programada.



Sensores : Permiten dibujar sensores de temperatura, de movimiento y de humo respectivamente dentro del plano residencial. Cuando cualquiera de estos elementos es seleccionado, se debe configurar el nombre del elemento y el número del módulo domótico al cual se encuentra conectado. Se debe tener en cuenta que en estos tres elementos no se solicita al usuario la salida a la que se conectan, debido a que los sensores solo pueden ser conectados en dos bornes del módulo domótico independientes de las salidas de potencia dedicados exclusivamente para tal fin.



Interruptores : Estos elementos representan interruptores sencillos, dobles y triples. A su vez son equivalentes a los módulos domóticos. En ellos es donde se efectúa la configuración especial de funciones como Dimmer, programación de horarios para encendido y apagado de elementos domóticos, monitoreo de sensores y habilitación de salidas de manera independiente. La diferencia entre estos interruptores radica en el número máximo de salidas a utilizar. Por ejemplo, si se dibuja un interruptor doble, éste solamente podrá como máximo manipular de manera independiente dos de las tres salidas que posee, permaneciendo la tercer salida inactiva e imposible de habilitar por parte del usuario ya que en todo momento se encontrará inhabilitada.

Una de las características que posee el módulo domótico, es que se puede efectuar la función ON/OFF en forma manual o por medio del PC. La forma para hacerlo desde el PC, es simplemente haciendo click sobre el boton  "Encender/Apagar" del formulario de configuración del módulo domótico explicado en detalle mas adelante. Y, en forma manual presionando un pulsador externo presente en el módulo domótico. Si se presiona una vez el pulsador y el elemento domótico se encuentra apagado, éste encenderá. Pero, si se encuentra encendido, el elemento domótico se apagará. En ambos casos se reflejará su nueva condición en el software de control.





Mouse : Elemento que permite seleccionar elementos dibujados sobre el plano residencial y visualizar el formulario de configuración para el elemento seleccionado.


3.2 CUADRO DE HERRAMIENTAS


Figura 24. Cuadro de herramientas




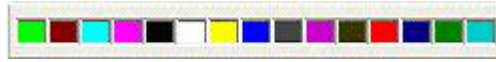
 Redibujar : Es una opción que permite como su nombre lo indica, redibujar el plano residencial cuando se requiera. Por ejemplo, cuando se han efectuado modificaciones y se desea visualizar su estado actual.

 Rejilla : Esta opción permite dibujar una rejilla en la ventana de dibujo residencial, facilitando la ubicación de elementos y dibujo de paredes y cajas con mejor resolución y detalle.

 Símbolos : Este botón permite borrar todos los elementos domésticos del plano residencial.

 Paredes : Este botón permite borrar todas las paredes del plano residencial.

 Limpiar : Este botón permite borrar todos los elementos domóticos y paredes del plano residencial.



Barra de Colores : Esta barra permite seleccionar el color deseado para el dibujo de cajas y paredes en el plano residencial. Basta con hacer click sobre el color de interés y posteriormente seleccionar el icono de pared o caja para dibujar.



3.3 FORMULARIO DE CONFIGURACIÓN DE UN MÓDULO DOMÓTICO

Figura 25. Formulario de Configuración de Elementos




Para comprender mejor la forma de configurar un módulo domótico, se ilustrará a continuación cada una de las ventanas que componen este formulario.

Figura 26. Información General del Módulo

 <i>Modificar</i>	<i>Número del Módulo</i>	<input type="text" value="1"/>
 <i>Actualizar</i>	<i>Nombre del Elemento</i>	<input type="text" value="MI"/>
	<i>Tipo de Elemento</i>	<input type="text" value="MODULO"/>
	<i>Piso</i>	<input type="text" value="1"/>

En la figura 26 se muestra la información básica del módulo como el nombre del elemento, número del módulo, tipo de elemento y piso en el que se encuentra. Cuando se pulsa la opción modificar, permite solamente cambiar la información correspondiente al nombre del módulo y el piso en el que se encuentra.

Figura 27. Cambio de número de identificación del Módulo

 <i># Módulo</i>	<i>Nuevo Número del Módulo</i>	<input type="text"/>
--	--------------------------------	----------------------

Si se desea cambiar el número que identifica al módulo domótico, se debe ubicar el usuario en la ventana correspondiente a la figura 27. En la cual se escribe el nuevo número de identificación del módulo, seguido de "enter" o hacer click en el botón "#Módulo".

Figura 28. Ventana de Configuración de función Dimmer y monitoreo de Sensores



La ventana mostrada en la figura 28, permite habilitar y deshabilitar las funciones de Dimmer y detección de estado del sensor (Activado o Desactivado) conectado al módulo domótico.

Cuando se habilita la opción Dimmer, el control de tensión suministrado a la carga (Min = 0% de tensión, Máx. = 100% de tensión), se debe efectuar utilizando el deslizador que se muestra en la figura 29.

Figura 29. Deslizador para control de tensión suministrada a la carga



Cuando se habilita la función "Verificar Estado", se activa en el módulo el monitoreo del sensor. Por ejemplo, supongamos que se trata de un sensor de movimiento, el cual posee internamente un relé que en condiciones de no detección de intrusos, mantiene su estado en OFF. Cuando el sensor detecta movimiento en el recinto, el relé interno cambia de estado, reflejando este cambio en el estado de sus contactos, provocando un cambio de nivel de tensión en el módulo domótico, el cual a su vez le indica al PC este cambio y el software activa una señal sonora

describiendo este evento. Para el caso, la reproducción de un mensaje "¡Alerta!, Se ha detectado la presencia de un intruso" además de una señal visual, cambiando de color el elemento que representa al sensor activado.

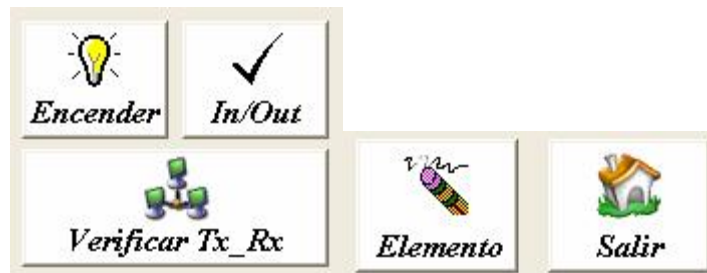
Figura 30. Ventana para habilitación de salidas




En la figura 30, se muestra la ventana que permite habilitar y deshabilitar las salidas controladas por los triacs que gobiernan la parte de potencia.

Opciones complementarias:

Figura 31. Opciones complementarios



 Encender : Botón que permite ejecutar las funciones de ON/OFF en el módulo domótico.

✓ In/Out : Opción que permite hacer efectiva la habilitación y deshabilitación de salidas en el módulo.



Verificar Tx_Rx : Esta opción permite verificar el estado de comunicación entre el PC y el módulo domótico. Cuando esta opción es seleccionada el PC envía al módulo a configurar la orden 7 y queda en espera de que el módulo domótico le envíe una trama correspondiente al número 170, trama que corresponde en binario al valor 10101010. Si este número es recibido por el PC en forma correcta indicará que los 8 bits de datos son tomados en los instantes correctos y que no hay errores en la comunicación.



Elemento : Botón que permite borrar el elemento domótico seleccionado del plano residencial.



Salir : Volver al formulario principal.

