

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DOMÓTICA CON SENSADO Y
CONTROL DE DISPOSITIVOS

CARLOS ALBERTO DOMINGUEZ RIOS
CARLOS JULIÁN POVEDA SÁNCHEZ



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2008

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DOMOTICA CON SENSADO Y
CONTROL DE DISPOSITIVOS

CARLOS ALBERTO DOMINGUEZ RIOS
CARLOS JULIÁN POVEDA SÁNCHEZ

Proyecto de Grado para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Director
ING. JUAN CARLOS VILLAMIZAR

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2008

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, julio 10 de 2008

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a:

A Dios, nuestro guía quien nos dio la vida para la realización de este proyecto.

A nuestros padres, sinónimo de empuje y perseverancia.

Al Ing. Juan Carlos Villamizar por su apoyo y colaboración en el desarrollo de nuestro proyecto.

A todos los profesores quienes nos brindaron todo su conocimiento para dar un paso adelante en la vida.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, nuestro segundo hogar.

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto al guía, al amigo y al padre Dios, quien es el principal gestor de esta etapa de la vida.

También a nuestros padres, Juan de Jesús Poveda y Alcira Sánchez, Juan José Domínguez y Ofelmina Ríos, y a Maria del Carmen García quien ha sido un verdadero apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
OBJETIVOS.....	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 LOS ESTÁNDARES DOMÓTICOS.....	18
1.1.1 LonWorks®.....	18
1.1.2 Instabus EIB (European Installation Bus)	19
1.1.3 X-10.....	20
1.1.4 DMX512A (Bus para control de equipos de luz y accesorios).....	20
1.1.5 DALI (Digital Addressable Lighting Interface)	21
1.1.6 Power Line Modem.....	22
1.1.7 HomePlug.....	23
1.1.8 HomeRF	24
1.2 EL PROTOCOLO X-10	25
1.2.1 Origen e historia	25
1.2.2 Dispositivos X10.....	27
1.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO X-10.....	32
1.2.4 EMISORES O TRASMISORES X-10	40
1.2.5 RECEPTORES DE X-10	40
1.2.6 ACTUADORES DE X-10	41
1.2.7 AMPLIFICADORES X-10	41
1.2.8 CONTROLADORES X-10 BÁSICOS	41
1.3 EL CONTROLADOR Y EL MICROCONTROLADOR	44
1.3.1 CONTROLADOR.....	44
1.3.2 Microcontrolador.....	44
1.3.3 EL PIC (Controlador de Interfaz Periférico)	49
1.4 EL TRANSDUCTOR	53
1.5 SENSOR	54

1.5.1	Tipos de sensores.	55
1.6	ACONDICIONADORES DE SEÑAL Y ADAPTADORES	61
1.7	INTERFACES, DOMINIOS DE DATOS Y CONVERSIONES	62
1.8	LA Programación grafica EN LabVIEW	62
1.8.1	Panel frontal	64
1.8.2	Ventana de diagramación.....	65
1.8.3	Paletas de herramientas.....	66
1.8.4	SubVI.....	67
1.8.5	Flujo de datos.....	67
1.8.6	Estructuras y elementos de programación.	70
2	DISEÑO y componentes del sistema	79
2.1	Descripción del Sistema DOMOTICO	79
2.1.1	Módulos del sistema.....	79
2.1.2	Selección del Microcontrolador.....	79
2.2	DISEÑO DE LAS Tarjetas Electronicas del Sistema.....	80
2.2.1	Módulo Master.....	80
2.2.2	Módulo Esclavo	82
2.3	ELABORACIÓN DE LOS Circuitos Impresos	86
2.4	MÓDULOS DOMÓTICOS.....	87
2.5	CONTROL DESDE EL PC	90
2.5.1	Códigos de casa y Códigos de dispositivo	91
2.5.2	Parámetros Seriales.	92
2.5.3	Conexiones del Cable:	92
2.6	PROGRAMA DE CONTROL.....	93
2.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	94
2.7.1	Protocolo de comunicación y enlace de datos.....	95
3	DISEÑO DEL MODELO DE COMUNICACIÓN Y DEL SOFTWARE	99
3.1	MÓDELO DE RED Y PROTOCOLOS	99
3.1.1	Modelo de red.....	99

3.1.2	Definición de la trama.....	100
3.1.3	Protocolo de enlace.....	101
3.1.4	Protocolo de datos.....	102
3.1.4	Procesos	102
3.2	SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN.....	104
3.2.1	Programación de la unidad esclava.....	104
3.2.2	Programación del servidor.....	109
3.2.3	Software Labview	114
4	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	120
5	CONCLUSIONES	124
	ANEXOS.....	127

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Aplicación domótica utilizando la red eléctrica.....	22
Figura 2. Power Line Modem	23
Figura 3. Frecuencia generada por el emisor, superpuesta a la red.....	28
Figura 4. Acoplamiento de fases en un sistema por corrientes de portadoras	30
Figura 5. Sincronismo de transmisores y receptores X-10 en el cruce por cero	32
Figura 6. Envío de “1” y “0” a través de X-10.	33
Figura 7. Código de inicio	34
Figura 8. Curva de 60 Hz.....	34
Figura 9. Transmisión X-10.....	35
Figura 10. Ejemplo de funcionamiento del protocolo X-10.....	36
Figura 11. Arquitectura Von neumann	47
Figura 12. Arquitectura Harvard.....	47
Figura 13. Sensor por infrarrojo pasivo	57
Figura 14. Funcionamiento del sensor de presencia por infrarrojo activo	58
Figura 15. Sensor de movimiento por radar.....	60
Figura 16. Panel frontal.....	64
Figura 17. Ventana de diagramación	65
Figura 18. Ejecución de los ciclos.....	68
Figura 19. Visualización de etapas	69
Figura 20. Ventanas del programa.....	71
Figura 21. Flujo del ciclo	72
Figura 22. Ciclo next	74
Figura 23. Estructuras de comparación	75
Figura 24. Cuadros de caso.....	75
Figura 25. Ejecución simultánea	77
Figura 26. Cuadros de secuencia1	77

Figura 27. Cuadro de secuencia2	78
Figura 28. Esquema del módulo master	80
Figura 29. Aspecto final del Módulo Master	82
Figura 30. Esquema del módulo domótico esclavo.....	82
Figura 31. Diagrama de bloques del Módulo Esclavo	83
Figura 32. Esquema de la unidad domótica.....	85
Figura 33. Impreso y montaje de componentes	86
Figura 34. Módulo domótico diseñado	88
Figura 35. Configuración de los módulos de transmisión y recepción	89
Figura 36. Circuito de un módulo de recepción	90
Figura 37. Conexión de la Interfaz serial	93
Figura 38. Arquitectura general del controlador	94
Figura 39. Diagrama de flujo inicialización de la unidad esclava	106
Figura 40. Diagrama de flujo TX-RX para la unidad esclava	107
Figura 41. Diagrama de Flujo Tx-Rx para la unidad Maestra	108
Figura 42. Panel principal del Master RS-232 para el control de la red de esclavos y verificación de las comunicaciones	111
Figura 43. Panel de programación del Maestro	112
Figura 44. Panel de programación del Maestro RS-232 (Sección TX)	113
Figura 45. Panel frontal Interfaz Usuario	115
Figura 46. Diagrama de flujo del programa desarrollado	116
Figura 47. Diagrama de flujo ISR.....	116
Figura 48. Ensamble de tramas y transmisión a la línea de energía.	117
Figura 49. Funcionamiento ISR	118
Figura 50. Circuito tarjeta de control esclava.....	120
Figura 51. Señal de 60 Hz que alimenta el controlador.	121
Figura 52. Oscilograma de señal de cruce cero.....	121
Figura 53. Señal emitida en el controlador domótico	122
Figura 54. Programa Labview desarrollado	123

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Códigos más comunes en el protocolo X-10.....	37
Tabla 2. Códigos de Casa	38
Tabla 3. Códigos de Unidad /Función.....	39
Tabla 4. Distribución general de los modelos PIC en las tres Gamas	53
Tabla 5. Conjunto de comandos de la unidad esclava implementados	96
Tabla 6. Conjunto de comandos de la unidad esclava sin implementar	97
Tabla 7. Conjunto de instrucciones del PIC16F628A.....	105

LISTAS DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Integrado Pptoacoplador 4N26.....	128
Anexo B. Integrado Microcontrolador PIC16F628A	129
Anexo C. Diagrama de Bloques PIC16F628A	130

RESUMEN

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED DOMOTICA CON SENSADO Y CONTROL DE DISPOSITIVOS

AUTOR(ES): CARLOS JULIAN POVEDA SANCHEZ
CARLOS ALBERTO DOMINGUEZ RIOS

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRÓNICA.

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

El presente proyecto consiste en el diseño y fabricación de un controlador domótico para el manejo de circuitos eléctricos y dispositivos basado en un programa de control desarrollado en LabVIEW.

Se diseñó y construyó un prototipo basado en microcontroladores PIC que permite el manejo de diferentes tipos de sensores, para el control de dispositivos domóticos que utilizan como medio de comunicación la red eléctrica. Todo esto es posible gracias a un programa de comunicación que, a través del protocolo domótico, permite el control y monitoreo de dichos dispositivos

En el capítulo 1 se estudian los actuales estándares domóticos comerciales, entre ellos el más conocido: el protocolo X10. Igualmente se exponen las bases teóricas sobre microcontroladores, transductores, sensores, actuadores y acondicionadores de señal, se realiza una explicación del entorno de programación de LabVIEW, sus aplicaciones y una descripción general de sus herramientas, estructuras y elementos de programación.

El capítulo 2 se muestran las bases del diseño y componentes físicos del sistema domótico: El diseño y elaboración de los circuitos electrónicos y circuitos impresos para armar los módulos del sistema; se realiza una explicación del controlador desarrollado, la tarjeta de control diseñada y construida y se determina su funcionamiento. Se muestran los criterios de diseño y construcción de los programas de control y del protocolo de comunicaciones propuesto.

En el capítulo 3 se expone el diseño e implementación del software para el Master (donde el programa es desarrollado en Labview) como para los esclavos donde se desarrolla un programa para los microcontroladores PIC.

En el capítulo 4 se hace un resumen de los resultados obtenidos, y en el capítulo 5, se efectúan las conclusiones a este proyecto.

Palabras clave: Domótica, protocolo, Automatización, Control y Trama.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DOMOTIC NETWORK WITH SENSING AND CONTROL DEVICES

AUTOR(S): CARLOS JULIAN POVEDA SANCHEZ
CARLOS ALBERTO DOMINGUEZ RIOS

FACULTY: ELECTRONIC ENGINEERING

DIRECTOR(S): ING. JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

This project involves the design and manufacture of a domotic driver for control electrical circuits and devices based on a control program developed in LabView.

The prototype was designed and built based on PIC microcontrollers that allow handling different types of sensor devices for the management of domotic devices that are used as means of communication throughout the electrical grid, this is possible thanks to a program of communication across domotic protocol that allows us to control and monitor these devices.

Chapter 1 studies the current commercial standard Domoto, including the most famous: the X10 protocol. Also the basic theories on microcontrollers, transducers, sensors, actuators and signal conditioners are exposed. There is also an explanation of its LabView applications and general description of their tools, structures and programming elements.

Chapter 2 shows the foundations of design and hardware system domotic: The design and development of electronic and printed circuit boards to assemble modules of the system. There is also an explanation of the controller developed, the control card designed and built, its operation is explained. It shows the design criteria and construction of control programs and communication protocol proposed.

Chapter 3 exposes the design and implementation of software, both for the Master (where the program is developed in LabView), and for the Slaves (where developed a program for the PIC microcontrollers).

Chapter 4 provides a summary of results obtained, and in chapter 5, the conclusions of this project.

Keywords: Domotica, protocol, Automation, Control and plot.

INTRODUCCIÓN

La rama de la electrónica que estudia la automatización del hogar se denomina domótica, domus (que significa casa en latín) y tica (automática). En la actualidad existen muchos protocolos domóticos como: Lonworks, DALI, X10, etc. Todos estos protocolos controlan dispositivos del hogar, pero el más común en Colombia se llama X-10.

X-10 es un protocolo de comunicaciones a través de la línea de energía 110VCA, que envía una trama de datos en una ráfaga de 1ms por el paso de cruce cero de la señal alterna (sincronismo) para el control de dispositivos como encender o apagar una luz.

El protocolo diseñado maneja la misma comunicación de X-10 (cruce pro cero, detector de portadora, generador de portadora) a diferencia que posee una trama variable que permite el manejo de datos a través de la línea de energía con implementación de 32 funciones en la que están dimmer, brillo, obtener versión, etc...obteniendo como resultado un protocolo sencillo, ágil y económico que el X-10.

El trabajo desarrollado implementa un maestro y esclavo controlados por una interfaz gráfica desarrollada en Labview. La unidad central del proceso esta desarrollada por los microcontroladores 16F628A, que permiten el control (Recepción y transmisión de tramas) para actuar en la función correspondiente.

Durante la elaboración del contexto se encontrará un fundamento teórico y el desarrollo metodológico planteado para el desarrollo del proyecto. El marco teórico ayudará a comprender los aspectos básicos relacionados con la domótica, así

como transmisiones y recepciones a través de la línea de energía, interfaz usuarios y aspectos relacionados con el tema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una red domótica simple, que permita el sensado, el control automático y el transporte simple de datos a través de la red eléctrica casera

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un prototipo domótico basado en microcontroladores PIC, que utilice como medio de comunicación la red eléctrica
- Diseñar un protocolo de comunicación y utilizar las herramientas del programa Labview, para implementar un sistema de control y monitoreo domótico
- Implementar una pequeña red domótica la cual será supervisada por el PC, aprovechando las ventajas del protocolo planteado y el programa de control desarrollado

1. MARCO TEÓRICO

1.1 LOS ESTÁNDARES DOMÓTICOS

1.1.1 LonWorks®.

LonWorks es un “bus” serie para aplicaciones domóticas. Se basa en una plataforma completa para implementar el control de un sistema de redes. Estas redes consisten en dispositivos inteligentes o nodos que actúan recíprocamente con su ambiente, y comunican entre sí a una variedad de medios de comunicaciones que usan un protocolo común de mensajes.

La denominación viene de LON (Local Operating Network), similar a una LAN (Local Area Network) pero transmite pequeños paquetes de datos en lugar de grandes paquetes de datos. Fue desarrollado por Echellon. Se trata de un control inteligente distribuido, que necesita microcontroladores (Neuron® Chip), transmisores y un protocolo EIA-709.1 (LonTalk®) para las comunicaciones y una interconexión de entrada/salida para los sensores y actuadores. Utiliza un par trenzado de hilos con una velocidad de transmisión máxima de 1.25 Mbps. Sobre una línea de red eléctrica la información puede ir a 9.600 bps.

Cypress fabrica estos circuitos en versión con memoria interna Flash o con memoria externa. Es una familia de circuitos Neuron con versiones de 5V y versiones de 3V3 de muy bajo consumo.¹

¹ Para más información: <http://www.echellon.com>
<http://www.lonmark.org> <http://www.cypress.com>
<http://www.casadomo.com/>

1.1.2 Instabus EIB (European Installation Bus)

Instabus es un “bus” serie para aplicaciones domóticas, que se basa en una plataforma similar a LonWorks pero en versión europea. Diseñada por Siemens, se basa en un microcontrolador de Freescale MC68HC705B y últimamente el MC68HC11 como acoplador de bus, con una velocidad de transmisión de 9.600 bauds y distancias hasta 1.000 metros. Permite controlar, conmutar, utilizar sensores y supervisar todos los servicios del “bus” en un solo cable de par trenzado. También utiliza la red eléctrica (Power Line) para interconectar dos equipos a 1.200 bps o en radiofrecuencia a 866 MHz o podría utilizar Ethernet. Después de la instalación le sigue un sistema verdaderamente modular que le permite agregar, cambiar o llevar a cabo muchos aspectos de control diferentes.

Instabus EIB le permite al usuario controlar y supervisar una combinación de sistemas de un edificio que usan una red de comunicación común. Una vez conectados, todos los dispositivos pueden intercambiar información. Los datos se transmiten consecutivamente y según reglas fijas, o protocolo del “bus”. Para poder trabajar, todos los sensores y actuadores tienen una dirección física. Más de 12000 dispositivos se pueden comunicar entre sí en el “bus”. A cada dispositivo se le asigna una dirección estructurada. Para Instabus la jerarquía es como sigue: 64 dispositivos forman una línea de bus, 12 líneas se combinan para formar una zona funcional y 15 zonas combinan para formar un sistema global. La conexión con otros equipos no EIB utiliza los conectores RJ12 de 6 pins y el típico RS232 (SubD9 según IEC 807-2 e IEC 807-3) para conectar un PC al sistema para programar los aparatos del bus. Konnex es la iniciativa de tres asociaciones europeas: EIBA, Batibus Club International y EHSA (European Home Systems Association), con el objeto de crear un único estándar europeo para la automatización de las viviendas y oficinas.²

² Para más información: <http://www.eiba.com>
<http://www.siemens-industry.co.uk/instabus/>
<http://freescale.com>
<http://www.ehsa.com>

1.1.3 X-10

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) y costes muy bajos. Al usar las líneas eléctricas de la vivienda, no es necesario tender nuevos cables para conectar dispositivos.

El protocolo X-10, en sí, no es propietario, es decir, cualquier fabricante puede producir dispositivos X-10 y ofrecerlos en su catálogo, eso sí, está obligado a usar los circuitos del fabricante escocés que diseñó esta tecnología. Actualmente, se pueden encontrar en Europa con tres grandes familias de productos basadas en X-10, teóricamente compatibles entre sí, estas son: Netzbuss, Timac y Home Systems.³

1.1.4 DMX512A (Bus para control de equipos de luz y accesorios)

El DMX512 es un bus estándar (ANSI BSR E1.11) asíncrono digital para el control de equipos de luz y accesorios, que fue desarrollado en 1986 por la comisión de ingenieros del USITT (United States Institute for Theatre Technology) que poco a poco a ganado aceptación. Puede controlar hasta 512 dispositivos, (de ahí su nombre). La transmisión usa un simple protocolo serie asíncrono de 8 bits, utilizando la salida de una UART y los típicos drivers RS-485.⁴

<http://www.batibus.com/anglais/gen/index.htm>

<http://www.eiba.org>

<http://www.konnex.org>

<http://www.casadomo.com/>

<http://www.cebus.org>

<http://www.intellon.com>

<http://www.domosys.com>

³ Para más información: <http://www.homesystems.es>

<http://www.casadomo.com/>

<http://www.domosys.com>

⁴ Para más información sobre DMX512A: <http://www.analog.com>

<http://www.ti.com>

<http://www.usitt.org>

1.1.5 DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

El DALI es un nuevo estándar para redes para control de iluminación, especialmente en control de fluorescentes, para automatización de edificios inteligentes, conservando la energía. Cumple con la norma IEC929.

El DALI tiene un control individual de montaje, cada unidad en la red DALI tiene una dirección individual propia, por consiguiente es posible comunicar directamente a los componentes del montaje. DALI tiene un tamaño de sistema limitado (64 direcciones). Tiene un uso multicanal; a través de solo un par de cables de control, con DALI, es posible controlar varios grupos diferentes de montajes. Las luces se pueden apagar directamente por las órdenes que vienen del sistema de control de DALI que hacen innecesarios los interruptores de red a 230Vac.