Figura 32. Ventana de programación de horario ON/OFF

Programar Horario

Horario

Hora de Encendido

[] : [] : 00 [v]

Hora de Apagado

[] : [] : 00 [v]

Días:

- Lunes
- Martes
- Miercoles
- Jueves
- Viernes
- Sabado
- Domingo

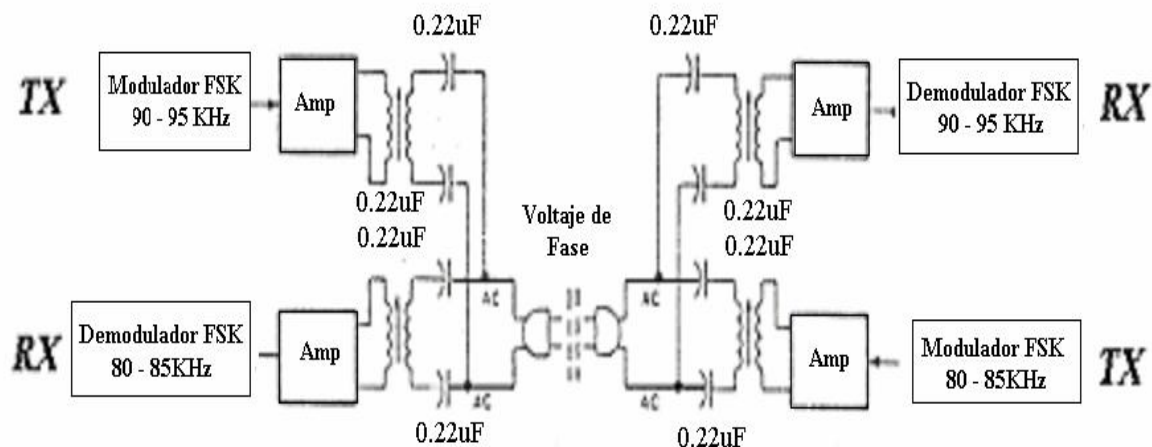
En la figura 32, se muestra la ventana de configuración de horario On/Off de las salidas del módulo domótico, indicando la hora de encendido, la hora de apagado y se selección de los días en que se utilizará este horario. Se debe tener en cuenta que para habilitar esta función, se debe seleccionar la opción "Programar horario".

4. COMUNICACIÓN DE DATOS POR RED ELÉCTRICA

La red eléctrica es en algunos aspectos semejante a una línea telefónica. Se puede enviar datos a través de la línea usando modulación FSK, tal como se hace en un MODEM. Para efectuar la comunicación, esta señal modulada en FSK debe superponerse a la señal existente en la red eléctrica, la característica principal es que la frecuencia de la señal modulada debe tener una frecuencia que sea igual ó superior a los 20KHz, dato que fue obtenido experimentalmente en el laboratorio, empleando el osciloscopio y un generador de señales.

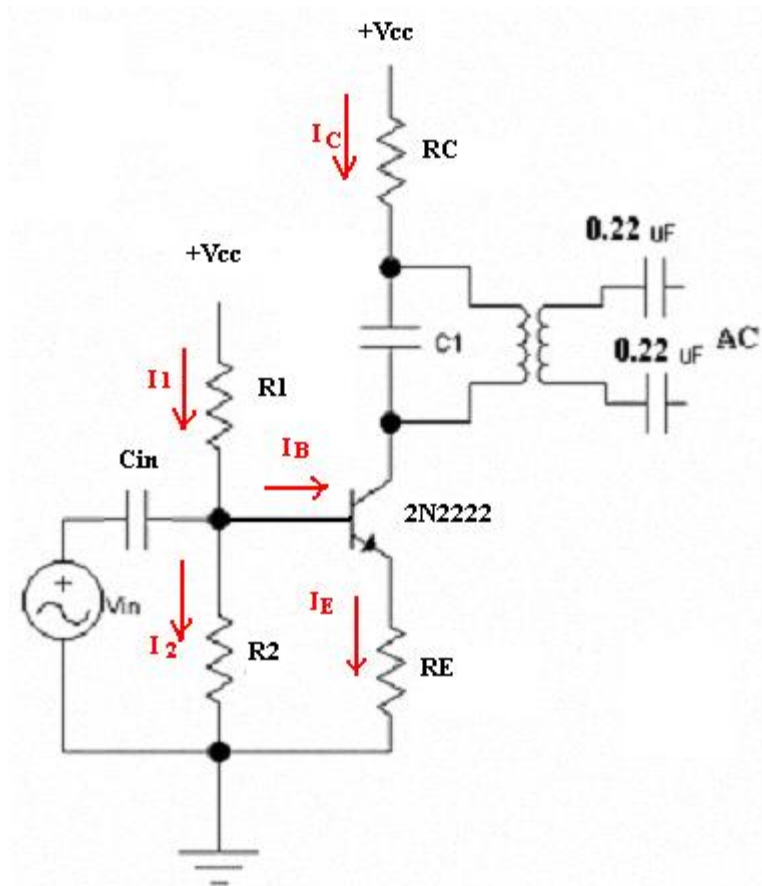
La señal transmitida es filtrada en cada módulo, eliminándose la frecuencia de 60 Hz perteneciente a la red eléctrica y otras señales de ruido existentes, para luego ser amplificada y demodulada en FSK, para la obtención de la señal original. El diagrama de bloques que representa el proceso se muestra en la figura 33.

Figura 33. Esquema de comunicación full-duplex por red eléctrica



4.1 ANÁLISIS DEL AMPLIFICADOR

Figura 34. Circuito amplificador y acople con la red eléctrica



El acople con la red eléctrica se efectuó utilizando un transformador de frecuencia intermedia referencia 22306 amarillo, el cual posee un valor de inductancia de 0.1mH. Este transformador fue acoplado capacitivamente con dos condensadores de valor 0.22 μ F, con los cuales se obtuvo la mejor respuesta, tal como se muestra en la figura 34. Este circuito presenta doble función. La primera función es como amplificador para señales

pequeñas y la segunda como filtro pasa banda, permitiendo el paso de la señal modulada y filtrando el paso de la señal perteneciente a la red eléctrica. A este circuito se le conoce como Amplificador Sintonizado.

A continuación se describe el diseño del amplificador sintonizado que cumple con los siguientes parámetros:

Ganancia de Voltaje : $A_v = 1$

Voltaje de entrada : $V_{in} = 1V_{pp}$

Frecuencia Central : $F_o = (85KHz+95KHz)/2=87.5KHz$

Corriente de Colector : $I_c = 35mA$

HFE del Transistor BJT referencia 2N2222 : $\beta = 150$

Procedimiento de Diseño : (Ver figura 34)

Sea $R_C = R_E = 100\Omega$, valores establecidos

Cálculo del voltaje en la resistencia de Colector

$$VR_C = I_C * R_C = 35mA * 100 = 3.5V \approx VR_E$$

Se debe tener en cuenta para el diseño que $V_{CE} \geq VR_E$, para calcularlo se plantea la siguiente ecuación de malla:

$$V_{CC} = VR_E + V_{CE} + VR_C \approx 2 * VR_C + V_{CE}$$

$$V_{CC} = 12 = (2 * 3.5) + V_{CE} \rightarrow V_{CE} = 12 - 7 = 5V$$

Como criterio de diseño se considera $V_{BE} = 0.6V$

$$VR_2 = VR_E + V_{BE} = 3.5 + 0.6 = 4.1$$

$$VR_1 = V_{CC} - VR_2 = 12 - 4.1 = 7.9V$$

Para calcular la corriente de base, se aplica la siguiente ecuación:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta(\text{medido})} = \frac{35mA}{150} = 0.23mA$$

Por criterio de diseño se puede considerar que:

$$I_1 = 11 * I_B = 2.56mA$$

$$I_2 = 10 * I_B = 2.3mA$$

Por lo tanto, para calcular los valores de R1 y R2 se aplican las siguientes expresiones:

$$R_1 = \frac{VR_1}{I_1} = \frac{7.9V}{2.56mA} = 3085\Omega \approx 3K\Omega$$

$$R_2 = \frac{VR_2}{I_2} = \frac{4.1V}{2.3mA} = 1.78K\Omega \approx 1.8K\Omega$$

Para calcular la impedancia de entrada del amplificador, es necesario calcular la resistencia interna presente entre los terminales base-emisor (r_e), utilizando la siguiente expresión:

$$r_e = \frac{25mV^{(1)}}{I_C} = \frac{25mV}{35mA} = 0.71\Omega$$

¹ SEDRA, Adel. Circuitos Microelectrónicas, New York, Ed. OXFORD, Pág. 262.