Con el sistema DALI, el flujo de información es bidireccional. En lugar de solo dar órdenes sobre el nivel de luz del sistema DALI, también habilita una realimentación. El montaje puede transmitir la información sobre si la luz se enciende o no del nivel de luz prefijado de la condición del balasto.

La instalación eléctrica de DALI es muy simple, consiste en dos cables independientes de cualquier topología del edificio entre las unidades del sistema. Una vez se instala y se configura el sistema, es muy fácil de cambiar el funcionamiento de la iluminación, sólo es asunto de la programación y no necesita ningún cambio de hardware.

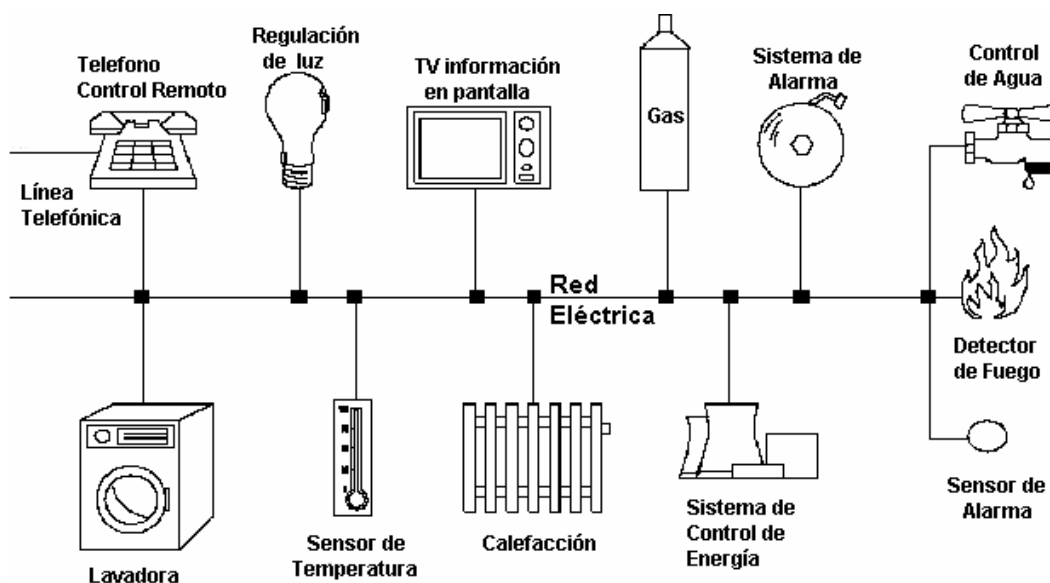
Es fácil de añadir nuevos componentes al sistema de iluminación en cualquier parte del sistema DALI, no se aplica ninguna pauta de configuración en la instalación eléctrica de la línea DALI.⁵

⁵ <http://www.dali-ag.org/> <http://www.osram.com/> <http://freescale.com>

1.1.6 Power Line Modem

Sistema de comunicación empleando las líneas de red eléctrica para interconectar dos o más equipos. Las normas CENELEC EN 50065-1 y FCC las describen. Se aplica principalmente para mando a distancia y control doméstico. Se basa en una modulación FSK.

Figura 1. Aplicación domótica utilizando la red eléctrica.

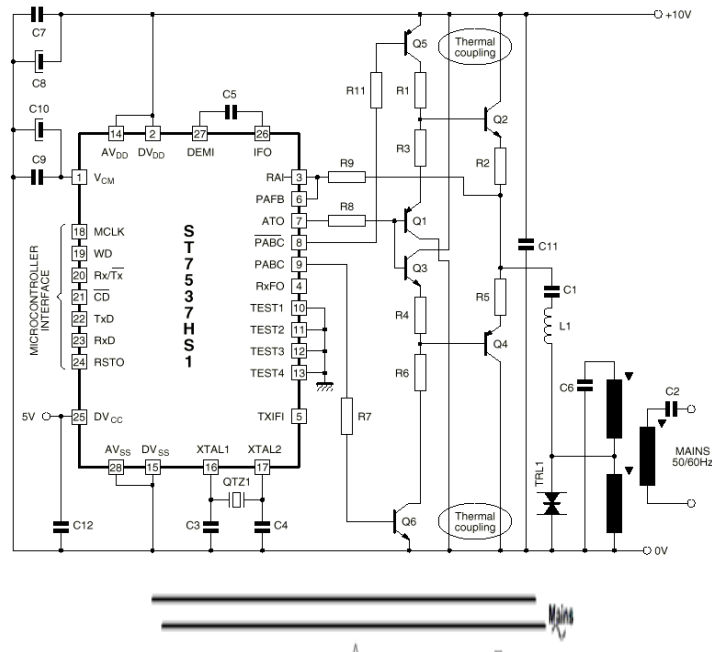


ST dispone del ST7537 y ST7538, que es un módem FSK asíncrono "half duplex" a 2.400 bps transportados a 132.45 kHz. Se interconecta con la red eléctrica con un transformador/aislador. Philips también dispone de un dispositivo para esta aplicación, el TDA5051A. Freescale con el DSP56F8xx tiene un diseño de referencia DRM035 y otro diseño de referencia DRM009 con el microcontrolador de 8 bits MC68HC908GR8.

Cypress con el PsoC también tiene un diseño de referencia.⁶

⁶ Para más información sobre Power Linen Modem: <http://www.st.com>

Figura 2. Power Line Modem



1.1.7 HomePlug

HomePlug se basa en una red de área local que permite usar la red eléctrica de baja tensión de las viviendas, oficinas o industrias para conectarse a Internet, con velocidades de hasta 14 Mbps desde cualquier zona donde se disponga de una toma eléctrica estándar consiguiendo así la movilidad y flexibilidad que necesitan la mayoría de los usuarios en sus aplicaciones normales.

La alianza HomePlug está formada por más de 80 empresas líderes en sectores de electrónica de consumo y tecnologías de la información, como: Freescale, Intel, Cisco, Panasonic, 3Com, entre otras. La empresa española, DS2 localizada en Valencia, es miembro colaborador. Esta empresa está trabajando con Endesa

<http://www.semiconductor.philips.com>
<http://www.cypressmicro.com>
<http://www.powerlineworld.com/powerlineintro.html>
http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/applicationnotes/AN95001_H

como prueba piloto para ofrecer acceso a Internet y comunicaciones de voz sobre IP, entre otros servicios.

El circuito se basa en la tecnología PowerPacket™ patentada por Intellon Corporation, la cual fue escogida en el año 2000 por la asociación HomePlug como referencia de su especificación después de evaluar diversas opciones, con el circuito INT5130, que se está suministrando a fabricantes de equipos que lo integran dentro de sus productos finales como: computadores, impresoras, consolas, pasarelas residenciales, set-top boxes de TV, entre otros.⁷

1.1.8 HomeRF

El grupo de trabajo HomeRF desde 1998 ha desarrollado una sola especificación SWAP (Shared Wireless Access Protocol) para un amplio rango de dispositivos de gran consumo que pueden trabajar entre ellos. El SWAP es una especificación abierta a la industria que permite a los PCs, periféricos, teléfonos inalámbricos y otros dispositivos de gran consumo compartir y comunicar voz y datos, en y alrededor de la casa, sin la complicación y el gasto de nuevos cableados, en la banda de ISM de 2.4GHz. Con características de tiempo real, esta tecnología puede proporcionar varios canales de voz para telefonía, por lo que se ha dicho es una evolución del DECT europeo (Digital European Cordless Telephone).

HomeRF tiene el impulso adquirido de la industria que necesita dominar el mercado de la red en Casas.

Al contrario de otras normas de LAN inalámbricas, el protocolo de HomeRF proporciona alta calidad, capacidad de voz multi-usuario. HomeRF combina lo mejor tecnología de las redes de datos de banda ancha inalámbricas con la telefonía inalámbrica digital más prevaleciente del mundo.⁸

⁷ Para más información: <http://www.homeplug.com> , <http://www.intellon.com>

⁸ Para más información HomeRF: <http://www.homerf.org/>

1.2 EL PROTOCOLO X-10

1.2.1 Origen e historia

La tecnología X10, basada en corrientes portadoras, fue desarrollada entre 1.976 y 1.978 por los ingenieros de Pico Electronics Ltda, en Glenrothes, Escocia. X10 surgió de una familia de chips denominada los proyectos X (o series X). Esta empresa comenzó a desarrollar este proyecto con la idea de obtener un circuito que pudiera ser insertado en un sistema mayor y controlado remotamente. En colaboración con BSR, una empresa dedicada a los sistemas de audio, comenzaron a construir los dispositivos X10.

El primer módulo podía controlar cualquier dispositivo a través de la red eléctrica doméstica (120 o 220 V y 60 ó 50 Hz) modulando pulsos de 120 KHz (0 = sin pulso, 1 = pulso). Con un simple protocolo de direccionamiento, podían ser localizados un total de 256 dispositivos en la red. El protocolo soporta 16 grupos de direcciones denominados códigos de casa (desde la A a la P), y otras 16 direcciones para cada código de casa, denominadas códigos de unidad. La comunicación se realizaba por cadenas de control, que son sucesiones de unos y ceros que completaban los comandos. En su primera versión tan sólo existían seis operaciones, encender, apagar, aumentar, disminuir, todo apagado y todo encendido. Estas señales son recibidas en todos los módulos, pero sólo el módulo con la misma dirección que la indicada en el mensaje de control realizará alguna operación. El mensaje completo tiene 48 bits.

Posteriormente, los códigos de operación fueron extendidos a 256 con una cabecera especial, e incluso, la cantidad de información que porta un mensaje puede ser mayor de 48 bits si es usado el código de datos extendidos en la

cabecera de control del mensaje. La transmisión X10 está sincronizada con los pasos por cero de la corriente. Un uno binario está representado como un pulso de 120 KHz durante un milisegundo, y un cero como la ausencia de ese pulso. La transmisión completa de un código X10 necesita 11 ciclos de corriente. Los dos primeros ciclos son para el código de inicio de mensaje, 1110. Los cuatro siguientes son el código de casa, y los cinco siguientes con el código de unidad o de función. Este bloque completo es transmitido dos veces, separadas cada una por tres ciclos de corriente. Estos sistemas se hicieron muy populares, y hubo un gran distribuidor llamado Radio Shack que lo vendió a miles hasta que en 1979 los fabricó por su cuenta y los llamó "Plug 'n' power" y más tarde protocolo X-10.

Hoy en día, el Protocolo X-10 es un estándar y a la vez un fabricante de estos mismos productos y productos compatibles con sistemas X-10 (alarmas, control de luces, televisiones, contestadores, interfaces de un computador y muchas otras utilidades). A pesar de que sólo tiene seis funciones, ha cubierto un hueco muy importante en el mercado, se ha consolidado como una buena línea de productos, y lo más importante a nuestro entender, ha "abierto brecha" para automatizar de una forma sencilla.⁹

La filosofía fundamental de diseño de X-10 es que los productos puedan interactuar entre ellos, y la compatibilidad con los productos anteriores de la misma gama, es decir, equipos instalados hace 20 años siguen funcionando con la misma tecnología de la gama actual.

El sistema X-10 ha sido desarrollado para ser flexible y fácil de usar. Se puede empezar con un producto en particular, por ejemplo un mando a distancia, y expandir luego el sistema para incluir la seguridad o el control con el ordenador,

⁹ NOTAS TOMADAS DEL LIBRO Sistemas de control para viviendas y edificios "DOMOTICA" de José María Quintero González Editorial Paraninfo 1998 Pág. 29-35

siempre que desee, con componentes fáciles de instalar y que no requieren cableados especiales.

El sistema X-10, adicionalmente proporciona a los usuarios ventajas tales como, conectar y funcionar (Plug and play). Por el lado de la instalación, soluciona problemas economizando en los proyectos por su flexibilidad, modularidad, capacidad de crecimiento, rehabilitación de casas y edificios, sin tener que establecer cableados adicionales y optimizando recursos.

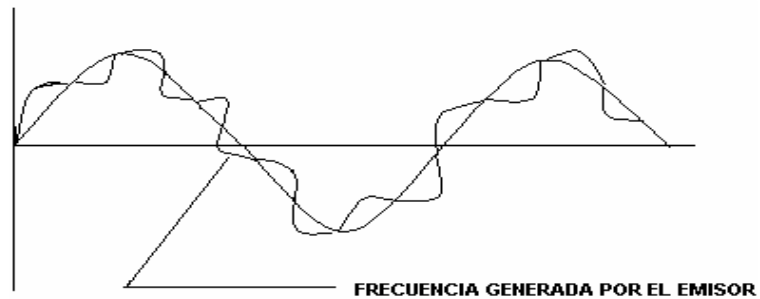
1.2.2 Dispositivos X10

Existe una amplia gama de equipos que implementan el protocolo X10, desde interruptores para iluminación a completos paneles de control, emisores y receptores de radiofrecuencias, sensores de movimiento e incluso cámaras. La instalación de casi todos esos dispositivos se reduce a enchufarlos a un toma de corriente convencional de la casa, y para el caso de los dispositivos inalámbricos, su colocación se reduce a fijarlos a una superficie. Se trata de realizar la gestión de una instalación cualquiera (calefacción, iluminación y demás), utilizando las líneas eléctricas existentes como soporte de la información.

En este proyecto en concreto, el dispositivo más importante es la interfaz entre el PC y la red eléctrica. La conexión al PC se realiza a través del estándar RS-232, ampliamente difundido y con gran abundancia de soporte hardware y software.

La energía eléctrica se transporta por una corriente sinusoidal de baja frecuencia, 60 Hz. El principio de las corrientes portadoras consiste en utilizar un emisor que inyecta por cualquier punto del circuito una señal de frecuencia superior a 60Hz y de baja potencia, que se superpondrá a la frecuencia de la red. Este emisor, gracias a un interfaz de codificación, manda una señal codificada según el destino de las órdenes a ejecutar. Los receptores repartidos a lo largo de las instalaciones serán entonces mandados nominalmente para ejecutar las órdenes.

Figura 3. Frecuencia generada por el emisor, superpuesta a la red



El interés de esta técnica es evidente, por la gratuidad del soporte, los números, accesos y salidas, y la implantación muy fácil de modificar, tanto para los transmisores como para los receptores. Las aplicaciones más usuales son:

Mando a distancia: emisión de órdenes a partir de un mando centralizado hacia receptores diseminados en la instalación, parámetros de regulación, ventilación, motores de puertas y demás.

Centralización: recepción sobre un módulo central del estado de contactos situados en cualquier punto de la instalación.

Telemando con acuse de recibo: emisión de órdenes a partir de un mando centralizado hacia receptores diseminados en la instalación y posterior retorno de información confirmando la ejecución.

Los usuarios más habituales son las empresas de ingeniería especializadas en rehabilitación de hoteles, escuelas, colegios, edificios, universidades y demás, donde se necesita un mando centralizado de uno o más puntos consumidores de energía repartidos en un edificio (por ejemplo el control de las luces) y no se

desea instalar un nuevo tendido eléctrico, pues la tecnología por corrientes portadoras permite una instalación inmediata y sin ninguna obra adicional.

En cuanto a su normativa, cabe decir que los primeros aparatos por corrientes portadoras fueron los intercomunicadores por la red que fueron oficialmente definidos y legislados en 1966 para evitar la interacción entre dos instalaciones vecinas. En Estados Unidos donde esta tecnología se utiliza de forma intensiva, se denomina POWER LINE CARRIER COMMUNICATION (PLCC) . EL CENELEC, ha preparado una norma (Pr. EN50065) que precisa las bandas de frecuencia y los niveles de señales, así como el espectro de emisión.

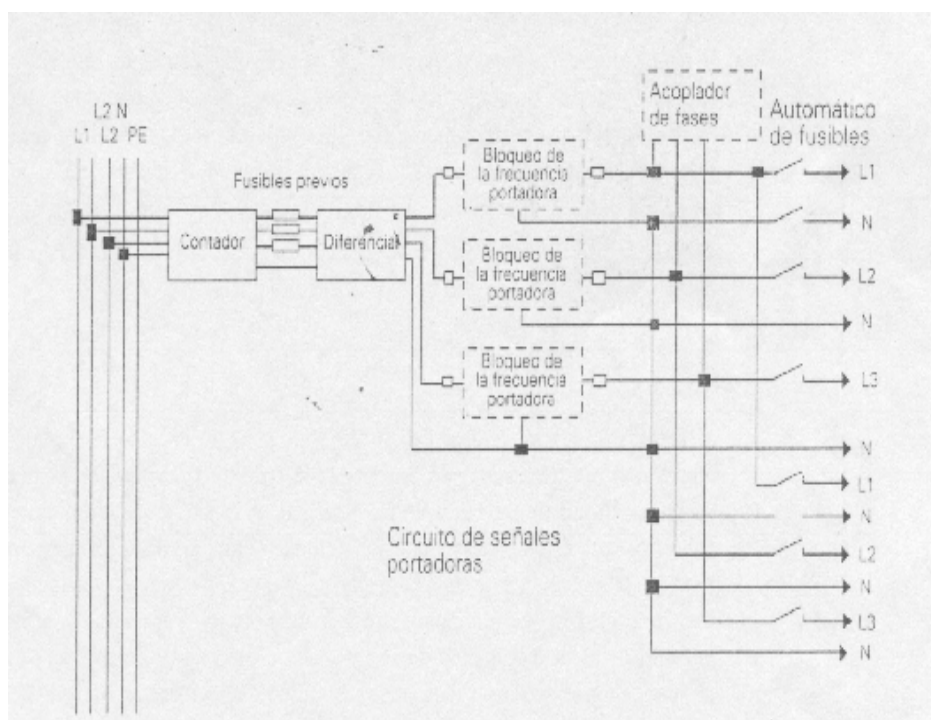
Un elemento importante en todas las instalaciones que usan la comunicación por corriente portadoras son los filtros de corrientes portadoras. Estos se deben colocar en todas aquellas instalaciones eléctricas que no disponen de transformador propio, resultando preciso impedir la emisión de corrientes portadoras a la red general. También se instalan para paliar los flucturbadores procedentes de una línea eléctrica (con o sin transformador), eliminar ruidos perturbadores de una línea y poder asegurar la coexistencia de varios sistemas independientes de corrientes portadoras.

Los filtros están pensados especialmente para atender las existencias de posibles normativas futuras.

Para conseguir una transmisión limpia y clara de los paquetes de información, es recomendable procurar las mejores condiciones de la red. Una instalación trabaja perfectamente cuando existen factores activos de perturbación que puedan inferir la transmisión de las señales, o siempre que perturbadores pasivos no atenúen la tensión de la señal. Fuentes activas de perturbación típicas son todos los aparatos eléctricos que no lleven una adecuada supresión de interferencias, al igual que las instalaciones de intercomunicadores que trabajan con frecuencias portadoras.

Fuentes pasivas de perturbación típicas son los aparatos eléctricos con condensadores en paralelo a la red, como pueden ser: lavadoras, secadoras eléctricas, lavavajillas. En la industria, hay que añadir proyectores de gran alcance y copiadoras. Todos estos aparatos atenúan las señales e igualmente reducen su alcance.

Figura 4. Acoplamiento de fases en un sistema por corrientes de portadoras



Fuente Quintero González, José María Sistemas de control para viviendas y edificios "DOMOTICA" de Editorial Paraninfo 1998 Pág. 29-35

Las señales pueden transmitirse mediante acoplamiento capacitivo entre conductores de un cable de varias fases (de forma automática, gracias a la capacidad transversal de los conductores en paralelo), o bien mediante los circuitos de estrella o de triángulo de aparatos de tensión trifásica. Pero el acoplamiento capacitivo de conductores está sujeto a pérdidas de potencia y el acoplamiento de la señal condicionado por los aparatos tiene su inconveniente: se

desconecta al desconectarse el aparato. Por lo tanto, lo que se ha de intentar es un acoplamiento constante. Una instalación típica, en cuanto a filtrado y acoplado entre fases, suele estructurarse de la forma descrita en la figura.

La figura anterior nos permite observar la manera de acoplamiento de fases que se debe realizar para evitar pérdidas de la señal en los paquetes de información y para que no se presente atenuación en el nivel de la señal por eso se observa un bloqueo de la frecuencia portadora en cada una de las fases y un acoplamiento de estas.

En redes muy amplias, como pueden ser instalaciones industriales o en grandes edificios administrativos, las señales llegan a estar tan atenuadas que las tensiones que alcanzan a los aparatos receptores pueden no ser suficientes para activarlos. Por ello, es necesario en estos casos efectuar una amplificación de la señal.

Al realizar los planos de una instalación se debe tener en cuenta que los aparatos del sistema producen una leve atenuación de las señales. Esto se manifiesta con especial intensidad cuando se instalan varios componentes unos juntos a otros, por ejemplo, en tableros de mando.

Contrariamente a lo que sucede en el tratamiento de la red eléctrica en una vivienda privada, la creación de una red de señales en grandes edificios administrativos o educativos, o en amplias instalaciones industriales, es notablemente más complicado. Sobre la base del planteamiento del problema debe aclararse, en primer lugar, desde dónde y hacia dónde hay que emitir. Con este planteamiento se suele cristalizar el hecho de que hay que emitir desde un punto central a muchos puestos de recepción descentralizados. Estos proyectos, debido a las grandes longitudes de conductores que se han de utilizar, y teniendo en cuenta el gran número de aparatos previstos para el sistema, deben

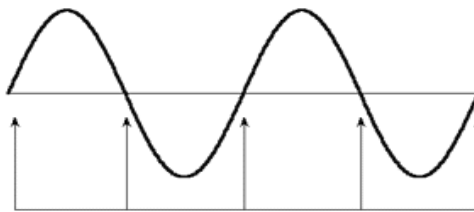
asegurarse primeramente de que la potencia de emisión sea suficiente para llegar a todos los receptores dentro de la instalación.

Lo anterior hace necesario el montaje de elementos amplificadores, que dan lugar a una notable mejora de la tensión de señal. El amplificador se tiene que montar, siempre que sea posible, detrás del transformador de la instalación, y amplifica efectivamente todas las señales emitidas dentro del circuito de emisión. Los receptores deben montarse distribuidos regularmente, si es posible en las tres fases. En caso de conexión a una sola fase del amplificador, hay que puentear las dos fases restantes en el aparato.

1.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO X-10

Figura 5. Sincronismo de los transmisores y receptores X-10 en el cruce por cero

X-10 Transmitters and Receivers are synchronized to the ZERO crossings of the power to which they are wired.....



....so the transmitters know when to send data and the receivers know when to look for data.

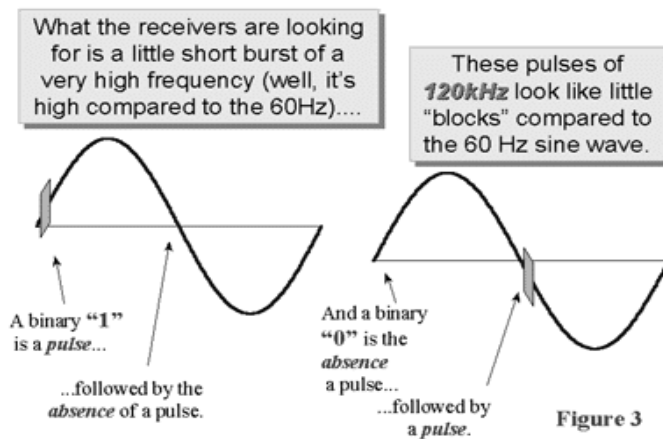
Contrary to what you may have heard, X-10 units can't tell the difference between positive going zero crossings and negative going zero crossings.

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

Las transmisiones y receptores X-10 se sincronizan con el paso por el cero de la corriente alterna. Las interfaces Power Line proporcionan una onda de 60 Hz., con un retraso máximo de 100 useg desde el paso por el cero de la corriente alterna. El máximo retraso entre el comienzo del envío y los pulsos de 120 KHz. es de 50 useg. Ver figura.

Un binario "1" estaba definido como la presencia de un pulso, inmediatamente seguida por la ausencia de un pulso. Un binario "0" estaban definidos como la ausencia de un pulso, inmediatamente siguió por la presencia de un pulso. El pulso de 1 milisegundo se transmite tres veces para que coincida con el paso por el cero en las tres fases para un sistema trifásico. La siguiente figura muestra como se generan estos bits.

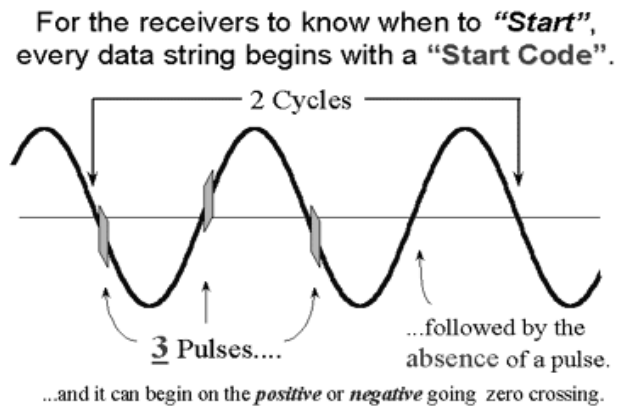
Figura 6. Envío de "1" y "0" a través de X-10.



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

Para que un receptor X-10 sepa cuando empieza cada trama debe recibir el código de inicio tal como se muestra en la figura

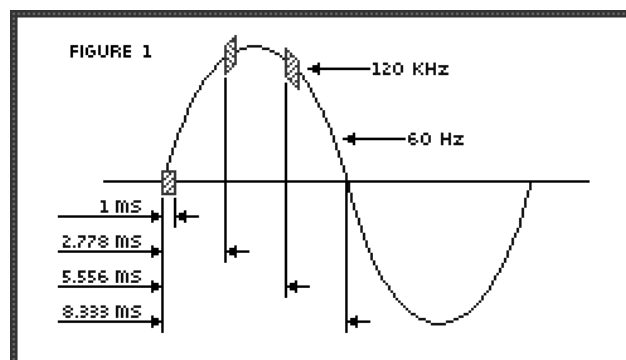
Figura 7. Código de inicio



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

La forma de la curva de 60 Hz. sólo se muestra como referencia. En realidad, las señales van superpuestas con la curva de 60 Hz. y su resultado es como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 8. Curva de 60 Hz



Fuente: <http://www.x10.com/support/technology1.htm>

La transmisión completa de un código X-10 necesita once ciclos de corriente. Los dos primeros ciclos representan el Código de Inicio. Los cuatro siguientes ciclos

representan el Código de Casa (letras A-P), los siguientes cinco representan o bien el Código Numérico (1-16) o bien el Código de Función (Encender, Apagar, Aumento de Intensidad, etc.). Este bloque completo (Código de Inicio, Código de Casa y Código de Función o Numérico) se transmite siempre dos veces, separando cada 2 códigos por tres ciclos de la corriente, excepto para funciones de regulación de intensidad, que se transmiten de forma continua (por lo menos dos veces) sin separación entre códigos, como se muestra en las figuras que siguen.

Figura 9. Transmisión X-10

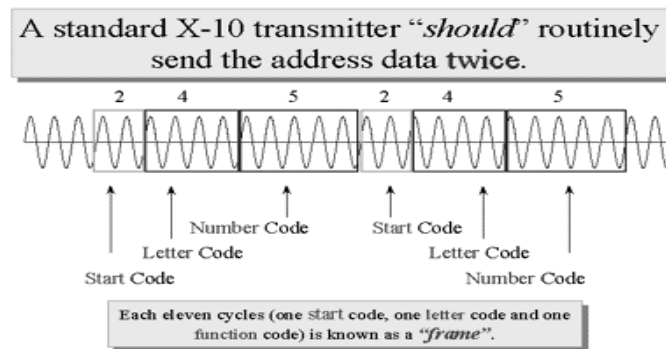


Figure 7

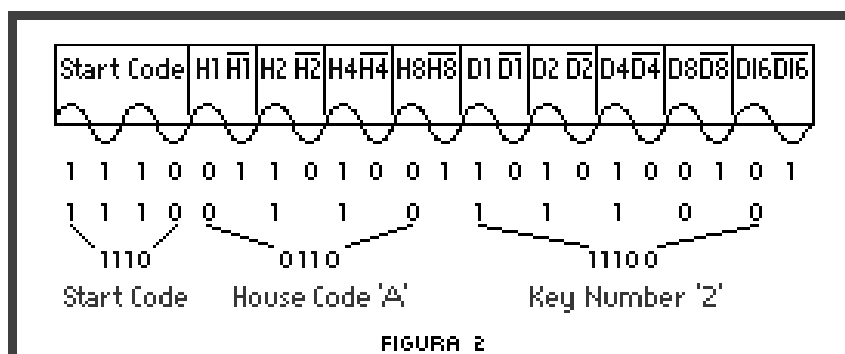
Fuente: <http://www.hometoys.com>

Dentro de cada bloque de códigos, cada cuatro o cinco bits de código deben ser transmitidos en modo normal y complementario en medios ciclos alternados de corriente. Por ejemplo, si un pulso de 1 milisegundo se transmite en medio ciclo (1 binario), entonces no se transmitirá nada en la siguiente mitad del ciclo (0 binario).

1.2.3.1 Ejemplo del funcionamiento del protocolo X-10

Por ejemplo, para encender (ON) un modulo con el Unit Code 2 y el House Code A, se debe enviar el siguiente código:

Figura 10. Ejemplo de funcionamiento del protocolo X-10



Fuente <http://www.x10.com/support/technology1.htm>

Se envían luego tres ciclos de silencio (no hay pulsos) y se envía el código de nuevo; se debe tener en cuenta lo siguiente: el código Hail Request o envío de llamada se transmite para detectar si hay otro transmisor X-10 dentro del radio de acción del sistema. Esto permite asignar un Housecode diferente si se recibe una señal de Hail Acknowledge o confirmación de este transmisor. En la instrucción de Pre-Sst Dim o sea un valor preestablecido de brillo o luminosidad, el bit D8 es el bit más significativo (MSB) del nivel y D1, D2 y D4 son los bits menos significativos.

El código de datos extendido (Extended Data Code) se acompaña por bytes de 8 bits que pueden representar datos análogos (temperatura, cantidad de luz, etc.) obtenidos después de un proceso de conversión análogo a digital (A/D). No deben existir vacíos entre el código extendido y el dato actual ni entre los bytes de datos. El primer byte se puede utilizar para indicar cuantos bytes de datos se enviarán en la cadena. Si se dejan vacíos (gaps) entre los datos los códigos recibidos por los módulos X-10 estarán equivocados y producirán un funcionamiento erróneo.

El comando STATUS REQUEST se utiliza para conocer el estado de algunos tipos especiales de módulos. Por ejemplo, el convertidor X-10 de una señal de RF (radio frecuencia) a CA modelo RR501 es un módulo de dos vías. Si este módulo se direcciona con su House Code y Unit Code y luego se le envía el código STATUS ON (11011) si está encendido (NO), o con el código STATUS OFF (11101) si está apagado.

Primero se transmite un comando con el código de casa (House Code) y el número de módulo (Number Code) que direccionan el módulo en cuestión. Luego se transmite otro comando con el código de función a realizar (Function Code). Hay más de 256 funciones soportadas por el protocolo. Las más comunes se listan a continuación.

Tabla 1. Códigos más comunes en el protocolo X-10

On	Activación del módulo direccionado.
Off	Desactivación del módulo direccionado.
All Units Off	Desactivación de todos los módulos de luces.
All Lights On	Activación de todos los módulos de luces.
Dim	Reducción de intensidad.
Bright	Aumento de intensidad.
Extended Code	Para transmisión de hasta 256 códigos de función adicional.
Extended Data	Para transmisión de bytes adicionales (por ej. conversor A/D)

Fuente: Autores del proyecto

1.2.3.2 Tabla de comandos X-10

Los siguientes cuadros están basados en el ejemplo de funcionamiento del protocolo X-10 (ver figuras para su comprensión).

Tabla 2. Códigos de Casa

	H1	H2	H4	H8
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	1

Fuente Autores del proyecto

Tabla 3. Códigos de Unidad /Función

	D1	D2	D4	D8	D16
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
All Units Off	0	0	0	0	1
All Units On	0	0	0	1	1
On	0	0	1	0	1
Off	0	0	1	1	1
Dim	0	1	0	0	1
Bright	0	1	0	1	1
All Lights Off	0	1	1	0	1
Extended Code	0	1	1	1	1
Hail Request	1	0	0	0	1
Hail Acknowledge	1	0	0	1	1

Pre-Set Dim	1	0	1	x	1
Extended Data	1	1	0	1	1
Status is On	1	1	0	1	1
Status is Off	1	1	1	0	1
Status request	1	1	1	1	1

Fuente Autores del proyecto

1.2.4 EMISORES O TRASMISORES X-10

Son necesarios para transmitir las informaciones salidas de las interfaces de entrada sobre la red de eléctrica 120VCA los dos mas habituales son el A ICP (emisor modular con un amplificador de clase A que permite emitir hasta 6 V eficaces) y el ECP4 (emisor con amplificación de hasta 5 V eficaces, que lleva incorporada la entrada de 4 contactos para trabajar en telemando, sin interfaz de entrada, cuando sólo se necesita telemandar un máximo de 4 órdenes.

1.2.5 RECEPTORES DE X-10

Como el nombre implica, estos componentes reciben las señales de X-10 por encima de su instalación eléctrica y hacen cualquier cosa que la señal les dice que hagan (es decir Enciende / Apaga u oscurece en el caso de luces). Para que el receptor pueda trabajar, él simplemente debe conectarse al sistema de instalación eléctrica de casa. Esto se hace conectando al receptor en una toma de corriente eléctrica o reemplazando un interruptor existente con un receptor de X-10 (es decir el Interruptor de la Pared). Los interruptores de la pared todavía pueden manipularse a mano y pueden encontrarse en 2 estilos principales. Para que el receptor entienda qué X-10 da la señal para responder a sus ordenes se estable el código de dirección en el dispositivo (hasta 256 posibles).

1.2.6 ACTUADORES DE X-10

Actuadores son los dispositivos remotos que le permiten controlar el equipo que se ha conectado a los receptores instalados. Hay una gama amplia de actuadores disponible desde interruptores hasta los teletandos, el ordenador o el teléfono. La mayoría de los actuadores tiene botones que le permite encender o apagar los dispositivos y bajar o subir la intensidad de luz. Además usted puede desear agregar los cronómetros y sensores que automáticamente controlan ciertos dispositivos. Los actuadores del computador le permiten programar sucesiones de eventos para ocurrir en un momento determinado o a causa de la activación de un sensor.

1.2.7 AMPLIFICADORES X-10

Los amplificadores trabajan de la siguiente forma: el amplificador vigila el circuito de señales en todas las fases en busca de señales. Tras el envío de un datagrama de dirección, lo repite, amplificándolo a la fase necesaria, exactamente en el momento de la repetición de la señal original. Esto sucede igualmente con las señales de mando en las cuales van las ordenes de conexión, desconexión o conmutación.

1.2.8 CONTROLADORES X-10 BÁSICOS

La solución ideal para presupuestos ajustados, o soluciones de diseño pequeñas. Un ejemplo de ellos es el CP290

1.2.8.1 Controlador básico: cp290

El CP290 es el más antiguo del juego, pero como sorpresa tiene características distintivas que no tienen los dispositivos. Es un conjunto de un controlador y una consola. La consola tiene ocho botones ON/OFF que pueden controlar ocho dispositivos en un código doméstico, y mediante el software se pueden controlar cualquiera de las 256 direcciones. Otra característica del hardware distintiva es que los eventos programados dentro del CP290 pueden representarse en el

momento oportuno o de manera aleatoria cerca de la hora programada. Para finalizar, tiene una pila que guarda los eventos programados a través de caídas de potencia. Por supuesto que, un evento sin transmitir no pasará por la línea de corriente durante las salidas de potencia pero, al menos, cuando se reestablezca la potencia, el controlador todavía almacenará los eventos. Tiene su propio reloj interior, por tanto puede desconectarse del ordenador principal y representar los eventos.

El único fallo del CP290 es que es un dispositivo único (de transmisión) de una sola dirección. De hecho, hay muchos, que continúan utilizándolo y no se han cambiado a ActiveHome u otros controladores más caros si no fuera por esta limitación. Al comparar su valor con el de ActiveHome, un controlador de doble dirección, no es útil para este criterio. Al ser antiguo y estar retirado por ActiveHome, el CP290 no obtiene mucha asistencia del software en los sistemas nuevos de operaciones. Sin embargo, tiene muchos programas basados en DOS, también algunos Windows.²

1.2.8.2 Controladores medios X-10.

El CM11A y el LYNX-10 son soluciones de control muy adecuadas para casi todas las necesidades de usuario medio.

Controlador Medio I: CM11A (ActiveHome, HomeDirector). El activehome es el primer controlado que por fin introduce dos direcciones. También goza de la condición de la mayor parte de los controladores asistidos desde las aplicaciones. No hay ningún programa de propósitos generales que no se conecte con el activehome. Es fácil de instalar y viene de muchas formas: el CM11A se hace para el voltaje de la línea de conducción eléctrica. El CM11K es para 220V, y hay

² Para mayor información acerca del Protocolo X-10 y su variedad de productos por favor viste los sitios web <http://www.smarthome.com/> <http://www.x-10.org> <http://www.x-10.com>

versiones con conectores en francés, alemán e inglés. El HomeDirector es un CM11A bajo la marca IBM. El marketing hace que este controlador sea distinto. Activehome hace un buen trabajo al informar sobre colisiones. No sólo informa sobre la presencia de colisiones, sino también sobre el comando de colisiones. Esto es importante para que el ordenador central tenga una tabla de estados correcta de los módulos, éste es el único controlador que contiene un informe de comandos de colisiones. “Las colisiones son los códigos parecidos que reciben las misma orden”.²

Hay muchos problemas documentados acerca del CM11A en el terreno de la fiabilidad. No hay menos de cuatro sistemas distintos que el CM11A pueda manejar. Además, ha habido informes de sobrecalentamiento del dispositivo hasta el punto de estar demasiado caliente para tocarlo.