Reemplazando, se obtiene que:

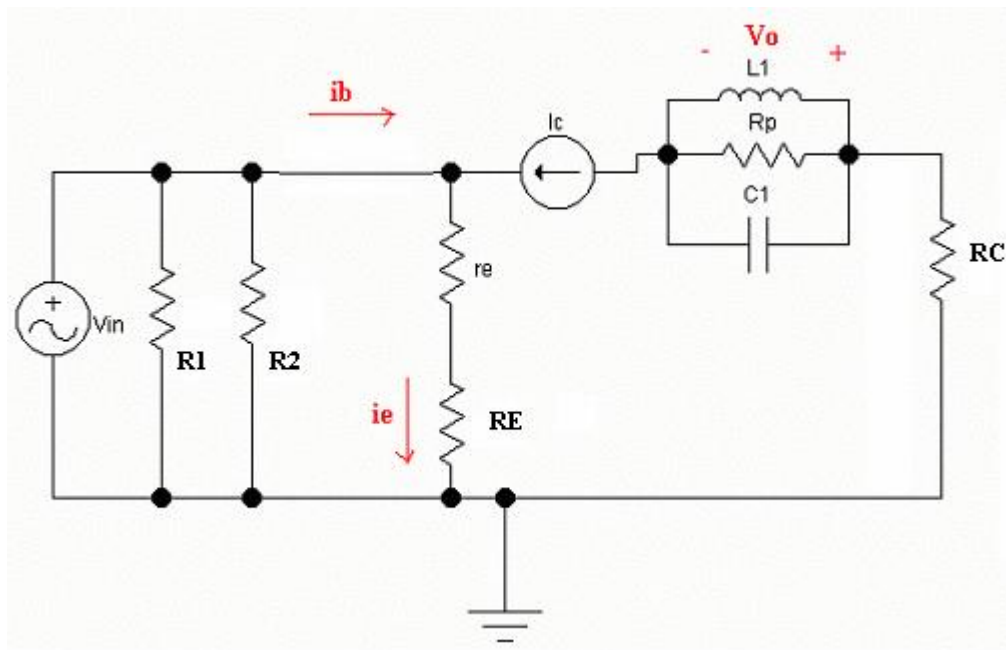
$$Z_{in}(base) = \beta(medido) * (r_e + R_E) = 150 * (0.71 + 100) = 15.1K\Omega$$

$$Z_{in} = R_1 // R_2 // Z_{in}(base) = 3K // 1.8K // 15.1K = 1046\Omega \approx 1K\Omega$$

Para calcular el condensador de acople, se utiliza la siguiente expresión:

$$C_{in} = \frac{1}{2 * \pi * F_o * Z_{in}(base)} = \frac{1}{2 * \pi * 87.5 * 10^3 * 10^3} = 1.8nF$$

Figura 35. Circuito equivalente del Amplificador Sintonizado en análisis de AC usando el modelo híbrido de un BJT.



El circuito que se muestra en la figura 35, es el circuito equivalente del amplificador sintonizado analizado en función de AC, utilizando el modelo híbrido de un transistor BJT.

Sea :

$$R1 = 1.8K\Omega$$

$$R2 = 3K\Omega$$

$$RE = RC = 100\Omega$$

$$C1 = 33nF$$

$$L = 0.1mH$$

Rp = Resistencia de la inductancia en modelo paralelo

Calculando la impedancia del circuito tanque se obtiene que:

$$Z_1 = L // C_1 // R_p = \frac{S}{C_1 \left[S^2 + S \frac{1}{R_p C_1} + \frac{1}{L C_1} \right]}$$

NOTA:

Hay que considerar que Rp es la resistencia que representa las pérdidas por inductor y está dada por:

$$R_p = \omega_0 * L * Q_0^{(1)}$$

Donde Qo es un factor de calidad que puede tomar valores entre 50 y 200.

El Voltaje de salida será igual a:

$$V_o = i_c * Z_1 = \beta * i_b * Z_1$$

¹ SEDRA, Adel. Circuitos Microelectrónicas, New York, Ed. OXFORD, pag 950.

Para calcular i_b (Corriente de base), efectuamos una malla y obtenemos que:

$$V_{in} + (r_e + R_E) * (i_b + i_c) = 0$$

$$i_b * \beta = i_c$$

$$i_b = \frac{V_{in}}{[r_e + R_E] + \beta[r_e + R_E]}$$

Reemplazando i_b en la ecuación del voltaje de salida

$$V_o = \beta * i_b * Z_1 = \frac{\beta * V_{in} * Z_1}{[r_e + R_E] + \beta[r_e + R_E]}$$

Sea :

$$k = \frac{\beta}{[r_e + R_E] + \beta[r_e + R_E]} = \frac{\beta}{[r_e + R_E] * [\beta + 1]} = \frac{150}{[0.71 + 100] * [150 + 1]}$$

$$k = 9.86 * 10^{-3}$$

$$V_o = \frac{k * V_{in} * S}{C_1 \left[S^2 + S \frac{1}{R_p C_1} + \frac{1}{L C_1} \right]}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{k * S}{C_1 \left[S^2 + S \frac{1}{R_p C_1} + \frac{1}{L C_1} \right]}$$

Aplicando la ecuación de filtro pasa banda de segundo orden e igualando expresiones se tiene que:

$$S^2 + \frac{W_o}{Q} S + W_o^2 = S^2 + S \frac{1}{R_p C_1} + \frac{1}{L C_1}$$

Frecuencia Central :

$$W_o = \frac{1}{\sqrt{L C_1}} = \frac{1}{\sqrt{[0.1 * 10^{-3}] * [33 * 10^{-9}]}} = 550481.88 \text{ rad / s}$$

$$F_o = \frac{550481.88}{2\pi} = 87.6 \text{ KHz}$$

Reemplazando W_o , L y Q_o en R_p

$$R_p = W_o * L * Q_o$$

$$R_{p_{MIN}} = W_o * L * Q_{o_{MIN}} = 550481.88 * 0.1 * 10^{-3} * 50 = 2752 \Omega$$

$$R_{p_{MAX}} = W_o * L * Q_{o_{MAX}} = 550481.88 * 0.1 * 10^{-3} * 200 = 11 \text{ K}\Omega$$

Ancho de Banda :

$$\frac{W_o}{Q} = \frac{1}{R_p C_1} = B = \frac{1}{2752 * 33 * 10^{-9}} = 11.011 \text{ KHz}$$

Factor de Calidad :

$$\frac{W_o}{B} = Q = W_o * R_p * C_1 = 550481.88 * 2752 * 33 * 10^{-9} \approx 50$$

Al presentar un alto valor de Q, se puede concluir que es un filtro que atenuará en un grado alto las frecuencias superiores a 95KHz e inferiores a 85KHz.