Controlador Medio II: Las herramientas del Lynx-10, son tan populares como el Activehome, aunque el precio de sus herramientas está en la misma categoría. El Lynx se puede ensamblar a partir de unas herramientas. Una de las características única del Lynx-10 es que es el único controlador que percibe una frecuencia portadora de una corriente eléctrica de 50/60 Hz. Ello resulta importante dado que vivimos en países que utilizamos sistemas de líneas eléctricas de 120 V / 60 Hz. Aquí, a menudo se emplean tres fases incluso (motores de 3 fases son más eficaces). El protocolo X-10 proporciona medios para la operación de las tres fases, pero es el controlador el que establece su distribución interna según la frecuencia de la línea de conducción. Si no posee esta habilidad significa que el controlador será capaz de controlar módulos que sólo se alimentan de la misma fase que el controlador, toma como una de las fases del sistema.

1.3 EL CONTROLADOR Y EL MICROCONTROLADOR

En esta sección se estudiará el funcionamiento de un controlador las características, aplicaciones, tipos más usados, arquitectura, lenguajes utilizados para su programación y funcionamiento, así como los microcontroladores PIC y sus diferentes gamas.

1.3.1 CONTROLADOR

Un controlador es un dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo su implementación física ha variado frecuentemente. En la actualidad es posible encontrar diferentes tipos. Algunos se comentan a continuación.

1.3.1.1 Controlador Incorporado.

Una sencilla definición de controlador incrustado (“embedded controller”) es un computador dedicado a una sola tarea y generalmente, incorporado en el mismo producto al que gobierna. Es el caso de un teléfono móvil, el ratón del computador o el mismo teclado. Los primeros controladores incorporados comenzaron a emplearse en los años 60, cuando el controlador incorporado es un microcontrolador, su pequeño tamaño y su reducido costo permite incluirlo dentro de los propios dispositivos a controlar, haciéndolos más inteligentes y fáciles de usar.

1.3.2 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador, se dice que es “la solución en un chip” porque su reducido tamaño minimiza el número de componentes y el costo. Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Procesos).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertas serie y paralelo, CAD, CDA, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Según el modelo de microcontrolador que se trate el tamaño y el tipo de memoria pueden deferir, así como el número de líneas de E/S y los modelos de control de periféricos, la diversificación de modelos permite seleccionar el más adecuado según la aplicación que se convierte en una ventaja en el caso de que en un simple circuito integrado residan todos los componentes que necesita el controlador.

1.3.2.1 Aplicaciones.

La única limitación que tienen las aplicaciones de los microcontroladores actuales está en la imaginación del diseñador. Los campos más destacados en los que se emplean microcontroladores son las siguientes:

- Periféricos y dispositivos auxiliares de los computadores.
- Electrodomésticos.
- Aparatos portátiles y de bolsillos (tarjetas, monederos, teléfonos, etc.).
- Máquinas expendedoras y juguetería.
- Instrumentación.
- Industria de automoción.
- Control industrial y robótica.
- Electromedicina.
- Sistemas de navegación espacial.

- Sistemas de seguridad y alarma. Domótica en general.
- Sistema X-10 (protocolo X-10).
- Termorregulación (calderas de calefacción, aire acondicionado, hornos, mantas eléctricas, etc.).

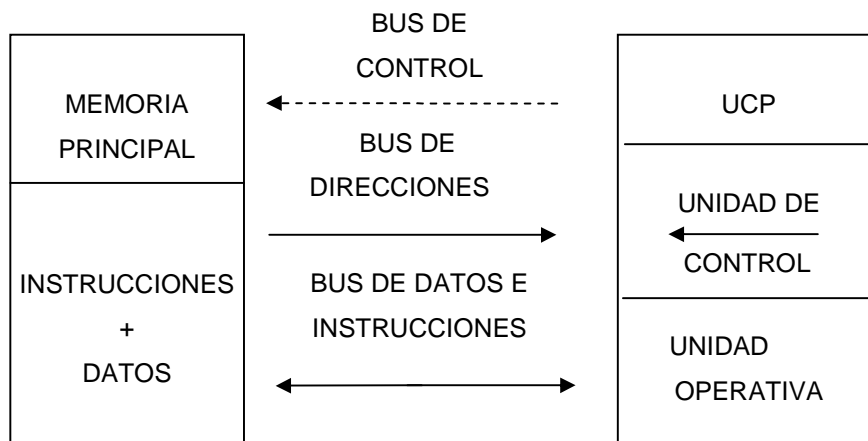
1.3.2.2 Recursos comunes a todos los microcontroladores.

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales: procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

1.3.2.3 Arquitectura básica.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann (ver figura), en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacena datos e instrumentaciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

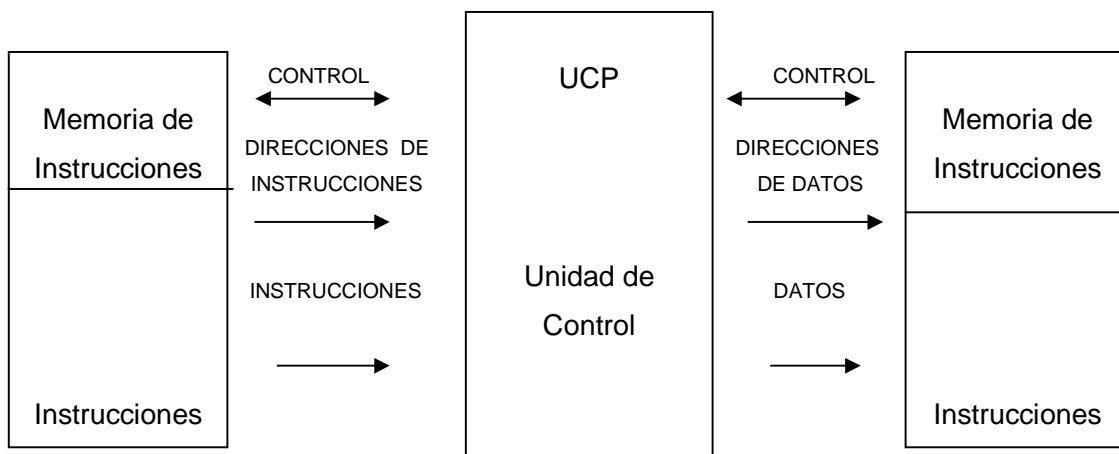
Figura 11. Arquitectura Von neumann



Fuente Autores del proyecto

La arquitectura Harvard (siguiente figura), dispone de dos memorias independientes: una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.

Figura 12. Arquitectura Harvard



Fuente: Autores del proyecto

1.3.2.4 El procesador o CPU.

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución y de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

1.3.2.5 Puertas de entrada y salida.

La principal utilidad de los pines que posee la cápsula que contiene el microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.¹⁰

1.3.2.6 Lenguajes de Programación.

Se han desarrollado todo tipo de lenguajes para los microcontroladores, pero los más usados son el Ensamblador, el Basic, el C, Pascal, el Visual C, Visual Basic y el C++. Como toda máquina digital, el microcontrolador es capaz de entender exclusivamente el lenguaje binario grabado en la memoria.

El lenguaje ensamblador, que utiliza nemónicos inteligentes, es una forma más humana de escribir los programas. Los programas escritos en ensamblador son compactos y rápidos puesto que realizan un completo control de la máquina. Sin embargo, si no están bien confeccionados, resultarán de gran tamaño y lentos. El lenguaje ensamblador no es capaz de corregir la ignorancia de quien lo emplea.

Los “intérpretes” son programas residentes en el microcontrolador que permiten la ejecución del programa línea a línea. Los dos intérpretes más populares son el

¹⁰ Notas tomadas de <http://www.monografias.com/trabajos12/micrcont/micrcont.shtml>

BASIC y el FORTH. El primero es más fácil y simple pero es bastante lento al ser interpretado. El segundo es de difícil escritura pero muy apropiado para el control industrial y la robótica. La ventaja del intérprete reside en su interactividad. Se puede escribir un poco de código y ejecutarlo inmediatamente para ver el resultado.

Los “compiladores” son programas que se encargan de traducir el programa de trabajo escrito en cualquier lenguaje a código máquina para luego grabarlo en la memoria del microcontrolador y ejecutarlo. Se hace la traducción de todo el programa con el compilador que reside en otro computador. Hecha la traducción a código máquina, se graba en la memoria de instrucciones del chip y se ejecuta. Los compiladores más populares son el C, C++ y el BASIC.

1.3.3 EL PIC (Controlador de Interfaz Periférico)

Los PIC son una familia de microcontroladores fabricados por Microchip cuya arquitectura, capacidades, juego de instrucciones y especialmente su bajo costo lo hacen muy útil en pequeñas aplicaciones así como parte de otras aplicaciones de mayor envergadura sustituyendo a gran cantidad de circuitos lógicos convencionales. Sus características principales son:

- Arquitectura Harvard con memoria de datos y programa separadas lo que permite acceder a ambas simultáneamente.
- Juego de instrucciones reducido (RISC) que facilita su aprendizaje.
- Instrucciones de igual longitud optimizando el uso de la memoria de programa (todas las instrucciones miden 12, 14 o 16 bits según el microcontrolador lo que permite incluir en una sola palabra el código de operación y los operandos; además este tamaño es la anchura del bus de datos de la memoria de programa).
- Uso de segmentación (pipe-line) que permite la ejecución de una instrucción mientras se busca la siguiente (salvo en los saltos). La ejecución

de cada instrucción tarda 8 periodos de reloj formando 2 ciclos (búsqueda y ejecución) de 4 periodos cada uno ejecutándose paralelamente al usar el primero la memoria de programa y el segundo la de datos.

- Instrucciones ortogonales, es decir, todas pueden operar con todos los operandos.
- Arquitectura basada en banco de registros, es decir, todos los elementos del microcontrolador (memoria de datos y elementos de E/S) se manejan como registros.
- Amplia familia con diversas prestaciones para adaptarse a las necesidades específicas de cada diseño.

1.3.3.1 La familia de los PICs.

Existen PICs de tres gamas distintas estas corresponden a características específicas de cada diseño por ejemplo: memoria de programa, memoria de datos, temporizadores, frecuencia de funcionamiento y todas aquellas propias de su diseño a continuación describiremos estas gamas:

1.3.3.1.1 Gama alta.

En la actualidad, esta gama está formada por tres modelos. Los dispositivos PIC17C4X responden a microcontroladores de arquitectura abierta pudiéndose expandir al exterior al poder sacar los buses de datos, direcciones y control. Así se pueden configurar sistemas similares a los que utilizan los microprocesadores convencionales, siendo capaces de ampliar la configuración interna del PIC añadiendo nuevos dispositivos de memoria y de E/S externas. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de patitas comprendido entre 40 y 44. Admite interrupciones, posee puerto serie, varios temporizadores y mayores capacidades de memoria, que alcanzan las 8 K palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

1.3.3.1.2 Gama Media.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndolos más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores. Algunos modelos disponen de una memoria de instrucciones del tipo OTP (One Time Programmable), que sólo la puede grabar una vez el usuario y que resulta mucho más económica en la implementación de prototipos y pequeñas series.

Hay modelos de esta gama que disponen de una memoria de instrucciones tipo EEPROM, que al ser borrables eléctricamente, son mucho más fáciles de reprogramar que las EPROM, que tienen que ser sometidas a rayos ultravioleta durante un tiempo determinado para realizar dicha operación. Comercialmente el fabricante ofrece cuatro versiones de microcontroladores en prácticamente todas las gamas:

- Versión EPROM borrable con rayos ultravioleta. La cápsula dispone de una ventana de cristal en su superficie para permitir el borrado de la memoria de programa al someterla durante unos minutos a rayos ultravioleta procedentes de lámparas fluorescentes especiales.
- Versión OTP. Programable una sola vez. Son similares a la versión anterior, pero sin ventana y sin posibilidad de borrar lo que se graba.
- Versión QTP. Es el propio fabricante quien se encarga de grabar el código en todos los chips que configuran pedidos medianos y grandes.
- Versión SQTP. El fabricante sólo graba unas posiciones de código para labores de identificación, número de serie, palabra clave, checksum. Entre otras.

1.3.3.1.3 Gama Baja.

La memoria de programa puede contener 512, 1K, 2K palabras de 12 bits, y ser de tipo ROM o EPROM. También hay modelos con memoria OTP, que sólo puede ser grabada una vez por el usuario. La memoria de datos puede tener una capacidad comprendida entre 25 y 73 bytes. Sólo dispone de temporizador (TMRO), un repertorio de 33 instrucciones y un número de patitas para soportar las E/S comprendiendo entre 12 y 20. El voltaje de alimentación admite un valor muy flexible comprendido entre 2 y 6,25 V, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz). Al igual que todos los miembros de la familia PIC16/17, los componentes de la gama baja caracterizan por poseer los siguientes recursos²:

- Sistema POR (Power ON Reset).
- Perro guardian (Watchdog).
- Código de protección.
- Líneas de E/S de alta corriente.
- Modelo de reposo (Bajo consumo o "sep").

En la tabla, se describen los tipos de microcontroladores pertenecientes a las diferentes gamas y las características propias de cada uno de ellos.

² Para mas información y buen conocimiento sobre los microcontroladores, se recomienda el libro Microcontroladores PIC, La solución en un CHIP de Eugenio Martín Cuenca.

Tabla 4. Distribución general de los modelos PIC en las tres Gamas

PIC 17C4X MEMORIA OTP	GAMA ALTA
PIC 16C8X MEMORIA EEPROM PIC 16C7X CONVERTIDOR A/D PIC 16C62X COMPARADORES PIC 16C6X/PIC16CR/6X MEMORIA ROM/OTP	GAMA MEDIA
PIC 16CRX/5XA MEMORIA ROM	GAMA BAJA

Fuente Autores del proyecto

1.4 EL TRANSDUCTOR

Una de las características determinantes al realizar el control de determinada variable es el dispositivo utilizado para medir dicha variable o transductor, es por esto que la selección de dicho dispositivo permitirá obtener datos más exactos y de mayor calidad de gran utilidad en el sistema de control o tipo de control a utilizar.

Se denomina transductor en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa

que la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir una de las componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide sólo la otra componente.

Al medir una fuerza, por ejemplo, se supone que el desplazamiento del transductor es despreciable, es decir, que no se “carga” al sistema, ya que de lo contrario podría suceder que éste fuera incapaz de aportar la energía necesaria para el desplazamiento. Pero en la transducción siempre se extrae una cierta energía del sistema donde se mide, por lo que es importante garantizar que esto no lo perturba.

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicas), cualquier dispositivo que convierta una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física “útil”. En la práctica, no obstante, se consideran transductores por antonomasia aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ello se debe al interés de este tipo de señal en la mayoría de procesos de medida.

1.5 SENSOR

Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide da una señal de salida traducible que es función de la variable medida. Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

Transductor en cambio, sugiere que la señal de entrada y la de salida no deben ser homogéneas. Para el caso en que lo fueran se propuso el término “modificador”, pero no ha encontrado aceptación.

La aceptación entre transductor de entrada (señal física /señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica /presentación) está prácticamente en desuso. La tendencia actual, particularmente en robótica, es emplear el término sensor (o captador en bibliografía francesa) para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía.

1.5.1 Tipos de sensores.

El número de sensores disponibles para las distintas magnitudes físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio. Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía a nivel macroscópico de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces, “casi digitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad y mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés. Atendiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo. Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

1.5.1.1 Sensores de movimiento por infrarrojos pasivos.

El principio de funcionamiento de los sensores de movimiento por infrarrojos pasivos (PIR) está basado en aquel de las cámaras infrarrojas, que se usan en multitud de aplicaciones como por ejemplo la detección de pérdidas de calor en edificios. El sensor infrarrojo obtiene una imagen del calor del área que se quiere controlar mediante el uso de un sistema de lentes (Fresnel lenses). Después de un periodo de arranque de unos 20 segundos se guarda la imagen. El sensor conmuta si se detecta un cambio en la imagen producido por un movimiento, para ello se deben dar dos condiciones:

- i) Debe haber una diferencia de temperatura entre el objeto a detectar y el fondo de +/- 2 grados centígrados y
- ii) El objeto a detectar se debe mover a una velocidad superior a 10 cm. /seg.

Este dispositivo resulta ideal para la detección de personas. Habitualmente existe una diferencia de temperatura de 10 grados centígrados entre al medio ambiente y una persona vestida.

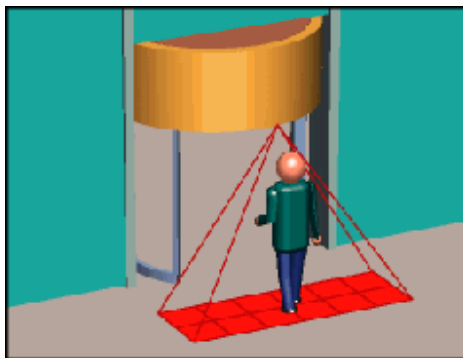
1.5.1.1.1 Inteligencia y compensación de la temperatura.

En el caso de detección de personas y objetos, por motivos de naturaleza física, la tecnología PIR sólo debe ser utilizada para detectar personas o animales. No siempre se puede garantizar que exista una diferencia de temperatura entre los objetos inanimados y el medio ambiente.

1.5.1.1.2 Gran precisión de las lentes.

Las lentes permiten fijar de manera muy precisa el área de detección. Mediante un sistema de diafragmas y un sistema de amplificación (zoom), el cliente puede ajustar a su medida que casillas quiere que estén activas. Además se puede ajustar el tamaño de las celdas de manera muy precisa. Así se consigue una gran posibilidad de ajuste, como si fuese una alfombra invisible, tal como se observa en la figura.

Figura 13. Sensor por infrarrojo pasivo

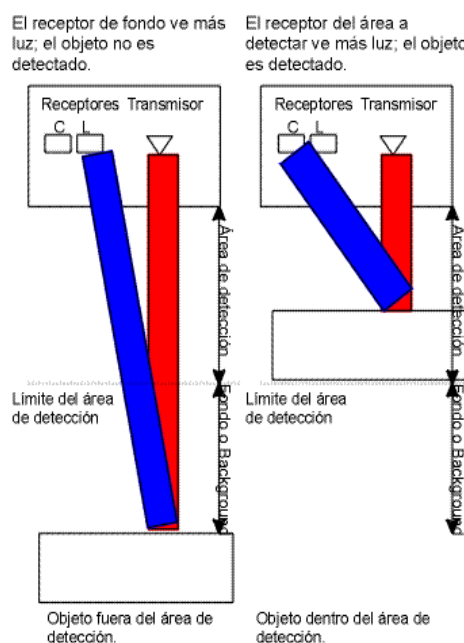


Fuente http://www.domotica.net/Tipos_de_Sensores'2.htm

1.5.1.2 Sensores de movimiento por infrarrojos activos.

El principio de funcionamiento de los sensores de movimiento por infrarrojos activos (AIR), consiste en utilizar un emisor y por lo menos dos receptores. Estos receptores deben ser de gran calidad para asegurar un correcto funcionamiento. Tanto el emisor como el receptor están en la misma placa de circuito impreso. El ajuste de la distancia de detección se realiza mediante un sistema mecánico que cambia el ángulo entre el transmisor y los receptores. A este sistema de ajuste se le denomina triangulación o medición diferencial.

Figura 14. Funcionamiento del sensor de presencia por infrarrojo activo



Fuente http://www.domotica.net/Tipos_de_Sensores'2.htm

Los sensores infrarrojos activos detectan presencia, no movimiento. Los objetos serán detectados mientras interfieran entre la luz emitida y recibida. Es un sistema estático de detección. El área de detección depende en gran medida del centro del enfoque óptico entre emisor y receptor conocido como centreo-centre. Se pueden combinar varios de estos sistemas para crear líneas de luz (cortinas de luz) o para

cubrir áreas o sensores para contar personas. El funcionamiento de este tipo de sensores se puede ver en la figura anterior.

1.5.1.2.1 Modos de trabajo.

Estos dispositivos presentan un modo de trabajo, que se conoce como supresión de fondo. La supresión de fondo sirve para indicar qué queremos ver hasta una cierta distancia, pero no lo que esté más allá. Muchas fotoceldas o sensores denominados de supresión de fondo no lo son. El problema viene con la reflexión de los distintos colores. El blanco refleja la mayoría de la luz. El negro absorbe casi toda la luz, aunque siempre algo se refleja. Por tanto dentro de todos los sensores de supresión fondo existe una pequeña diferencia entre la distancia de detección para el blanco y el negro. Si esta distancia es muy grande dependiendo de nuestra aplicación nos servirá o no (pero en la mayoría de casos causará graves problemas).

De los dos receptores que tenemos uno sirve para ver la luz recibida dentro del área de detección y otro para ver la luz recibida más allá de esta área. Normalmente ambos están recibiendo luz. Dependiendo de cual de los dos sea el que recibe más luz se determinará que el objeto detectado está dentro o fuera de los límites de detección.

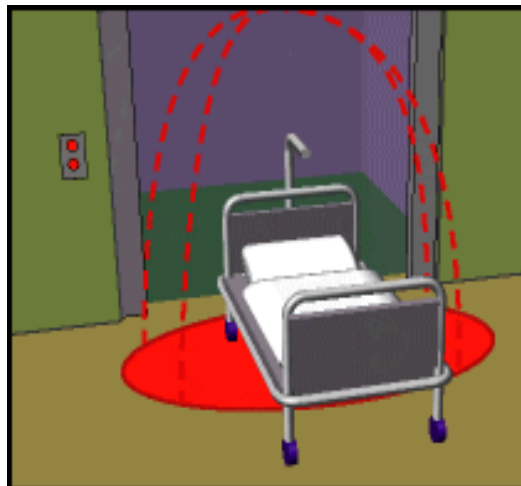
1.5.1.3 Sensores de movimiento por radar.

El principio de funcionamiento de los sistemas de radar o microondas está basado en la propagación de las ondas electromagnéticas, similares a las de los radio transmisores, pero con una frecuencia mucho mayor ($>1 \text{ GHz} = 1,000,000,000$ vibraciones/seg.)

Las ondas emitidas son reflejadas en el suelo, paredes y otros objetos y devueltas al receptor. Gracias a la antena emisora ajustable, las microondas emitidas se pueden enfocar y dirigir al área deseada. Si no se produce ningún movimiento

dentro de esta zona, la frecuencia de emisión es igual a la recibida, indicando que la zona está despejada. Las personas y objetos que se mueven dentro del área activan el sensor. La frecuencia emitida y la recibida ya no son iguales. Esta diferencia en frecuencia es analizada por un microprocesador produciendo una señal de salida mediante un relé o un transistor. Las vibraciones producidas en el propio detector, sobre todo si son fuertes, pueden producir una falsa detección (efecto Doppler). La única condición que se debe cumplir para la detección es que el objeto se mueva a una velocidad superior a 10 cm. /s.

Figura 15. Sensor de movimiento por radar



Fuente http://www.domotica.net/Tipos_de_Sensores'2.htm

1.5.1.3.1 Respuesta.

La respuesta producida por el sensor depende de la reflexión de las microondas.

La reflexión a su vez depende de tres factores que son:

- La superficie de reflexión del objeto.
- La velocidad del objeto.
 - A mayor velocidad mejor reflexión.
- El ángulo de penetración o acercamiento.

- El sensor obtiene mejores resultados cuando el objeto se aproxima frontalmente.

Los sensores mediante radar emiten las microondas a través de la antena ajustable. Esta antena permite ajustar el campo de detección. Además permite hacer ajustes asimétricos siendo ideal para obtener un área adecuada a cada aplicación.

1.5.1.3.2 Reflexión/transmisión.

Las microondas son totalmente reflejadas por los metales (efecto espejo), son absorbidas por el agua y oxígeno y atraviesan muchos tipos de plástico y cristal casi sin resistencia. Estos sistemas de microondas son perfectamente seguros para el hombre y los animales, esto es debido a que tienen una potencia muy baja.

1.5.1.3.3 Tipos de interferencias.

Existen un gran número de factores que pueden interferir en los sistemas de detección por radar como son la lluvia, la nieve, las lámparas fluorescentes, la vibración de las propias puertas, etc. Pero además últimamente existe un factor muy importante que son las interferencias parasitarias producidas por teléfonos móviles, equipos de radio y rayos X, etc.

1.6 ACONDICIONADORES DE SEÑAL Y ADAPTADORES

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada, o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Consisten normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación o demodulación.

Si se considera, por ejemplo, el caso en que una de las etapas de tratamiento de la señal de medida es digital, si la salida del sensor es analógica, que es lo más frecuente, hará falta un convertidor A/D. Éstos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de entrada limitada, y que su amplitud esté entre unos límites determinados, que no suelen exceder de 10 V. Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrece señales de apenas unos milivoltios de entrada esté en forma eléctrica.

1.7 INTERFACES, DOMINIOS DE DATOS Y CONVERSIONES

En los sistemas de medida, las funciones de transducción, acondicionamiento, procesamiento y presentación, no siempre se puede asociar a elementos físicos distintos. Además la separación entre el acondicionamiento y el procesamiento puede ser a veces difícil de definir. Pero, en general, siempre es necesaria una acción sobre la señal del sensor antes de su utilización final. Con el término interfaz se designa, en ocasiones, el conjunto de elementos que modifican las señales, cambiando incluso de dominio de datos, pero sin cambiar su naturaleza, es decir, permaneciendo siempre en el dominio eléctrico.

Se denomina dominio de datos al nombre de una magnitud mediante la que se representa o trasmite información. El concepto de dominios de datos y el de conversiones entre dominios, es de gran interés para describir los transductores, sensores, y circuitos electrónicos asociados.

1.8 LA PROGRAMACIÓN GRAFICA EN LABVIEW

El software Labview es utilizado para control y visualización basado en el lenguaje de programación gráfico estructurado a través de diagramas de bloques, creado por National Instruments y dirigido especialmente a la automatización, adquisición,

análisis de datos y al manejo de sistemas de instrumentación. Una vez obtenidos los datos mediante la tarjeta de adquisición de datos, éstos se pueden manipular, visualizar y procesar por medio de las librerías que contienen una gran variedad de funciones, herramientas e instrumentos virtuales (VI, programas desarrollados en Labview). Algunas de las aplicaciones de análisis de Labview son:

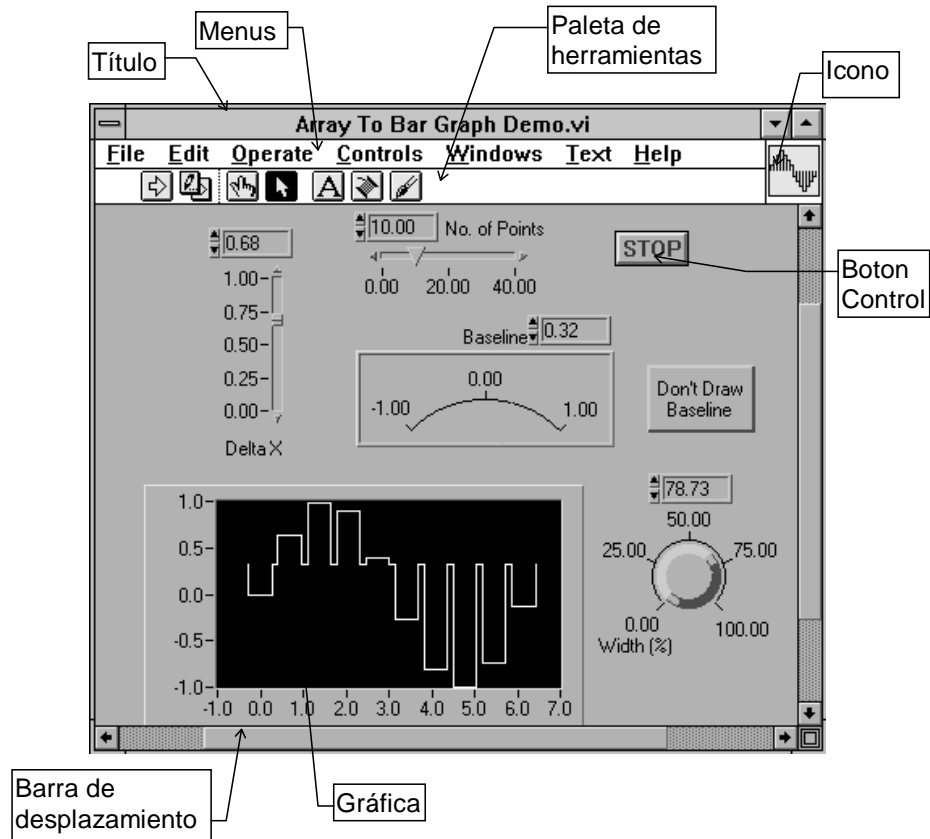
- Generación de patrones
- Procesamiento de señales digitales
- Filtros digitales
- Análisis estadísticos
- Ajuste de curvas
- Álgebra lineal
- Análisis numérico

Labview permite visualizar los datos de manera gráfica y numérica, además, estos pueden ser almacenados y utilizados en otros lenguajes de programación.

Al iniciar una sesión con Labview, se presentan dos ventanas denominadas panel frontal y de diagramación.

1.8.1 Panel frontal

Figura 16. Panel frontal



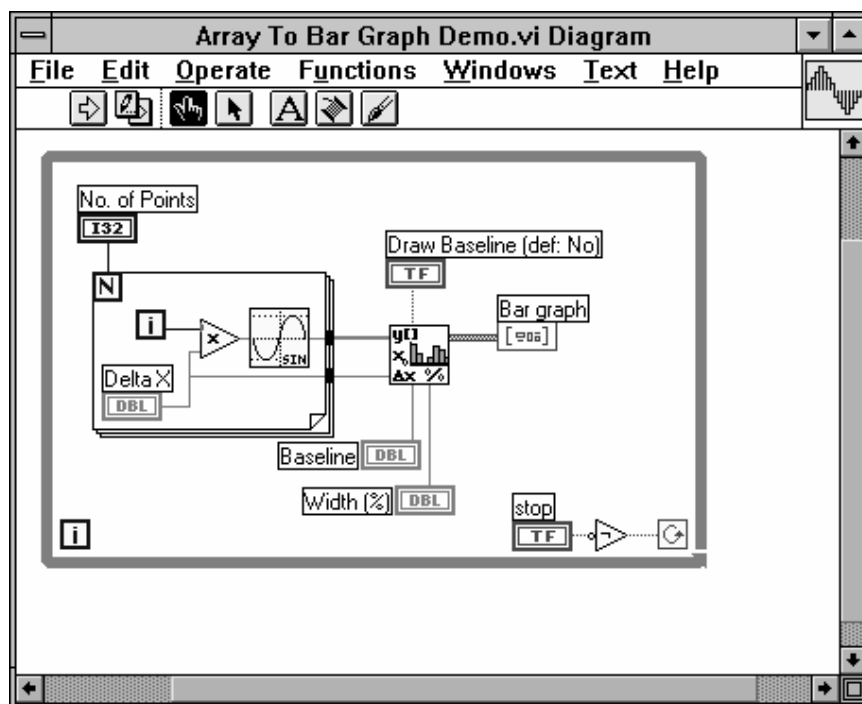
Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

En este panel se simula la parte física de un instrumento o sistema de control. Puede contener perillas, botones de control, indicadores y gráficos. En el panel frontal se encuentra la paleta de controles (Figura anterior) que contiene los elementos que el usuario pueda utilizar para desarrollar la aplicación: controles e indicadores numéricos o booleanos, tablas, listados, matrices y gráficos.

Los controles simulan las entradas de los instrumentos reales como perillas, switches y botones, los cuales suministran los datos a la ventana de diagramación del VI. Los indicadores simulan displays de salida que presentan los datos que el programa adquiere o genera.

1.8.2 Ventana de diagramación

Figura 17. Ventana de diagramación



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

En los lenguajes convencionales de programación las instrucciones lógicas se desarrollan por medio de líneas de texto, mientras que Labview lo hace en forma gráfica, en donde las funciones son íconos y terminales y las conexiones lógicas se establecen a través de hilos como se muestra en la figura anterior.

Los diagramas de bloques están compuestos, principalmente, por terminales, nodos y cables o hilos.

1.8.2.1 Terminales.

Cuando se ubica un control o indicador en el panel frontal, Labview crea un terminal correspondiente en el diagrama de bloques, éste no puede ser borrado en el diagrama, sólo se puede borrar si se elimina el control o indicador en el panel frontal.

1.8.2.2 Nodos (Funciones).

Los nodos son semejantes a operadores, funciones y subrutinas en lenguajes de programación estándar. Los principales tipos de nodos son: estructuras, funciones numéricas, booleanas, matrices, grupos, comparaciones, tiempo, archivos, comunicación, instrumentación, adquisición de datos y análisis.

1.8.2.3 Hilos o Cables.

Los hilos son los que permiten el paso de los datos entre los terminales e iconos. Cada hilo tiene un estilo o color diferente dependiendo del tipo de dato que fluye a través del mismo.

1.8.3 Paletas de herramientas.

La paleta presenta dos tipos, en modo edit y modo run. Para la edición del programa, Labview posee una paleta de herramientas (Tools), la cual se encuentra en el menú Windows ubicado en la parte superior del panel frontal o de la ventana de diagramación. Algunos de estos se utilizan para cambiar valores de los controles, crear textos y cablear los terminales. La paleta en el modo run se utiliza para ejecutar el programa y se encuentra localizada en la parte superior del panel frontal y ventana de diagramación.

1.8.4 SubVI.

Un programa específico puede ser utilizado dentro de otro y se denomina SubVI¹¹.

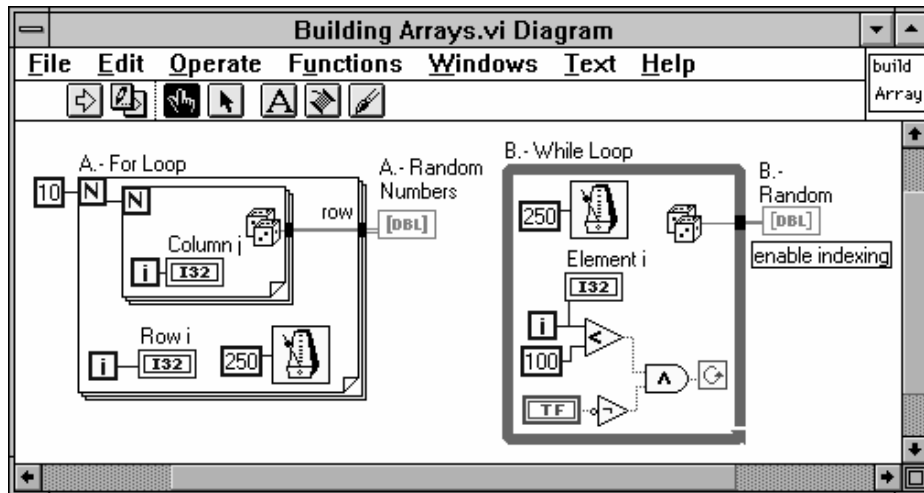
1.8.5 Flujo de datos.

A diferencia de los lenguajes escritos en algoritmo de texto continuo, el LabView es un lenguaje que en cierta forma se puede llamar multiproceso, pues puede ejecutar varias rutinas al mismo tiempo. Esto se logra porque el procesador gasta partes de tiempo en cada rutina, dentro de un intervalo de tiempo. Así, según un sistema de prioridades, se va ejecutando parte de cada programa.

Como se ve en la siguiente figura, cuando se corre el programa los dos ciclos corren simultáneamente, (cosa que no es cierta en términos de nanosegundos, pero se puede afirmar que sí, en segundos). Para hacer que un ciclo corra después de otro se requiere de una estructura que permita esto como es la de secuencia, donde dentro de cada cuadro se ubica el ciclo que se va a realizar.

¹¹ Para mas información se recomienda Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

Figura 18. Ejecución de los ciclos



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

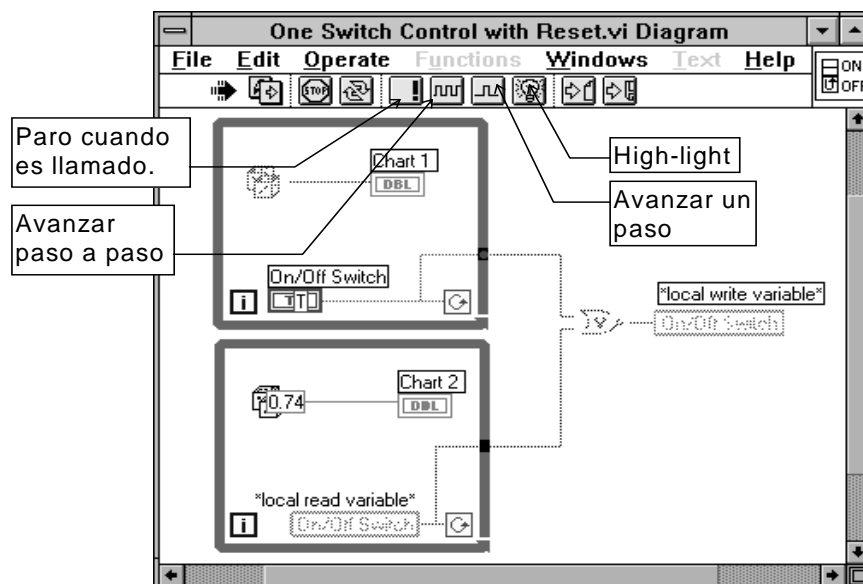
El flujo de datos a través del programa, se hace a través de los cables que llevan la información a las funciones y a los datos de control a las estructuras. Una función no se ejecuta sino hasta que han llegado todos los datos de entrada. Así, en la figura el signo menor arrojará un dato de verdadero o falso solo cuando hayan llegado los datos de entrada a esta función.

Los datos de salida sólo surgen cuando ha cumplido la función su operación. Así mismo ocurre con las estructuras, o sea que el dato de salida de la estructura fluirá al resto del programa cuando ésta haya concluido. (Para el caso de la figura, cuando el ciclo haya cumplido todo su número de vueltas). Se puede usar un ciclo While, o un For-Next para acumular datos en la frontera de salida, y así cuando terminen las iteraciones, tener una matriz como resultado, lo que se logra dando click con el botón derecho en la conexión de salida del ciclo y seleccionando **“Enable Indexing”**.

Con dos ciclos anidados se tendrá una matriz de dos dimensiones de tamaño según el número de vueltas. Para que no almacene datos en la frontera, seleccionar “**Disable Indexing**”, en el mismo pop-up menú. Para ver como fluyen los datos a través del diagrama de bloques se puede hacer click en el boton de high-light ubicado en la paleta de herramientas, para ver como unos puntos luminosos indican los movimientos en dicho diagrama.