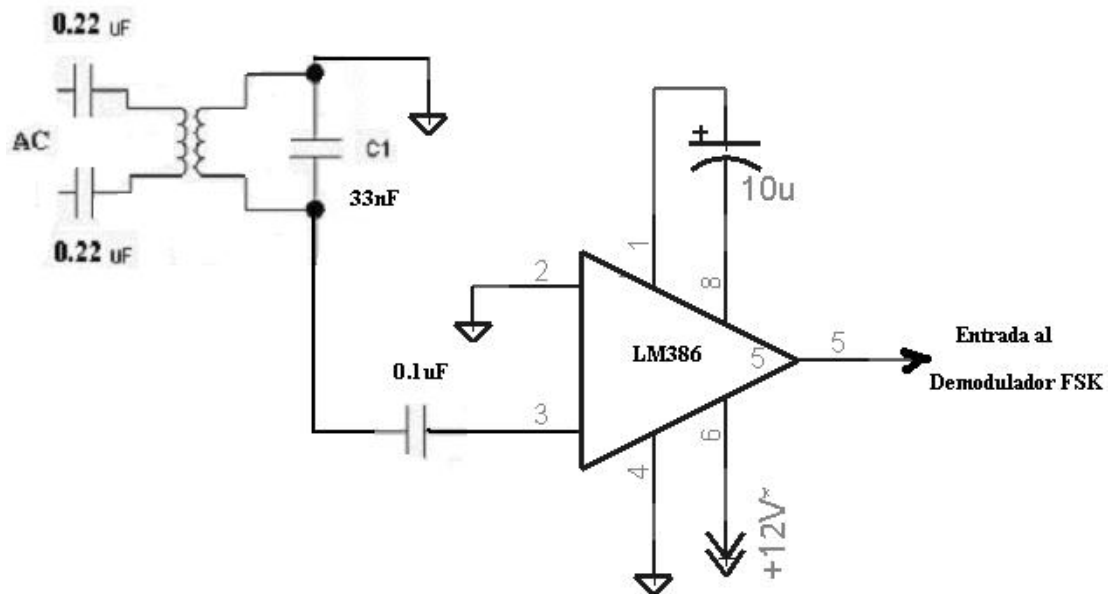
Ganancia en la frecuencia central :

$$\frac{V_o(j\omega_0)}{V_{in}(j\omega_0)} = \frac{k * Q}{C_1 * \omega_0} = k * R_p = 9.86 * 10^{-3} * 2752 = 27.13$$

Esta ganancia en la frecuencia central nos indica que el grado de amplificación para señales en el rango de 85KHz y 95KHz es bastante alto, lo cual es óptimo, debido a que las señales en el momento de superponerse en la red eléctrica son atenuadas en un factor considerable.

Figura 36. Circuito amplificador y acople con la red eléctrica

presente en el Receptor



En la figura 36, se muestra el esquema utilizado para el acople con la red eléctrica y amplificación de la señal enviada por el modulador FSK. Para efectuar el empalme con la línea de AC se utilizó el mismo circuito tanque y acoplamiento capacitivo, explicados anteriormente. En el caso del amplificador se utilizó el circuito integrado LM358 fabricado por National Instrument, el cual consiste en un amplificador con ganancia variable de 20 a 200. El circuito implementado presenta una ganancia de 200, para la cual se debe conectar un condensador de 10uF entre los terminales 1 y 8, y un condensador de acople de 0.1uF según especificaciones técnicas del fabricante.

4.2 DISEÑO DEL MODULADOR Y DEMODULADOR FSK

Como se mencionó, se obtuvo respuestas positivas de superposición de señales después de los 20KHz. En el caso particular, los mejores resultados fueron obtenidos entre los 80 KHz y los 100 KHz. Como se desea que la comunicación sea bidireccional es necesario dos módems, un MODEM transmite entre 90 y 95 KHz y el otro funciona en el rango de los 80 y 85 KHz, dejándose un espacio de 5KHz entre canales.

Para la construcción del modulador FSK se utilizó el circuito integrado XR-2206 fabricado por la compañía EXAR, el cual puede entregar ondas sinusoidales, cuadradas y triangulares en su salida, en el rango de frecuencias de 0.01Hz a 1MHz.

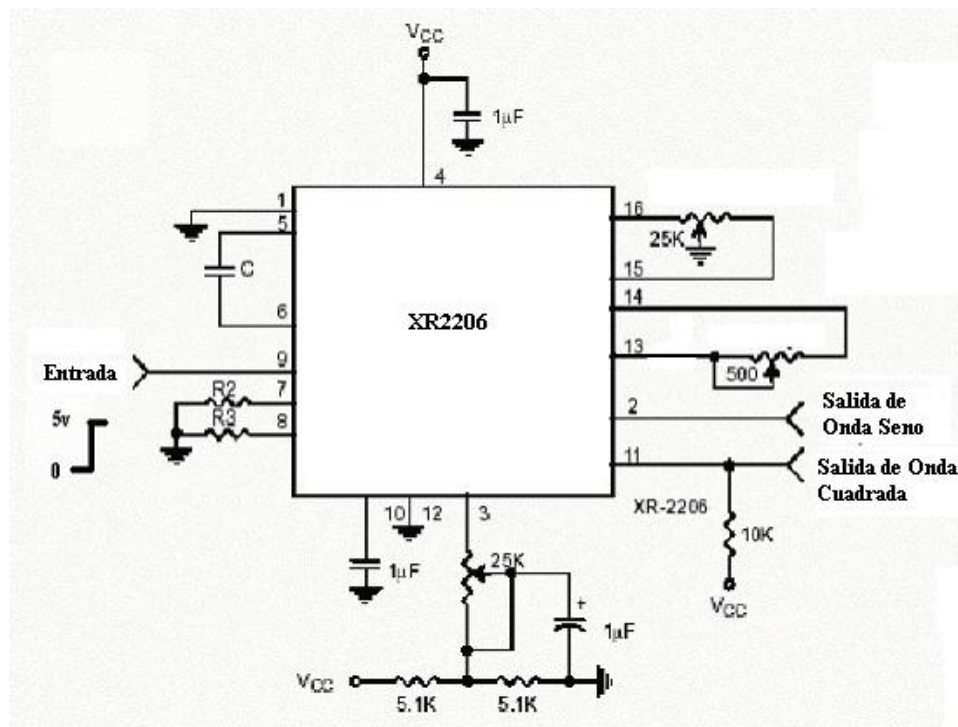
Las expresiones establecidas por el fabricante para calcular las frecuencias del modulador FSK utilizando el XR2206, tanto para un nivel alto como para un nivel bajo están definidas por:

$$F_{ALTO} = \frac{1}{R2 * C} \qquad F_{BAJO} = \frac{1}{R3 * C}$$

Donde R2 y R3 están dadas en ohms y la C esta dada en farads. R2 y R3 deben tener valores en el rango de 10KΩ y 100KΩ. Si se considera un condensador de 0.001μF

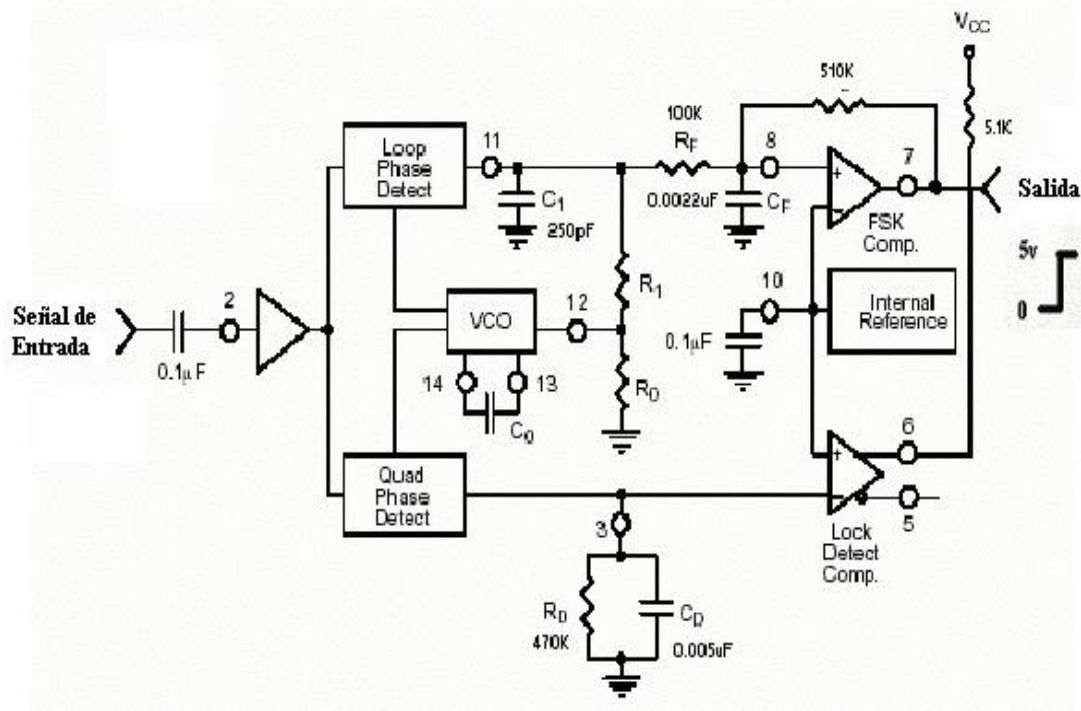
R2	85KHz	11,76K
	95KHz	10,53K
R3	80KHz	12,50K
	90KHz	11,11K