Si se desea que esta revisión se haga paso a paso, se debe presionar el icono de marcha a pasos, y presionar en el icono de un paso para obtener el paso siguiente. Cuando se llega a una subrutina, normalmente no se ve lo que ocurre adentro. Si se desea que cuando se ejecute ésta porque llegan los datos a ella se abra el panel de esta y se detenga, para ver el flujo dentro, se debe grabar ésta con el icono de **Paro con Llamada ‘...’**. Cuando esto se hace el icono cambia a “!”

Figura 19. Visualización de etapas



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

1.8.6 Estructuras y elementos de programación.

Para realizar un programa dentro de cualquier lenguaje se requiere de conocer el manejo de las estructuras que gobiernan un algoritmo. En el LabView como lenguaje también cuenta con estas.

Las estructuras en LabView son:

- Los ciclos While
- Los ciclos For-Next
- Los cuadros de casos
- Las secuencias

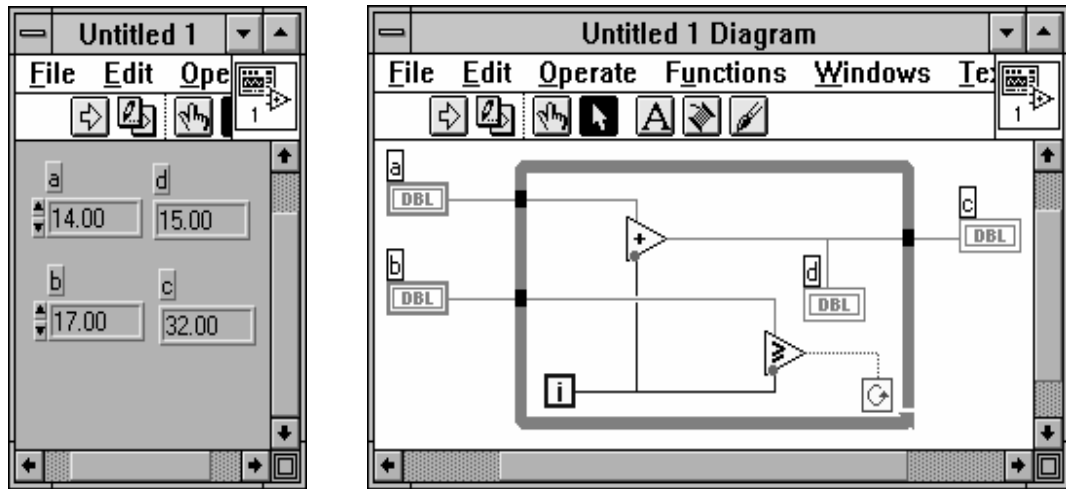
Otros elementos de programación son las variables, que pueden ser de tipo global o local, y los cuadros de fórmula.

1.8.6.1 Los ciclos while.

1.8.6.1.1 General.

Sirven para hacer que una secuencia de instrucciones se repita una cantidad de veces, siempre y cuando una afirmación sea verdadera. En el LabView se ejecutarán las funciones que se encuentren dentro del cuadro de ciclo, tomando los valores que quedaron almacenados en la frontera de entrada, y sacando los resultados a la frontera de salida. Por ejemplo si se desea contar a partir de un número 'a', durante una cantidad de veces 'b', e ir mostrando el número de conteo en un indicador 'd', y ver el último número contado en 'c', el programa sería el siguiente. El término 'i' en el ciclo es un contador que se incrementa una unidad cada vez que se repite el ciclo. La flecha circular es el parámetro que al recibir un valor de true (verdadero), permite repetir el ciclo, y al recibir un falso, lo detiene para que el dato que haya en la frontera de salida valla al indicador c. Ver figura

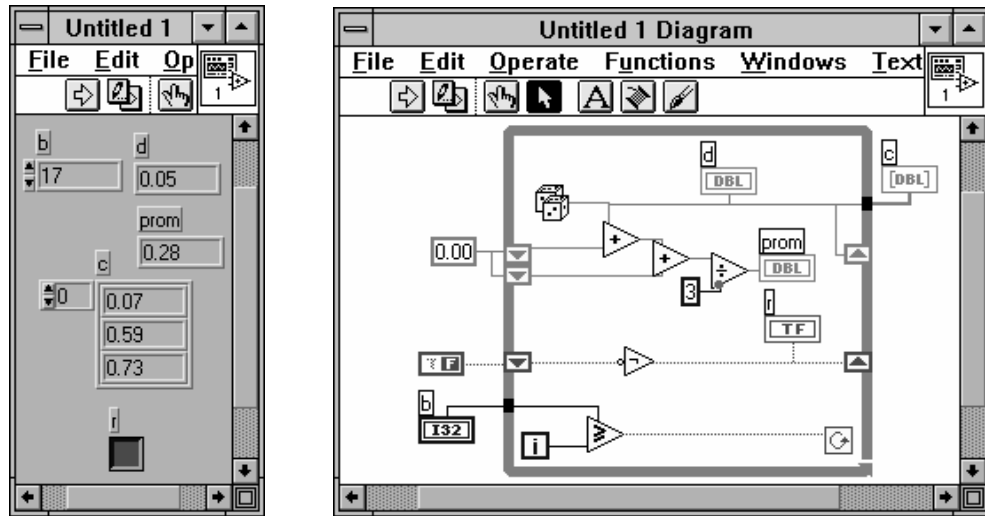
Figura 20. Ventanas del programa



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

Los datos **a**, y **b** sólo llegan una vez a la frontera de entrada y allí quedan almacenados en un buffer para ser usados todas las veces que el ciclo repita. Estos datos siempre serán iguales. En el programa se sumará en cada loop el valor de 'a' con el contador que en cada iteración es mayor en uno. El dato se mostrará en 'd', y se llevará a la frontera de salida, donde se almacena hasta que termine el ciclo. En la iteración siguiente un nuevo dato llega a la frontera borrando el anterior, así cuando la bucla se detiene, sólo el último valor pasa a 'c'. Constantemente se evalúa si el número 'b' es mayor o igual al contador. Cuando este contador alcanza a **b**, la comparación se vuelve falsa y el ciclo se detiene. Tal como se muestra en la figura.

Figura 21. Flujo del ciclo



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

1.8.6.1.2 Indexing.

Los ciclos se pueden utilizar para crear matrices simplemente acumulando los datos en la frontera de salida, sin permitir que el último borre el primero, y más bien apilándolos uno tras otro en matriz. Esto se logra sacando el pop-up menú de el punto negro de la frontera de salida, el cual es el elemento de memoria o buffer, y seleccionando "Enable indexing". Se aprecia que el cable de salida ahora es más grueso, y debe llevar los datos a un indicador de matriz.

1.8.6.1.3 Shift register.

Se puede hacer que los resultados de un ciclo sirvan como datos para la próxima iteración, mediante unas memorias llamadas Shift Register, las cuales se crean sacando el pop-up menú del ciclo en una de las fronteras. Se crean unas memorias en las fronteras de entrada y salida. Después del ciclo el dato resultado colocado en el shift de la frontera de salida, pasa a ocupar el lugar del shift de la frontera de entrada para participar en las funciones del ciclo. El tipo de dato

manejado puede ser cualquiera, como se ve en el ejemplo, se maneja un dato booleano de verdadero falso.

El dato inicial siempre debe ser definido, pues en la primera iteración estas memorias de entrada se encuentran vacías. Esto se logra conectando un valor a las memorias. En el ejemplo primero se le agrega un 'falso' al shift, después en el ciclo es negado y el resultado 'verdadero' se muestra en un bombillo indicador 'r', y se coloca en el shift de salida, el cual será el próximo valor en el shift de entrada, en el próximo ciclo. Se toma el valor del shift de entrada, se niega, y se muestra en el indicador 'falso' y de nuevo al shift de salida. Así sucesivamente, se tiene como resultado un tren de pulsos falso verdadero y un bombillo titilando.

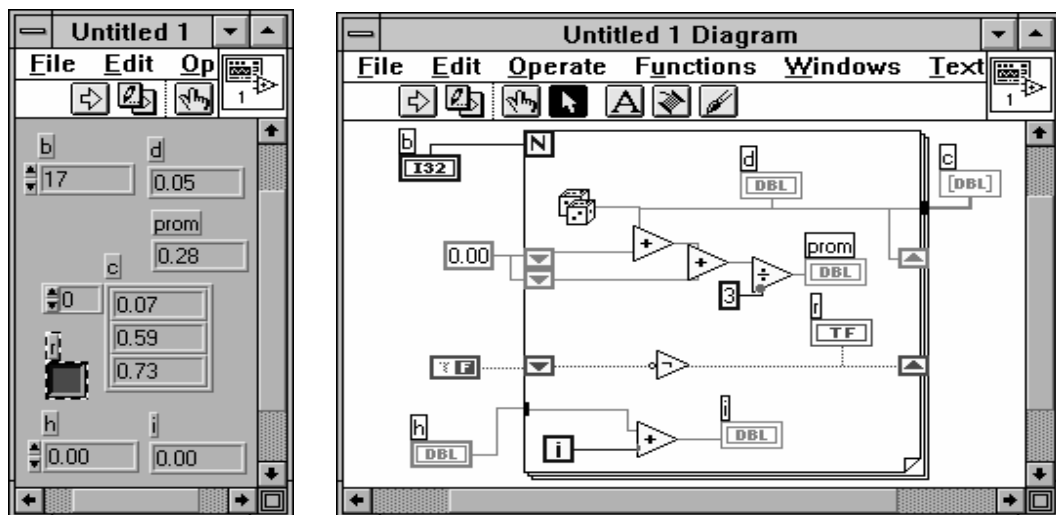
Es posible almacenar no solo datos de la última iteración, sino de la penúltima, y muchas anteriores, agregando shift a la entrada, por medio del pop-up menú del shift, con **Add Shift Register**. Así el ejemplo muestra como tener una secuencia donde se genera una cantidad de números al azar y se calcula el promedio de los tres últimos números. El indicador 'd' muestra el valor actual al azar y los shift almacenan los dos anteriores. Para el caso inicial estos se llenan con cero. El resultado del número al azar se coloca en el shift de salida para que en la próxima iteración pase a la entrada del valor anterior, y en el otro ciclo pase al tras-anterior.

1.8.6.2 Ciclo for-next.

Se comporta similar al ciclo While. Este hace un número definido de iteraciones el cual esta dado por el valor que se coloca en el parámetro 'N'. Este siempre debe ser definido, pues de no suceder así el programa no corre. También se puede usar para crear matrices, y también puede usar valores de ciclos anteriores con los Shift register. Tiene la desventaja respecto al ciclo while de tener que cumplir todas las iteraciones para terminar, mientras que en el while, se termina dependiendo de una condición, por tanto se puede crear un algoritmo que cuando

detecte un error termine el ciclo. Mientras que el for-next es un ciclo ciego, el while siempre se está chequeando.

Figura 22. Ciclo next



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

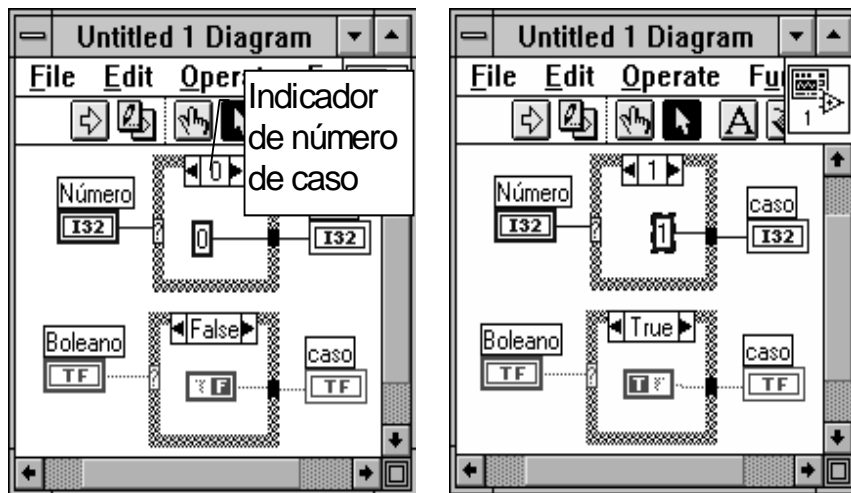
El ciclo For-Next- también cuenta con un elemento 'i' que sirve de contador para decir en que ciclo va. El programa anteriormente realizado con un ciclo While es equivalente al mostrado en la figura anterior. A éste se le ha agregado un contador que suma un valor inicial 'h' con el contador, para mostrar en el indicador "i"DBL, un número que va desde h hasta h+b. b es el número de veces que se ejecuta el ciclo por ser el valor que entra a 'N'

1.8.6.3 Cuadros de casos 'case'.

Es una estructura de comparación y ejecución condicionada donde de acuerdo a algún parámetro se realizan las operaciones de un cuadro u otro. Si el parámetro de condición es del tipo verdadero-falso cuando éste es verdadero se ejecuta un contenido, y cuando es falso se ejecuta otro. De esta forma sólo son posibles dos opciones de ejecución. Si el parámetro es un número, se ejecuta un cuadro cuyo

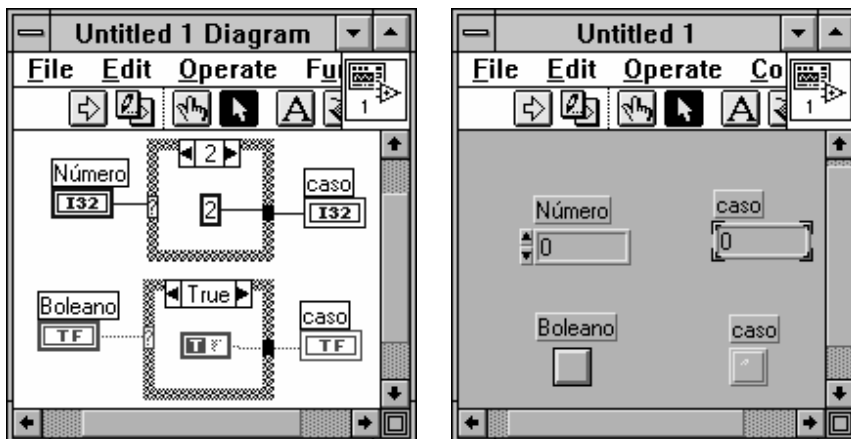
número de identificación corresponde al valor de entrada. En este caso puede haber tantas opciones de ejecuciones como se desee. Para obtener esta estructura, buscarla en el submenú de **estructuras & constantes**, en el menú de funciones.

Figura 23. Estructuras de comparación



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

Figura 24. Cuadros de caso



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

Para agregar un cuadro de caso, cuando se usa un parámetro de selección numérico, solo basta seleccionar el pop-up menú de la estructura, dando click con el botón derecho y seleccionando “Add Case After” para un caso de número siguiente, o “Add Case Before”. Dentro de este pop menú, se encuentran otros parámetros de control de estas estructuras.

Para ver el contenido de cada caso, sólo basta seleccionarlo con las flechas del indicador del caso.

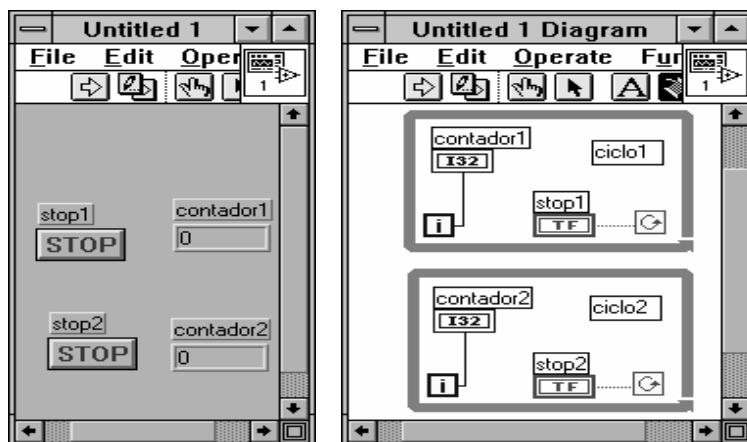
En el ejemplo se aprecian los cuadros de caso de tipo boleano y los de tipo “switch” donde la entrada es numérica. Con solo conectar la entrada, se crea el tipo de caso. Para cada caso en el ejemplo, se conecta una constante al indicador, que corresponde al caso que se ejecuta.

1.8.6.4 Las secuencias.

Como el LabView es un lenguaje de tipo multiproceso, puede ejecutar varias partes del programa simultáneamente. Además las funciones se van operando cuando llegan todos los parámetros de entrada de cada una lo que no da mucha certeza de que función se realiza primero. Pero si por alguna razón se desea que un conjunto de operaciones se realice antes que otro, se puede agregar una estructura de secuencias, la cual ejecuta el contenido del primer cuadro, luego el del segundo, y así sucesivamente, cada foto sigue a la otra. Para agregar un cuadro adicional tal como en las estructuras case, se logra por medio del pop-up menú en el borde del marco, Add Frame.

Para seleccionar el cuadro en el que se edita se usa el indicador en el extremo superior del marco. Una estrategia posible para lograr que una función siga a la otra sin usar cuadros de secuencias, es usando cables que delimiten un flujo obligatorio.

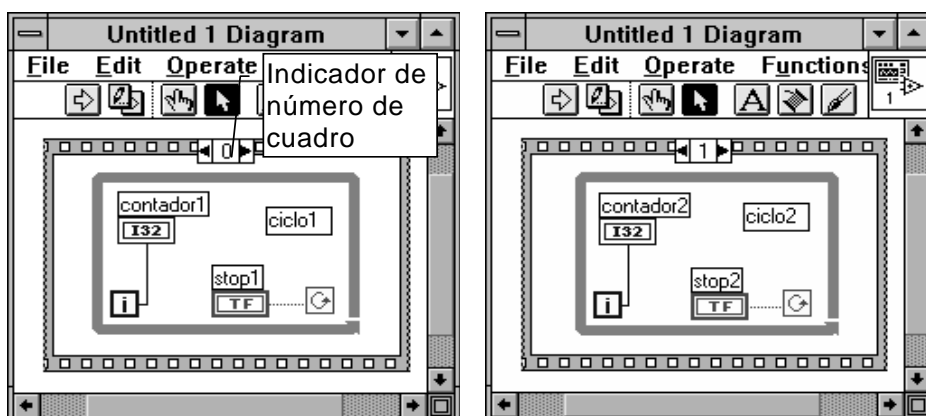
Figura 25. Ejecución simultánea



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

En el ejemplo, se aprecian dos ciclos los cuales al ejecutarlos lo hacen simultáneamente, así al presionar el botón de stop de cada uno, se detienen independientemente. Los ciclos simplemente cuentan números. Si se desea que primero pase el ciclo uno y al presionar el stop de éste pase el segundo, se puede lograr tal efecto con los cuadros de secuencia como se observa en la siguiente figura.

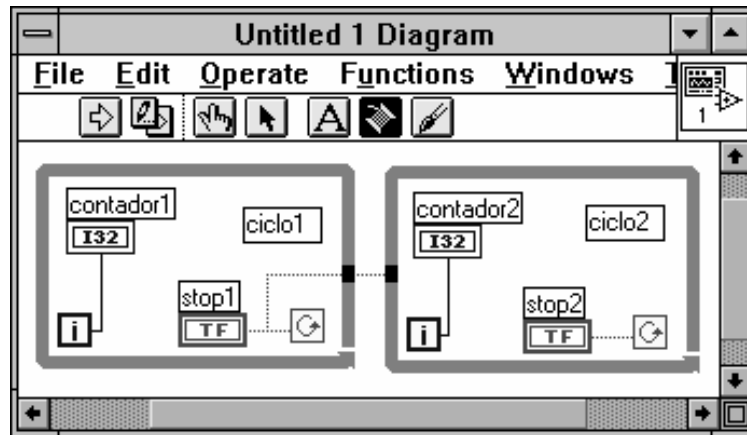
Figura 26. Cuadros de secuencia1



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

El mismo efecto se logra en algunos casos con la estrategia antes mencionada, como en la figura, pero no siempre es conveniente, por lo que es mejor usar la secuencia, además de que ésta reduce la Extensión del diagrama¹².

Figura 27. Cuadro de secuencia2



Fuente Trejo, Rubén Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica. Guía de Labview. Programación general y uso en Control Aplicación en Ingeniería Biomédica. Sacramento. 1997 Trabajo de grado (Ing. Electrónica) Universidad Estatal de California. Facultad de ingenierías.

12 Para más información y buen conocimiento sobre Labview, se recomienda visitar el sitio www.ni.com/labview.

2 DISEÑO Y COMPONENTES DEL SISTEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DOMOTICO

2.1.1 Módulos del sistema

Como se desea crear un prototipo de los dos tipos de módulo del sistema, se optó por emplear microcontroladores de la serie F de Microchip que poseen memoria flash para programar un sin número de veces que se desee, y de la serie PIC16F que es muy fácilmente adaptable a posibles variaciones en el diseño, ofreciendo mayor comodidad al programador.

La memoria de programa es eléctricamente grabable y borrable, lo que permite escribir y borrar el programa bajo prueba, manteniendo el microcontrolador en el mismo zócalo y usando el mismo dispositivo para grabar y borrar; esta memoria es capaz de soportar 1.000.000 de ciclos de escritura/borrado. Para escribir un programa en dicha memoria se envía la información en serie usando sólo dos pines.

2.1.2 Selección del Microcontrolador

El microcontrolador elegido como base de diseño de la tarjeta controladora es un PIC16F628¹³, ya que en el transcurso de la carrera se ha tenido contacto con la familia de Microcontroladores MICROCHIP y se conoce bien el conjunto de Instrucciones RISC que posee esta serie. Además, es de muy fácil consecución y costo reducido.

¹³ Para una mayor información a cerca del microcontrolador elegido, favor referirse a la hoja de datos del Fabricante.

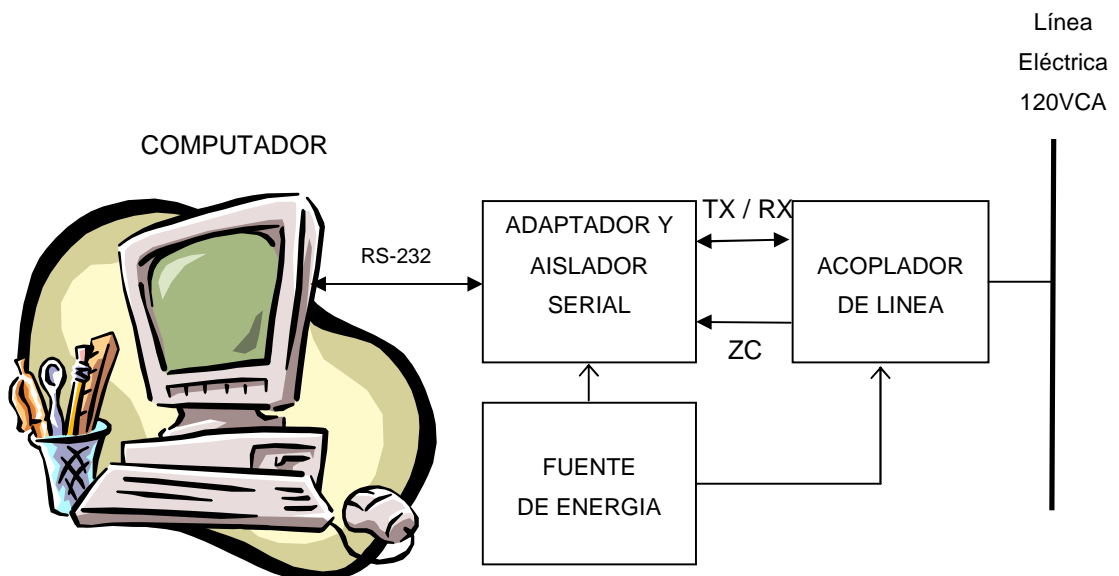
2.2 DISEÑO DE LAS TARJETAS ELECTRONICAS DEL SISTEMA

En los siguientes párrafos se indica el proceso de diseño para las tarjetas electrónica a implementar:

2.2.1 Módulo Master

2.2.1.1 Adaptador Serial

Figura 28. Esquema del módulo master



El módulo master posee un adaptador serial con conector DB9 para conexión directa a cualquier puerto serial con interfaz RS232 del computador. Además, aísla eléctricamente de la red de energía eléctrica mediante optoacopladores impidiendo someter al computador a tensiones peligrosas.

El adaptador de comunicaciones seriales es un conversor de niveles de voltaje lógicos que efectúa la adaptación RS232 necesaria para la conexión de un computador con la red de dispositivos domóticos esclavos.

El adaptador también permite la comunicación síncrona half-duplex, los mensajes transmitidos y recibidos cambian de dirección alternadamente en la red eléctrica (líneas comunes para las comunicaciones), por lo que no puede haber simultaneidad de transmisión y recepción. Sin embargo, esto no es problema, ya que el master inicia y controla el proceso de comunicación y los esclavos responden sólo a las peticiones del master y son incapaces de iniciar por sí mismos el proceso de comunicación.

En contraste, el lado de la interfaz RS-232C tiene líneas independientes de transmisión TX y recepción RX y puede ocurrir simultaneidad en las comunicaciones, es decir, pueden transmitirse y recibirse datos simultáneamente. Por esta razón, el adaptador serial cuenta internamente con buffers de transmisión y recepción que permitan salvar este inconveniente.

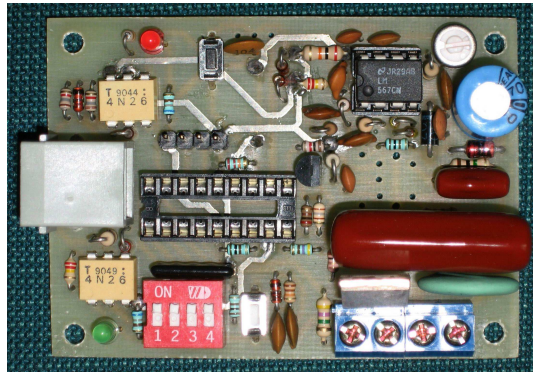
El adaptador permite a su vez, acoplar también la diferencia entre los niveles lógicos de voltaje de la interfaz RS-232C y el transceptor.

2.2.1.2 Fuente de energía

Para suministrar los voltajes necesarios para el funcionamiento del adaptador serial, aislador y el acoplador de línea (5 Voltios), el voltaje es captado directamente de las líneas de energía eléctrica residencial de 120VCA y luego es regulado al valor de 5VCD sin emplear transformadores.

2.2.1.3 Diseño Electrónico del Módulo Master

Figura 29. Aspecto final del Módulo Master



2.2.2 Módulo Esclavo

Figura 30. Esquema del módulo domótico esclavo

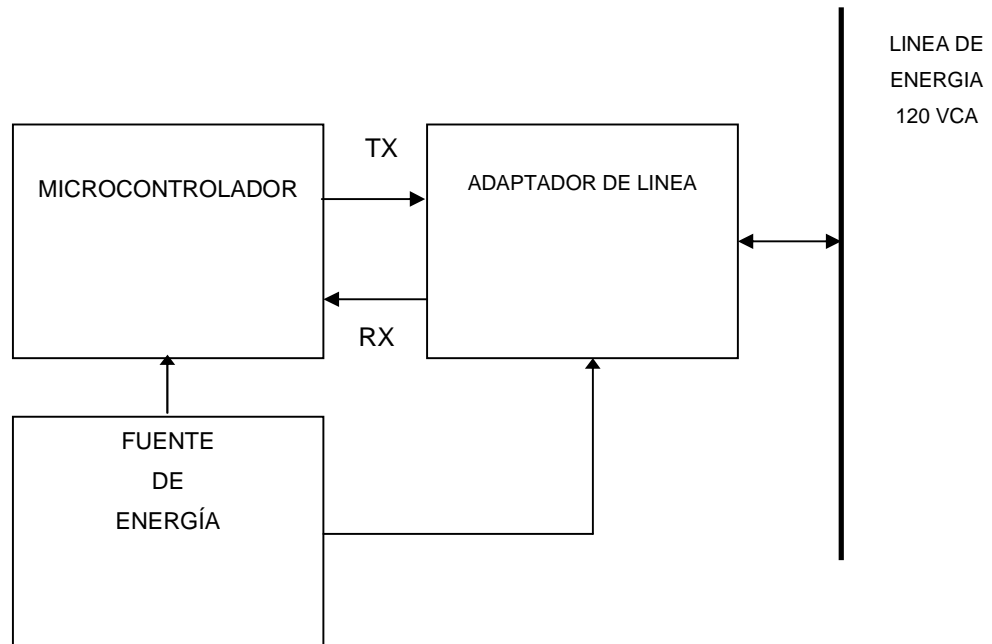
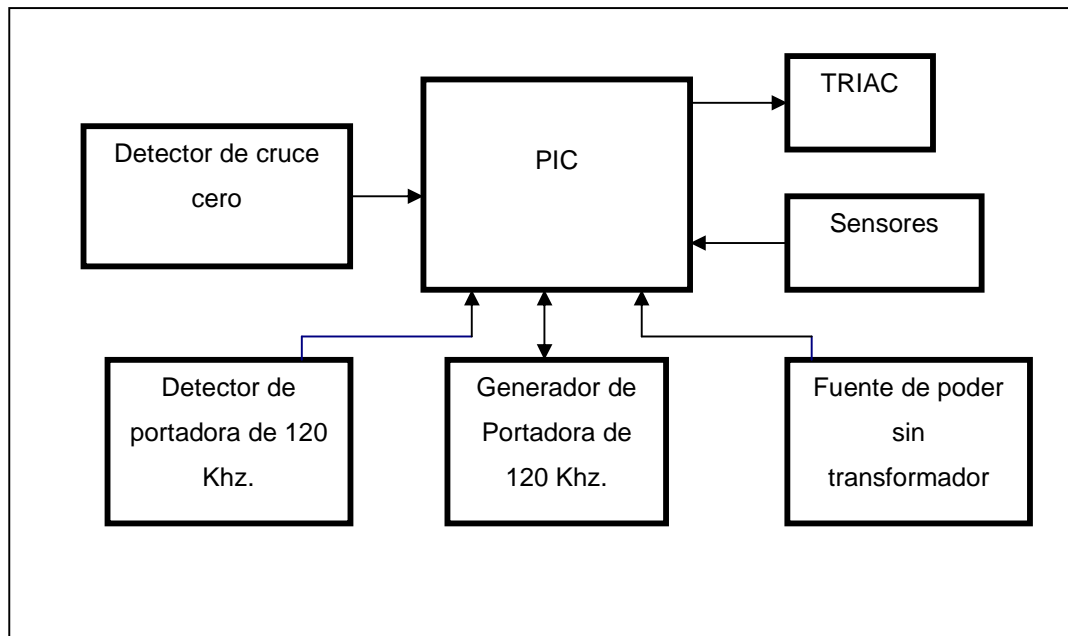


Figura 31. Diagrama de bloques del Módulo Esclavo



Fuente autores del proyecto

Detector cruce cero (ZC), mantiene el sincronismo en las comunicaciones y es generado por software a través del pin RB0 (interrupción cruce por cero) que indica si hay flanco de subida o de bajada en la señal condicionada por la lógica interna del pin. La señal de 110vac es pasada por un resistor 5M para generar una corriente de bajo amperaje (μA).

Detector de Portadora de 120KHZ, es ocasionada en una recepción del maestro enviada por el esclavo o viceversa. La señal de 110vac que viene translapada con la ráfaga de 120khz es primero tomada por un capacitor de aislamiento (resistor y capacitor) luego pasada por un transformador sintonizado (circuito tanque) para acople de impedancias, después va hacia un sujetador de tensión (diodos tener 13.6v) pasando luego por filtro pasa alto para eliminar las señales de baja frecuencias y entrando al pin In a través de diodos en antiparalelo para evitar tensiones no deseadas que afecten la entrada del dispositivo (decodificador de

tonos LM567). El LM567 envía una señal TTL al PIC si esta presente la señal portadora de 120khz.

Generador de Portadora 120KHZ, es ocasionada cuando se transmite de la red RS 232 hacia la red domótica. El microcontrolador 16F628A genera en modo pwm una señal de 120khz con $Ton = Toff$ (50 %) para evitar conflicto en las comunicaciones. Esta señal de pwm alimenta la base del transistor, la cual amplifica la señal de 120khz para alimentar el tap central del transformador sintonizado para acople con la red domótica. La señal luego es pasada por un filtro pasa alto (resistor y capacitor) para eliminar bajas frecuencias y luego es trasladada por la red de 110vca.

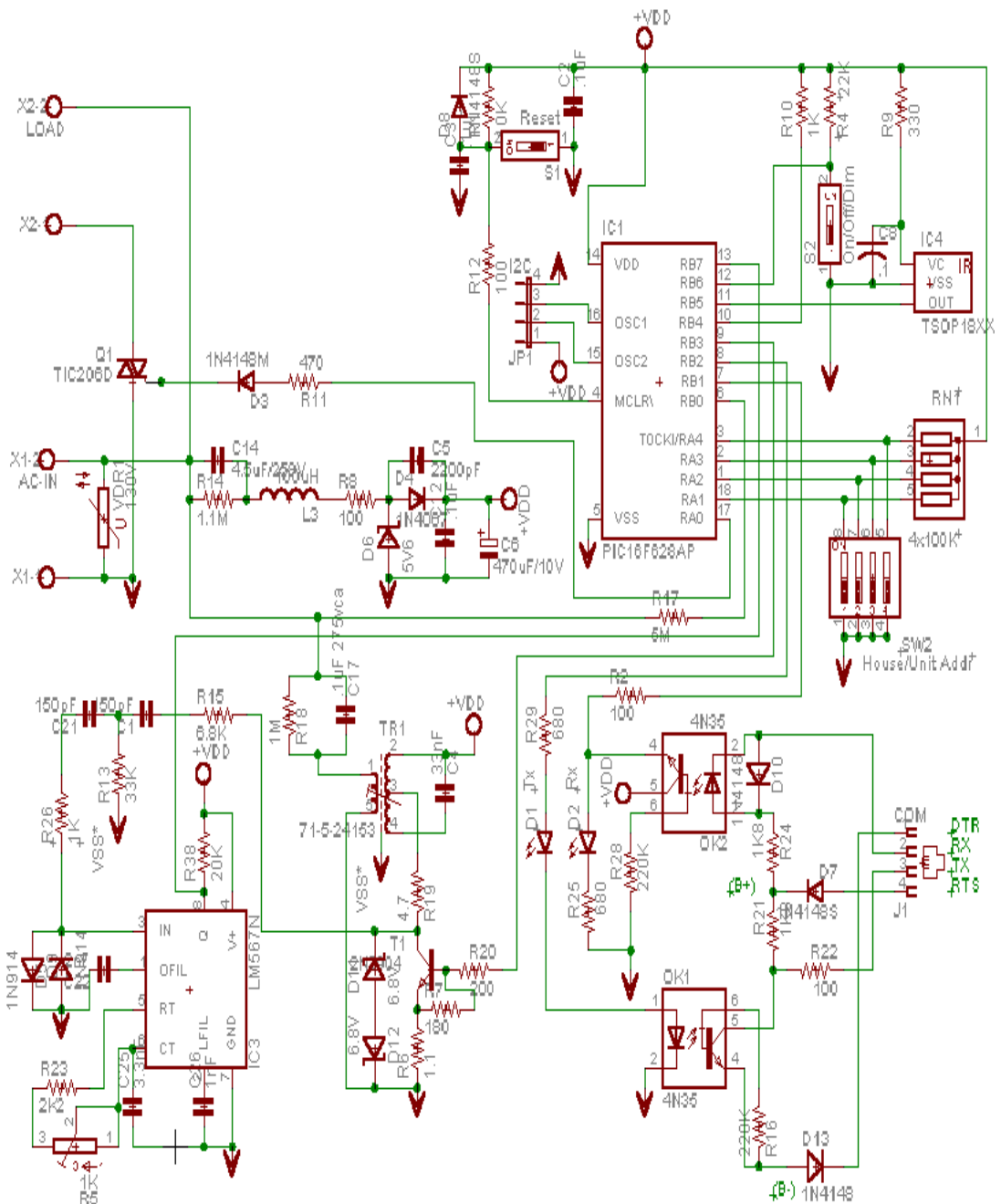
Fuente de Poder, toma la señal de 110 vca, la reduce a través de un juego de capacitares y bobinas, la rectifica (media onda) y se filtra y regula a 5v por un tene, para lograr alimentación de dispositivos.

El **triac**, permite el control sobre las cargas. Recibe una señal de RA0 del microcontrolador 16F628A pasada por un diodo de silicio para eliminar tensiones negativas y así alimentar el gate del triac para el disparo del dispositivo.

A diferencia del esclavo el maestro maneja la comunicación RS 232 a través de optoacopladores 4N35, que convierten señales RS232 a TTL y viceversa. También la tarjeta diseñada contiene el Reset del microcontrolador 16F628A (MCLR), un dip switch que permite configurar la casa(A o B) y el dispositivo a controlar (0-7) conectadas a los puertos RA1, RA2, RA3 y RA4. El puerto RB7 esta configurado como interrupción para cuando se pulse el S2 se valide y se envíe una trama de datos. La entrada de 110vca esta protegida por un varistor que permite proteger el circuito contra voltajes no deseados.

2.2.2.1 Diseño Electrónico de la Unidad Domótica

Figura 32. Esquema de la unidad domótica



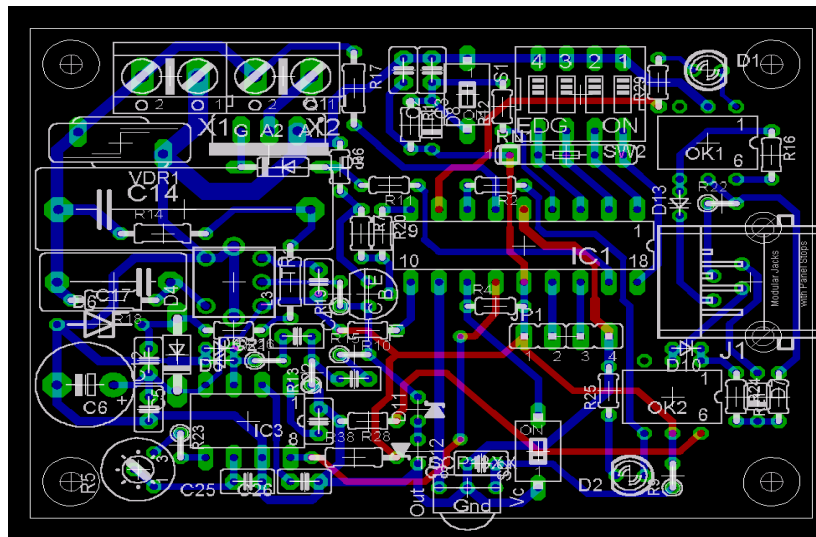
Esta tarjeta posee un Microcontrolador, una fuente de poder y un transceptor domótico.