Figura 37. Diagrama del modulador FSK (XR2206)



Para la construcción del Demodulador se utilizo el circuito integrado XR2211, que es fabricado también por EXAR, y particularmente muy utilizado para este tipo de aplicaciones, este opera en el rango de frecuencias entre 0.001Hz a 300 KHz y puede funcionar con señales que se encuentren entre los 2mV y 3V.

Figura 38. Diagrama interno del Demodulador FSK (Tomada de la hoja de especificaciones del circuito integrado XR2211 de EXAR)



Lo primero que se debe hacer es definir la frecuencia central del Demodulador, en este caso se tienen dos frecuencias centrales, una para el caso entre 80/85 KHz y otra para el caso 90/95 KHz, obteniéndose 82.5KHz y 92.5 KHz respectivamente.

El valor de la resistencia R0, se calcula utilizando la siguiente expresión dada por el fabricante:

$$F_o = \frac{1}{R0 * C0}$$

Fo	R0
82,5 KHz	12,12K
92,5 KHz	10,81K

Generalmente R0 esta en el rango de 10KΩ y 100KΩ, considerando C0 un condensador de 0.001μF, se obtienen los valores de R0 según el valor de la frecuencia central.

Para definir el ancho de banda, siendo en este caso de 5KHz se hace de la siguiente forma según especificaciones del fabricante:

$$R1 = \frac{R0 * F_0}{F_1 - F_2}$$

Fo	R1
82,5 KHz	170K
92,5 KHz	191K

$$\Delta F = F1 - F2$$

$$\Delta Fc \geq 80\% * \Delta F$$

$$C1 = C0 / 4$$

$$CF = 3 / (\text{velocidad de transmisión en baudios}) \text{ Dado en } \mu F$$

$$CF = 3 / (600) \text{ Dado en } \mu F$$

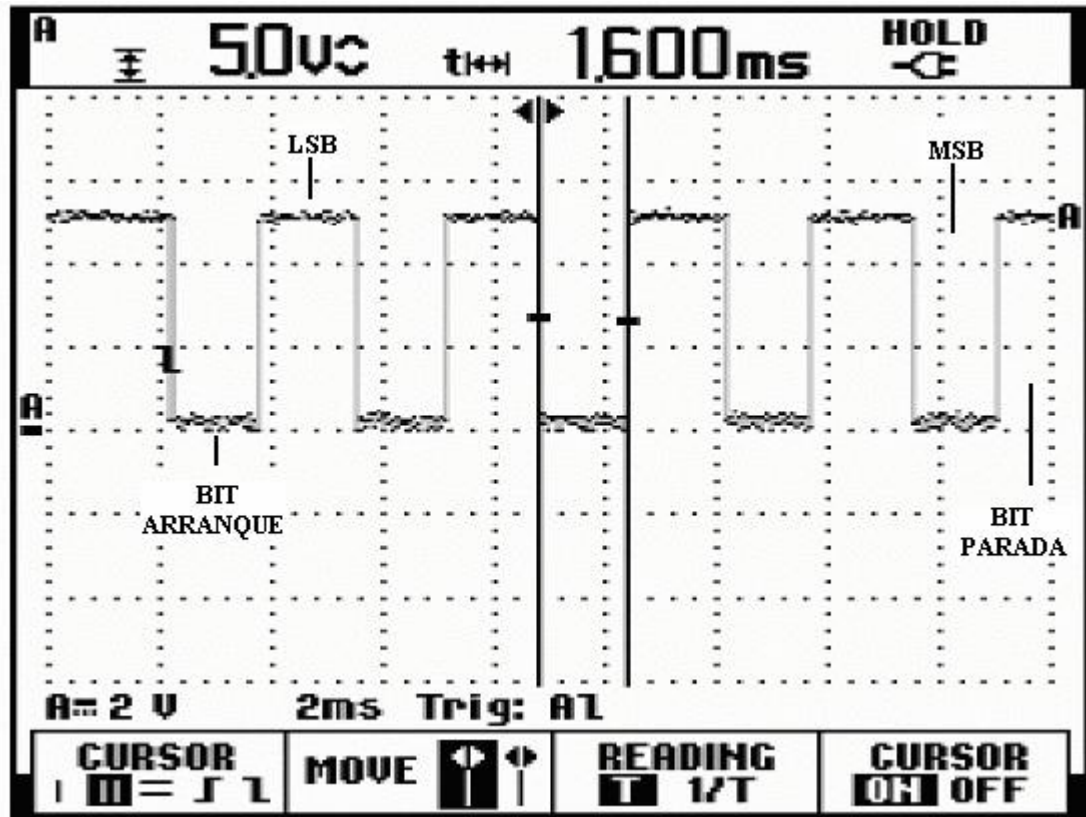
$$CD \geq 16 / (2 * \Delta Fc)$$

En el momento de efectuar las pruebas de comunicación, la velocidad máxima para comunicación sin pérdida de información fue a 600 baudios, logrando con ello:

- ❖ Superar 10 veces la velocidad de comunicación del sistema X10, la cual es de 60 baudios.
- ❖ Permitir comunicación semi-duplex
- ❖ Envío de datos sin redundancia, es decir, no hay necesidad de enviar varias veces la misma trama de comunicación, tan solo se envía una vez.
- ❖ Si el sistema se desea implementar en una red trifásica, será necesario conectar un transmisor y un receptor por fase, debido a que el sistema solo funcionará si el transmisor y el receptor pertenecen al mismo circuito (Sistema Monofásico).

En la figura 39, se muestra la forma de onda recibida en PIC16F84 a través del pin RA0, cuando desde el PC se envía serialmente el número 85 (01010101) a una velocidad de 600 baudios, 8 bits de datos, un bit de parada y sin paridad.

Figura 39. Onda correspondiente al valor 85 (01010101) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 600 baudios

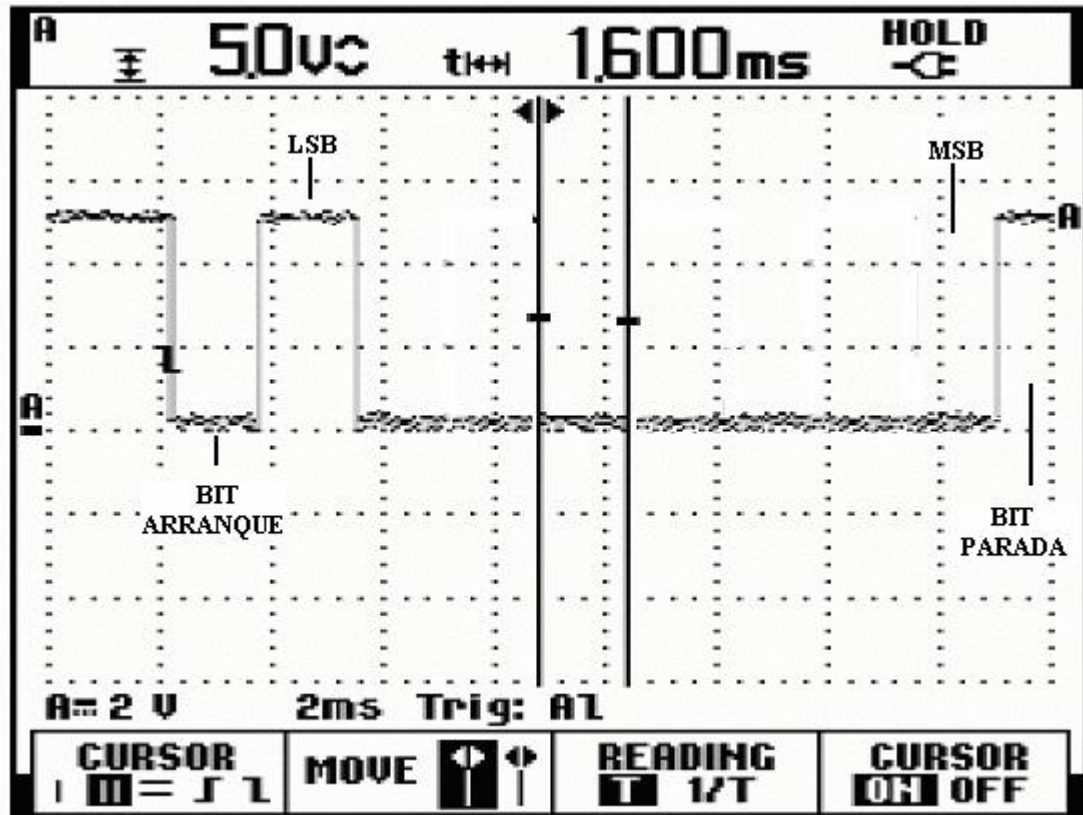


Considerando que:

$$\text{El tiempo de 1 Bit} = \frac{1}{600} = 1.66 * 10^{-3} \text{ seg} = 1.66 \text{ ms}.$$

En la figura 40, se muestra la forma de onda recibida en PIC16F84 a través del pin RA0, cuando desde el PC se envía serialmente el número 1 (0000001) a una velocidad de 600 baudios, 8 bits de datos, un bit de parada y sin paridad.

Figura 40. Onda correspondiente al valor 1 (00000001) recibida en PIC16F84 a través del pin RA0 a 600 baudios



CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema de carácter didáctico que permite emular una instalación domótica en la cual se puede conceptualizar las funciones y ventajas que estos sistemas brindan al usuario (Ver Figura 2, Pág. 38). Este sistema Inteligente asistido por computador permite el control, supervisión y programación de diferentes módulos domóticos presentes en el plano residencial.

Se desarrolló un módulo domótico basado en el microcontrolador PIC16F84, el cual se escogió por varias razones: la primera por tener el número de pines configurables como entrada/salida requeridos para el diseño. El segundo parámetro de selección fué la memoria EEPROM, debido a que la concepción del diseño didáctico requería cambiar la identificación del módulo por medio del software cada vez que se desee.

Este módulo se encuentra constituido por tres entradas y tres salidas, las cuales pueden manipular hasta 20 Amperios de corriente cada una.

Adicionalmente presenta dos terminales que se pueden utilizar como terminales para detección, conexión y configuración de sensores de humo, humedad, movimiento, sensores tipo reflex, sensor crepuscular, entre otros. El contacto del sensor debe ser tipo seco sin interesar que sea normalmente abierto o cerrado, ya que el equipo está en condiciones de identificarlo y reaccionar al cambio de condición.

Este módulo se puede programar de manera independiente a través del software de control según su identificación, lo que permite conformar sistemas de control a gran escala en forma modular.

Cada módulo presenta además protección de sobre corrientes, debido a que posee fusibles en caso de sobrecarga de alguna de sus salidas.

Cada módulo presenta dos conectores de tipo RJ-45 mediante los cuales se efectúa la comunicación, energización del módulo y conexión con la red de módulos inteligentes.

- ❖ Se utilizó Topología BUS para la conexión de los módulos, permitiéndose un máximo 15, debido a que se utilizó 4 bits para la identificación de cada módulo.
- ❖ El protocolo de comunicación utilizado es el RS-485, el cual permite transmisión de datos serial, con una distancia máxima entre el primero y el último módulo de 1 kilómetro según especificaciones del fabricante Texas Instrument, como norma para el uso del circuito integrado SN75176 utilizado para tal fin.
- ❖ Fácil instalación
- ❖ Cada una de las salidas presenta características como: interruptor, interruptor programado, DIMMER para control de tensión aplicada a la carga.

En las salidas se pueden conectar cargas resistivas o inductivas con función ON/OFF tales como: ventiladores, equipos de sonido, aires acondicionados y electrodomésticos en general. Estas salidas también se pueden programar con un valor r.m.s. variable (función Dimmer) y como función horario/calendario (TIMER).

En el sistema UTP, la transmisión no se hace por modulación, sino por conversión del protocolo de comunicación RS232/485. La comunicación con el PC es serial asíncrona, transmitiendo a 2400 baudios, 8 bits de datos, sin paridad, y con un bit de parada.

Como se requiere de una interfase que permita convertir los niveles RS-232 a niveles RS-485. En el proyecto se utilizó el MAX232 como un integrado que permite convertir los niveles RS-232 a niveles TTL, y el integrado SN75176, que permite la conversión de niveles TTL a niveles RS-485.

El SN75176, es un integrado fabricado por Texas Instrument, y permite configurarse como transmisor o como receptor, siendo necesario la implementación de dos integrados de este tipo, configurados como transmisor y receptor respectivamente, empleando como medio físico de transmisión cable UTP sin blindaje (según recomendaciones de la Texas Instrument); el esquema final de esta interfase se ilustra en la figura 12 (Ver Pág. 60).

Se desarrolló otro módulo utilizando como medio de transmisión la red eléctrica, que cumple las funciones similares a las de la red UTP. El acople con la red eléctrica se efectuó utilizando un transformador de frecuencia intermedia referencia 22306 amarillo, el cual posee un valor de inductancia de 0.1mH. Este transformador fue acoplado capacitivamente con dos condensadores de valor 0.22 μ F, con los cuales se obtuvo la mejor respuesta para las frecuencias comprendidas entre 85KHz y 95KHz.

En el momento de efectuar las pruebas de comunicación, la velocidad máxima para comunicación en el sistema de red eléctrica sin pérdida de información fue a 600 baudios, logrando con ello:

- ❖ Superar 10 veces la velocidad de comunicación del sistema X10, la cual es de 60 baudios.
- ❖ Permitir comunicación semi-duplex
- ❖ Envío de datos sin redundancia, es decir, no hay necesidad de enviar varias veces la misma trama de comunicación, tan solo se envía una vez.
- ❖ El sistema está diseñado para red monofásica

La comunicación se realizó empleando un sistema similar al maestro-esclavo, donde el PC hace las veces de maestro y es el encargado de enviar las ordenes y la configuración de cada uno de los módulos domóticos conectados a la red. El módulo, que hace las veces de esclavo, retransmite una trama (dirección + función) que recibió como orden, con lo cual el controlador o maestro compara bit a bit la trama recibida con la enviada confirmando que el módulo domótico recibió la orden correctamente.

Debido a que los datos a transmitir no son de gran extensión, se optó por utilizar un protocolo de comunicación propio, que permite configurar todos los equipos que se vayan a conectar a la red independientemente del medio de transmisión, bien sea cable UTP o red eléctrica. El sistema no detecta la presencia de equipo conectado a la red sin configuración previa.

Las ordenes son enviadas tal como se explicó en el capítulo 2 (Ver Pág. 57-58), considerando que los cuatro bits menos significativos corresponden al número de identificación del módulo (numerando los módulos de 1 a 15, el 0 no se utiliza por ser valor neutro en casos como cambio ángulo de disparo). Los cuatro bits más significativos corresponden a la orden que se desea ejecutar. En la tabla 1 (Ver Pág. 57) se muestra el listado de órdenes, con su respectivo código y función.


Cuando la función que se desea ejecutar es la función Dimmer, es necesario enviar una trama adicional de ocho bits distribuidos de la siguiente forma: Los cuatro bits menos significativos tendrán valor cero, equivalente al número de identificación neutro del módulo domótico. Los cuatro bits más significativos tomarán valores entre 0000 y 1111, haciendo referencia al ángulo de disparo deseado tal como se muestra en la figura 11 y en la tabla 2 (Ver Pág. 58).

Se desarrolló un software para control y configuración de los módulos domóticos utilizando un lenguaje de alto nivel como es el Visual Basic 6.0, el cual permite configurar y programar en forma amigable cada uno de los módulos. Ver capítulo 3.

El software es el encargado de realizar el control domótico, está constituido por dos formularios, uno de ellos es el formulario principal en el cual se puede construir el plano de la vivienda por plantas o pisos, con una capacidad máxima de 50 pisos. El otro formulario es el formulario de configuración de los módulos domóticos, en el cual se pueden programar las diferentes funciones de los módulos tales como horarios de funcionamiento, Dimmer, estado de los interruptores, verificación de la comunicación, habilitación de salidas de potencia y configuración de numeración del módulo.

Cuando se habilita la función "Verificar Estado", se activa en el módulo el monitoreo del sensor. Por ejemplo, supongamos que se trata de un sensor de movimiento, el cual posee internamente un relé que en condiciones de no detección de intrusos, mantiene su estado en OFF. Cuando el sensor detecta movimiento en el recinto, el relé interno cambia de estado, reflejando este cambio en el estado de sus contactos, provocando un cambio de nivel de tensión en el módulo domótico, el cual a su vez le indica al PC este cambio y el software activa una señal sonora describiendo este evento. Para el caso, la reproducción de un mensaje

“¡Alerta!, Se ha detectado la presencia de un intruso” además de una señal visual, cambiando de color el elemento que representa al sensor activado.

Una de las características que posee el módulo domótico, es que se puede efectuar la función ON/OFF en forma manual o por medio del PC. La forma para hacerlo desde el PC, es simplemente haciendo click sobre el boton  “Encender/Apagar” del formulario de configuración del módulo domótico explicado en la página 80. Y, en forma manual presionando un pulsador externo presente en el módulo domótico. Si se presiona una vez el pulsador y el elemento domótico se encuentra apagado, éste encenderá. Pero, si se encuentra encendido, el elemento domótico se apagará. En ambos casos se reflejará su nueva condición en el software de control.

El software desarrollado en Visual Basic, no solo permite el control del sistema domótico, sino también, el monitoreo y visualización de la condición actual del plano residencial.

Comparando el sistema implementado utilizando la red eléctrica como medio de transmisión y el sistema utilizando el cable UTP, se observó que el segundo se comportó de una forma mucho mas estable, con menos posibilidad de interferencia, permite comunicación a velocidades más altas, mayor facilidad de implementación y construcción, presenta un tamaño más reducido, permite comunicación a mayores distancias, reduce el empleo de redundancia en la comunicación. Pero, presenta la desventaja de que en el sistema de comunicación por red eléctrica no hay necesidad de cablear entre módulos, en cambio en el sistema por UTP sí.

Se logró variar el ángulo de disparo de los Triacs grado a grado y de manera precisa, gracias a la exactitud que se pudo alcanzar con el microcontrolador, debido a que este nos brinda las ventajas de trabajar

con un cristal de cuarzo y no con una red de tipo RC con la cual se hace convencionalmente.

La domótica se muestra como toda una promesa que revolucionará muchos de nuestros hábitos facilitando las actividades mecánicas, monótonas o triviales brindando mayor seguridad dentro del hogar. Por el momento los altos costos de instalación de estos sistemas, hacen que la domótica llegue a un número limitado de usuarios; sin embargo, la tecnología seguirá su natural proceso exponencial de desarrollo, ofreciendo en un par de años más el acceso a estos sistemas integrales de control casero apta para toda la familia.

La construcción de un sistema domótico requiere de:

- ❖ Es necesaria una preinstalación.
- ❖ Una red de comunicación no basada en ondas portadoras requiere una inversión importante (costo del cable, acople y velocidad).
- ❖ El protocolo a utilizar determinará los servicios y posibilidades de una futura ampliación de los mismos.
- ❖ Hay pocos usuarios dispuestos a pagar los costos adicionales que implica una "vivienda inteligente".

BIBLIOGRAFIA

CEBALLOS, Francisco Javier. Visual Basic 6.0. 2 ed. Mexico, Ed. Mc Graw-Hill. 2000. ISBN 92-315-2116-6

GONZALEZ, Nestro. Comunicaciones y redes de procesamiento de datos. 3 ed. Mexico , Ed. Mc Graw-Hill. 1998. ISBN 968-880-958-6

MICROCHIP TECHNOLOGIES. PIC16F84 User's Guide : Software versión 5.1 , Microchip Technologies, 2002

RASHID, Muhamed. Electrónica de Potencia. 2 ed. Mexico, Ed. Prentice Hall. 1993. ISBN 968-880-586-6

SMITH, Sedra. Circuitos y Microelectrónica. 4 ed. Oxford University Press,Inc. 1998. ISBN 0-19-511690-9

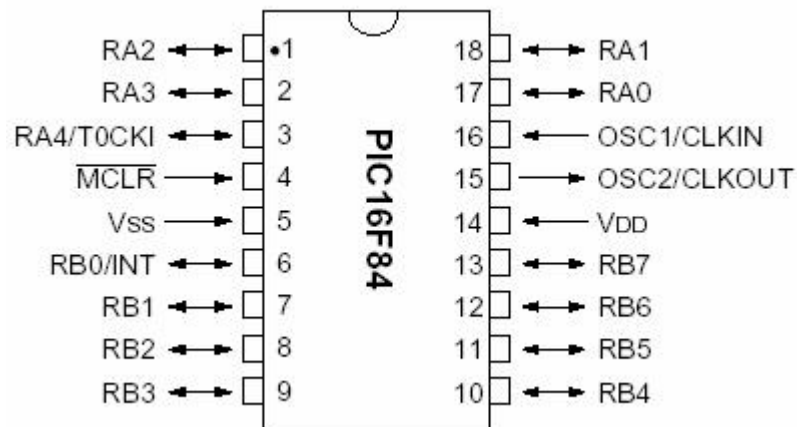
STALLINGS, William. Comunicaciones y redes de computadores. 6 ed. Madrid, España : Pearson Educación, 2000. ISBN 84-205-2986-9

LAMAS, Javier. Sistemas de control para viviendas y edificios. 1 ed. México, Ed. Paraninfo, 1998. ISBN 84-283-2515-4

SANDOVAL, Juan. Domótica. 1 ed. México, Ed. Paraninfo, 1999. ISBN 84-283-2819-5

ANEXO A

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL MICROCONTROLADOR PIC16F84



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- 35 Instrucciones
- 20MHz como Frecuencia máxima de Oscilación
- 68 bytes de memoria RAM
- 64 bytes de memoria EEPROM
- 4 fuentes de interrupción
- 1 Timer de 8 bits
- Rango de operación de voltaje de 2.2 a 5.5 V
- Máxima corriente por pin 25 mA
- 13 pines de entrada/salida.

MAPA DE MEMORIA

00h	Indirect addr. ⁽¹⁾	Indirect addr. ⁽¹⁾	80h
01h	TMR0	OPTION_REG	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h			87h
08h	EEDATA	EECON1	88h
09h	EEADR	EECON2 ⁽¹⁾	89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch			8Ch
	68 General Purpose Registers (SRAM)	Mapped (accesses) in Bank 0	
4Fh			CFh
50h			D0h
7Fh			FFh
	Bank 0	Bank 1	

CONFIGURACIONES DE ALGUNOS REGISTROS IMPORTANTES

REGISTRO STATUS

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
bit7							bit0

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n= Value at POR reset

bit 7: **IRP**: Register Bank Select bit (used for indirect addressing)
 1 = Bank 2, 3 (100h - 1FFh)
 0 = Bank 0, 1 (00h - FFh)

bit 6-5: **RP1:RP0**: Register Bank Select bits (used for direct addressing)
 11 = Bank 3 (180h - 1FFh)
 10 = Bank 2 (100h - 17Fh)
 01 = Bank 1 (80h - FFh)
 00 = Bank 0 (00h - 7Fh)
 Each bank is 128 bytes

bit 4: **TO**: Time-out bit
 1 = After power-up, CLRWDY instruction, or SLEEP instruction
 0 = A WDT time-out occurred

bit 3: **PD**: Power-down bit
 1 = After power-up or by the CLRWDY instruction
 0 = By execution of the SLEEP instruction

bit 2: **Z**: Zero bit
 1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero
 0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero

bit 1: **DC**: Digit carry/borrow bit (ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF instructions)
 (for borrow the polarity is reversed)
 1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
 0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result

bit 0: **C**: Carry/borrow bit (ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF instructions)
 1 = A carry-out from the most significant bit of the result occurred
 0 = No carry-out from the most significant bit of the result occurred
Note: For borrow the polarity is reversed. A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (RRF, RLF) instructions, this bit is loaded with either the high or low order bit of the source register.

REGISTRO OPTION

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit7							bit0

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n= Value at POR reset

bit 7: **RBPU**: PORTB Pull-up Enable bit
 1 = PORTB pull-ups are disabled
 0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values

bit 6: **INTEDG**: Interrupt Edge Select bit
 1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin
 0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin

bit 5: **T0CS**: TMR0 Clock Source Select bit
 1 = Transition on RA4/T0CKI pin
 0 = Internal instruction cycle clock (CLKOUT)

bit 4: **T0SE**: TMR0 Source Edge Select bit
 1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin
 0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin

bit 3: **PSA**: Prescaler Assignment bit
 1 = Prescaler is assigned to the WDT
 0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module

bit 2-0: **PS2:PS0**: Prescaler Rate Select bits

Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

Note: When using low voltage ICSP programming (LVP) and the pull-ups on PORTB are enabled, bit 3 in the TRISB register must be cleared to disable the pull-up on RB3 and ensure the proper operation of the device.

REGISTRO INTCON

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
bit 7								bit 0
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 0.8em;"> R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0' - n = Value at POR reset </div>								
bit 7:	GIE: Global Interrupt Enable bit 1 = Enables all un-masked interrupts 0 = Disables all interrupts Note: For the operation of the interrupt structure, please refer to Section •							
bit 6:	EEIE: EE Write Complete Interrupt Enable bit 1 = Enables the EE write complete interrupt 0 = Disables the EE write complete interrupt							
bit 5:	TOIE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit 1 = Enables the TMR0 interrupt 0 = Disables the TMR0 interrupt							
bit 4:	INTE: RB0/INT Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB0/INT interrupt 0 = Disables the RB0/INT interrupt							
bit 3:	RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB port change interrupt 0 = Disables the RB port change interrupt							
bit 2:	TOIF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit 1 = TMR0 has overflowed (must be cleared in software) 0 = TMR0 did not overflow							
bit 1:	INTF: RB0/INT Interrupt Flag bit 1 = The RB0/INT interrupt occurred 0 = The RB0/INT interrupt did not occur							
bit 0:	RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit 1 = When at least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software) 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state							

CONJUNTO DE INSTRUCCIONES

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes
			MSb	LSb		
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
ADDWF	f, d Add W and f	1	00	0111 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d AND W with f	1	00	0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f Clear f	1	00	0001 1fff ffff	Z	2
CLRWF	- Clear W	1	00	0001 0xxx xxxx	Z	
COMF	f, d Complement f	1	00	1001 dfff ffff	Z	1,2
DECF	f, d Decrement f	1	00	0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011 dfff ffff		1,2,3
INCF	f, d Increment f	1	00	1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111 dfff ffff		1,2,3
IORWF	f, d Inclusive OR W with f	1	00	0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f, d Move f	1	00	1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f Move W to f	1	00	0000 1fff ffff		
NOP	- No Operation	1	00	0000 0xxx 0000		
RLF	f, d Rotate Left f through Carry	1	00	1101 dfff ffff	C	1,2
RRF	f, d Rotate Right f through Carry	1	00	1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f, d Subtract W from f	1	00	0010 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d Swap nibbles in f	1	00	1110 dfff ffff		1,2
XORWF	f, d Exclusive OR W with f	1	00	0110 dfff ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
BCF	f, b Bit Clear f	1	01	00bb bfff ffff		1,2
BSF	f, b Bit Set f	1	01	01bb bfff ffff		1,2
BTFSZ	f, b Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb bfff ffff		3
BTFSZ	f, b Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01	11bb bfff ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS						
ADDLW	k Add literal and W	1	11	111x kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k AND literal with W	1	11	1001 kkkk kkkk	Z	
CALL	k Call subroutine	2	10	0kck kkkk kkkk		
CLRWDT	- Clear Watchdog Timer	1	00	0000 0110 0100	TO,PD	
GOTO	k Go to address	2	10	1kck kkkk kkkk		
IORLW	k Inclusive OR literal with W	1	11	1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k Move literal to W	1	11	00xx kkkk kkkk		
RETFIE	- Return from interrupt	2	00	0000 0000 1001		
RETLW	k Return with literal in W	2	11	01xx kkkk kkkk		
RETURN	- Return from Subroutine	2	00	0000 0000 1000		
SLEEP	- Go into standby mode	1	00	0000 0110 0011	TO,PD	
SUBLW	k Subtract W from literal	1	11	110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k Exclusive OR literal with W	1	11	1010 kkkk kkkk	Z	

ANEXO B

ESPECIFICACIONES DE LOS TRIAC UTILIZADOS REF. ECG56017

Absolute Maximum Ratings: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Repetitive Peak Off-State Voltage ($T_J = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$ $R_{GK} = 1\text{k Ohm}$), V_{DRM}	
NTE56015	200V
NTE56016	400V
NTE56017	600V
NTE56018	800V
On-State Current (All Conduction Angles, $T_C = +85^\circ\text{C}$), $I_{T(RMS)}$	25A
Non-Repetitive On-State Current (Half Cycle), I_{TSM}	
60Hz	275A
50Hz	250A
Fusing Current ($t = 10\text{ms}$), I^2t	$312\text{A}^2\text{s}$
Peak Gate Current ($t = 10\mu\text{s}$ Max), I_{GM}	4A
Peak Gate Dissipation ($t = 10\mu\text{s}$ Max), P_{GM}	10W
Average Gate Dissipation ($t = 20\text{ms}$ Max), $P_{G(AV)}$	1W
Operating Junction Temperature Range, T_J	-40° to $+125^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-40° to $+125^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case, R_{thJC}	1.5K/W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient, R_{thJA}	60K/W
Lead Temperature (During Soldering, 1.6mm from case, 10sec max), T_L	$+250^\circ\text{C}$