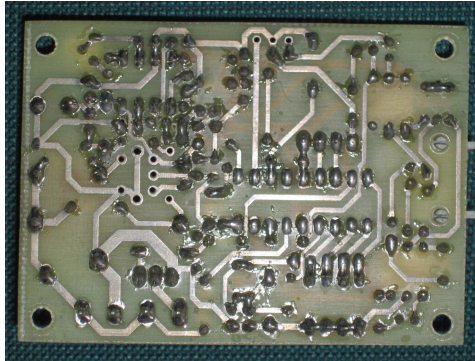
2.3 ELABORACIÓN DE LOS CIRCUITOS IMPRESOS

Los circuitos impresos generados mediante la herramienta eagle, son finalmente llevados a una placa cobrizada, y mediante procesos de sensibilizado, copiado, y ataque químico se obtiene una copia fiel en cobre sobre la cual se montan todos los componentes requeridos.

Una vez sean ensamblados los componentes electrónicos en las tarjetas, se procede a una inspección visual de estas. Si esta inspección es positiva se procede a una comprobación eléctrica individual de las mismas. Cualquier fallo debe ser corregido antes de interconectar las diferentes tarjetas.

Figura 33. Impreso y montaje de componentes





Luego se procede al ensayo del programa alojado en el PIC microcontrolador, con la ayuda del Software maestro. El software es refinado y mejorado en etapas sucesivas, hasta que cumpla con las especificaciones de diseño.

Una vez funcione satisfactoriamente tanto el hardware como el software, las tarjetas se alojan en cajas plásticas u otro material que las proteja. Se realiza la instalación de las mismas en un sitio seleccionado y se efectúan las operaciones de trabajo normales. Con la experiencia efectuada se elaboran algunos consejos para el montaje de los módulos y algunas sugerencias en caso de encontrar problemas de funcionamiento.

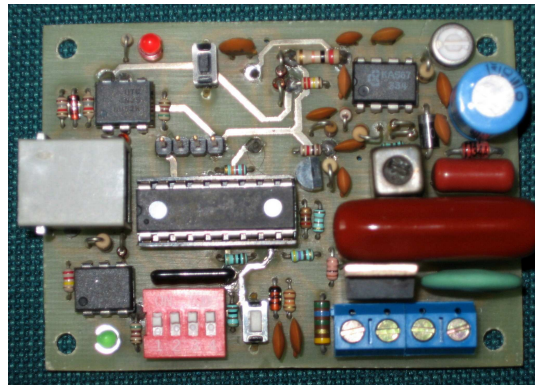
2.4 MÓDULOS DOMÓTICOS

Para que el microcontrolador pueda encender las luces utiliza como medio de comunicación la red eléctrica, para que este sistema de control envíe esta señal utiliza una interfaz domótica o módulo de comunicación domótica, este es un transmisor y la característica es de transmitir una información binaria eléctrica a un periférico compatible domótico por medio de la conversión en una orden PLC.

Este módulo se diseñó a partir de prototipos de control basados en X-10 desarrollados en Europa. Recibe la señal del microcontrolador y la envía al PC para que de la orden al modulo de luces y así activar las luces de lámpara

incandescente o cualquier otro dispositivo de iluminación. En la figura 34 se muestra el módulo diseñado.

Figura 34. Módulo domótico diseñado



Fuente Autores del proyecto

El mando de las luces se realizó a través de un módulo especial de luces pero es un módulo de recepción domótica, además este módulo es bidireccional, envía señal de encendido al software de control, ya sea que este sea activado por otro módulo de control o si es activado manualmente.

Estos son los elementos que se utilizan para el control automático de las luces de un área.

Para que los módulos de transmisión y recepción se comuniquen utilizan un código de direccionamiento en este caso A1, A2 o A3, como se explica en el software y se podrá apreciar los códigos, lógicamente estos códigos son ejecutados por los módulos independientemente del software realizado para el control.

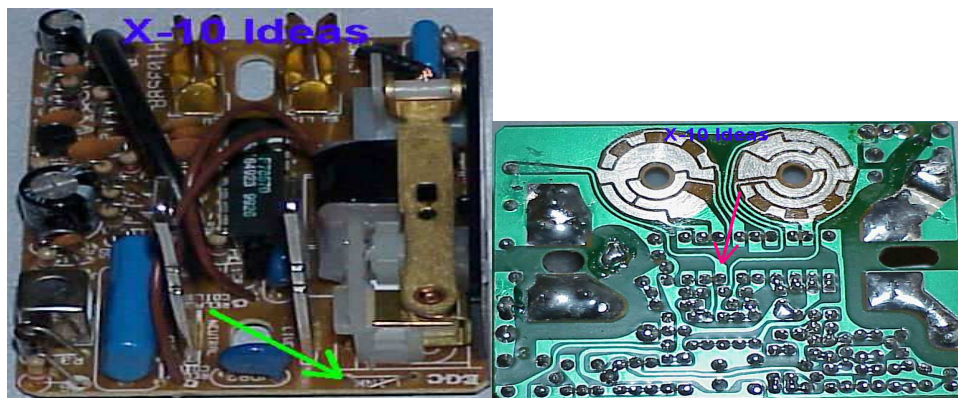
Los códigos de cada módulo son programados manualmente por el usuario dependiendo de la dirección que se le quiera dar y controlar las áreas respectivas. A los transmisores se les da el mismo código del receptor, para que estos busquen en la red eléctrica el módulo que recibirá la orden de encendido de las luces, los

módulos poseen un microcontrolador interno el cual se encarga de mantener grabados los códigos, y de ejecutar las ordenes, en la figura 35 se puede apreciar como se gradúa el código para un módulo comercial y su circuito interno.

Figura 35. Configuración de los módulos de transmisión y recepción



Figura 36. Circuito de un módulo de recepción



Fuente: <http://www.ibm.com/homedirector.html>

2.5 CONTROL DESDE EL PC

Para controlar el sistema de luces desde el PC se utiliza una interfaz domótica, que es la encargada de hacer la conexión a la red eléctrica y al computador a través del puerto serial RS232.

Esta interfaz tiene la característica de ser bidireccional, se pueden enviar datos como también recibir, es muy importante esta función porque en el control que se hace con el software Labview se envían los datos o señales de encendido o apagado de las luces y de aviso que han sido encendidas por el microcontrolador o en forma manual. Teniendo en cuenta que el módulo de recepción domótica esclavo o switch es también bidireccional y envía una señal a la interfaz con el código respectivo por consiguiente puede haber comunicación entre ellos.

La interfaz puede ser programada en cualquier tipo de software de control utilizando los códigos y características de programación, y además se pueden ver las características de conexión al puerto RS232 y la configuración del puerto (COM 1, COM2....).

Los códigos que se utilizaron para el funcionamiento de la interfaz y sus diferentes funciones como: el encendido, manejo de dimer en caso de luces incandescentes, ya que con la fluorescente no se puede realizar esta función, otra característica que se muestra en los códigos es el estado en que se encuentran las luces controladas, si estas están encendidas o no el cual lo hace ejecutando un barrido por la red eléctrica y tomando cuales son los módulos domóticos conectados a la red.

2.5.1 Códigos de casa y Códigos de dispositivo

Código de casa	Código de dispositivo	Valor Binario
A	1	0110
B	2	1110
C	3	0010
D	4	1010
E	5	0001
F	6	1001
G	7	0101
H	8	1101
I	9	0111
J	10	1111
K	11	0011
L	12	1011
M	13	0000
N	14	1000
O	15	0100
P	16	1100

2.5.2 Parámetros Seriales.

Los parámetros seriales para comunicaciones entre la interfaz y el PC son como se muestran a continuación:

Baud Rate: 4,800bps

Parity: None

Data Bits: 8

Stop Bits: 1

2.5.3 Conexiones del Cable:

Señal	DB9 Conector	RJ11 Conector
SIN	Pin 2	Pin 1
SOUT	Pin 3	Pin 3
GND	Pin 5	Pin 4
RI	Pin 9	Pin 2

Donde:

SIN	Entrada serial al PC (salida de la interfaz)
SOUT	Salida serial del PC (entrada a la interfaz)
GND	Nodo referencia
RI	Señal Ring (entrada al PC)

Como se aprecia en los datos anteriores, la comunicación que establece la interfaz con el módulo a través de la red eléctrica se hace en código binario. La explicación del funcionamiento del protocolo domótico y los módulos se puede encontrar en el capítulo de diseño del Software.

En la Figura 37 se muestra una interfaz y su forma de conexión al PC y red eléctrica.

Figura 37. Conexión de la Interfaz serial

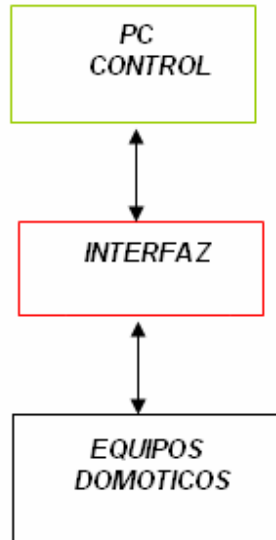


Fuente: <http://www.ibm.com/homedirector.html>

2.6 PROGRAMA DE CONTROL

Existe la tendencia general en los desarrollos en la tecnología, que los computadores o dispositivos en particular, presenten una interfaz amigable donde no se requieran amplios conocimientos informáticos para su manejo. Esta interfaz involucra, necesariamente, un conocimiento general del protocolo domótico y del software Labview pero este se logra con la lectura del libro en el que se documenta el manejo del controlador.

Figura 38. Arquitectura general del controlador



Fuente Autores del proyecto

La mayoría de los sistemas de manejo del protocolo X-10 están basados en Software diseñado por los fabricantes de equipos X-10, algunos de ellos como active home de IBM. El software que se utilizó para el control de detección del encendido de las luces es Labview, utilizando el código de transmisión del protocolo domótico el cual se efectúa en código binario.

Para este control se adecuó un código de área específico como se puede apreciar en el programa.

2.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

Cada unidad esclava está identificada por un número (01, 02, 03, etc.). Cuando a la computadora maestro solicita un dato, ordena al esclavo correspondiente mediante un comando la transferencia del mismo y espera el resultado enviado por dicha unidad esclava.

El envío de la trama que contiene el comando, y la recepción de los datos por parte del maestro puede programarse desde diversos lenguajes de programación, que utilicen el protocolo propuesto. A continuación se describe las características más sobresalientes de dicho protocolo.

2.7.1 Protocolo de comunicación y enlace de datos

En la comunicación entre el maestro y el esclavo se distinguen dos fases: la de petición (enviada por el maestro) y la de respuesta (manejada por el esclavo), con el fin de tener especificaciones de tiempo de transferencias en el peor de los casos el tamaño máximo de los datos transferidos es limitado.

2.7.1.1 Formato de la trama de información enviada y recibida por el maestro a la interfaz serial:

- Cabecera de Inicio (0x7e) – 1byte.
- Dirección del destinatario – 1byte.
- Código de comando (configuración, petición de datos, envío de datos) – 1byte.
- Check – Sum – 1bytes.
- Datos – máximo 7 bytes.
- Fin de paquete (0x7e) – 1byte.

2.7.1.2 Conjunto de funciones domóticas implementadas

El conjunto de funciones para la comunicación con los módulos son:

Tabla 5. Conjunto de comandos de la unidad esclava implementados

ID	Nombre	Observación
00h	Ping	El maestro envía una trama con este código y con longitud de datos 0. El módulo seleccionado regresa un eco de la transmisión. Si el eco no se recibe, es muy probable que el módulo esté fuera de alcance o desenergizado.(Disponibilidad de módulos)
01h	Encender todo	Apagar todas las unidades domóticas sin excepción
02h	Todas luces on	Encender todas las luces o lámparas incandescentes
03h	On	Encender una unidad domótica
04h	off	Apagar una unidad domótica
05h	Dimer	Reducir intensidad de lámpara incandescente
06h	Brillo	Aumentar intensidad de lámpara incandescente
07h	Todas luces off	Apagar todas las luces o lámparas incandescentes
0bh	Obtener versión	El maestro envía una trama con este código en la identificación de paquete y longitud de datos en 0. Luego el módulo seleccionado regresa en el campo de datos la Versión del módulo contactado.
0ch	Obtener datos #	El maestro envía una trama con el # de dato requerido como dato. Luego el módulo debe responder con la transmisión del dato solicitado.

2.7.1.3 Conjunto de funciones domóticas sin implementar

Tabla 6. Conjunto de comandos de la unidad esclava sin implementar

ID	Nombre	Observación
08h	Estado On	Encender la opción de Estado
09h	Estado Off	Apagar la opción de Estado
0ah	Estados requeridos	El maestro envía una trama con este código en la identificación de paquete y longitud de datos en 0. Luego el módulo seleccionado regresa un byte de información indicando si está o no: CONECTADO, CONFIGURADO, ACTIVO o REGISTRADO.
0dh	Obtener registros #	El maestro envía una trama con el # de registro requerido en el campo de datos. Luego el módulo debe responder con la transmisión del registro solicitado.
0eh	Obtener memoria	El maestro envía una trama con este código en la identificación de paquete y longitud de datos en 0. Luego el módulo debe responder con el tamaño total de la memoria y la memoria libre.
0fh	Reiniciar	El maestro envía una trama con este código en la identificación de paquete y longitud de datos en 0. El módulo esclavo debe restaurar sus configuraciones por defecto, limpiar su memoria y re – iniciar su operación.
10h	Fijar fecha-hora	El maestro envía fecha y hora actuales en el siguiente formato: año en la centuria (0-255) 8 bits, mes (1-12) 4 bits, día del año (1-31) 5 bits; hora (0-23) 5 bits, minutos (0-59) 6 bits, segundos (0-59) 6 bit, #nodo (1-254) 8 bit, # despacho (0-255) 8 bit.

11h		Función no implementada
12h		Función no implementada
13h		Función no implementada
14h		Función no implementada
15h		Función no implementada
16h		Función no implementada
17h		Función no implementada
18h		Función no implementada
19h		Función no implementada
1Ah		Función no implementada
1Bh	OK	Ready recibido. Esclavo listo.
1Ch	POLL	Interface Polling
1Dh	ACK	Comando Reconocido. Como dato el Esclavo emite el Checksum al Maestro
1Eh	ACK POLL	Poll confirmado
1Fh	READY	ACK recibido y comando validado. Maestro listo.

Estas funciones se implementan de acuerdo con las necesidades y características de cada tipo de módulo domótico en particular, y están sujetas a modificaciones y variaciones según el modulo lo requiera o no.

3 DISEÑO DEL MODELO DE COMUNICACIÓN Y DEL SOFTWARE

Se plantea a continuación un modelo general del Sistema de comunicaciones para el sistema domótico propuesto. Este modelo describe la topología de la red eléctrica tanto física como lógica, el direccionamiento de la red, el esquema de la trama a usar y la definición de los protocolos a implementar.

Luego, se implementó un prototipo mediante el desarrollo de un software básico que contenga los rasgos más destacables o que se desean probar. Con este prototipo se pretende demostrar que el modelo funciona y que además posee robustez y es apto para trabajar en un medio con una alta polución de interferencias como son las líneas de energía eléctrica domestica.

Finalmente en este capítulo, se sugieren algunas recomendaciones para expandir, mejorar y proyectar un software mas completo basado en el presente trabajo y aprovechando los resultados obtenidos de nuestro modelo de comunicaciones y del prototipo implementados.

3.1 MÓDELO DE RED Y PROTOCOLOS

3.1.1 Modelo de red

La red de dispositivos domóticos, esta conformada por un master o maestro, que organiza las comunicaciones y uno o varios esclavos que responden solo a las peticiones del maestro. Este método asegura que haya pocas colisiones en un instante dado, ya que en este medio son muy frecuentes las interferencias y colisiones de datos.

La red tiene características multicast (envío simultáneos) y unicast (envío unitario), pudiéndose efectuar enlaces momentáneos de tipo multipunto en unas ocasiones y punto a punto en otras. Esto debido a que los esclavos pueden responder alternadamente a una petición del maestro transmitida a una dirección de broadcast de esclavos (ningún nodo en específico) lográndose un mensaje multicast; pero una vez configurado en la red cada esclavo responde únicamente a comandos específicos dirigidos a su dirección de nodo particular.

3.1.1.1 Características del Master

1. Organiza el proceso de comunicación
2. Interroga a los esclavos por sus datos Internos.
3. Configura parámetros de los esclavos
4. Almacena los registros de los esclavos de ser necesario.

3.1.1.2 Características del Esclavo

1. Valida y responde a los comandos y/o peticiones de datos del Master (de acuerdo con su dirección y su estado interno)
2. Almacena datos del proceso de ser necesario
3. Valida y acepta la configuración asignada por el master

3.1.2 Definición de la trama

*START (1 Byte) {Sólo en el Modo Domótico}

DIRECCION (1 Byte)

COMANDO (1 Byte)

DATOS (0-7 Bytes)

*STOP (1 Byte) { Sólo en el Modo asíncrono serial RS-232}

- Se usa 1 byte para el direccionamiento: El código de casa corresponde a los 3 bits mas significativos: 0-7. El código para los módulos Esclavos tendrá 5 bits y un rango de 0-31, la dirección 0 es reservada para el maestro.

- Se usa 1 byte para la definición del comando: Los 3 bits mas significativos indican el # de bit de datos (0-7) que siguen. Existen 32 Funciones posibles y se expresan con los 5 bits restantes.

La longitud de trama será mínimo de 2 bytes y máximo de 9 bytes. (16 a 72 bits que corresponden entre 133,3mS a 600ms), lo cual nos da como resultado un protocolo más ágil que el estándar X10.

3.1.3 Protocolo de enlace

Las características del protocolo son:

1. El Usuario configura físicamente el código de casa y el código de modulo (Dirección de Datos) para un nuevo dispositivo domótico que desee agregar a la red. Si no es configurado adecuadamente o posee problemas se puede desactivar para que no interfiera con otros módulos aún cuando permanezca conectado a la red. Se debe configurar y conectar un modulo esclavo a la vez.
2. Una vez se configura el módulo adecuadamente, se puede activar para que entre en operación. Se le asignan demás parámetros válidos para permitir su funcionamiento. No se debe activar un modulo si no ha sido configurado adecuadamente.
3. El módulo puede estar configurado pero inactivo indefinidamente (en el estado inactivo) y responde solamente a los comandos de petición de estado, broadcast y activación.
4. La dirección asignada al nodo será diferente a la dirección de broadcast (31) y a la de maestro (0). El dominio de red debe ser el mismo para todos los módulos (código de casa).
5. El maestro interactúa solo con los módulos activos y registra los datos pertinentes de cada uno de los esclavos configurados y activos

6. Si el esclavo no responde a 3 mensajes consecutivos del maestro se marca como desconectado en este último y no se interactúa con el, excepto para el polling.

7. Los módulos en estado inactivo no responden a comandos, excepto el polling, petición de estado y activación

3.1.4 Protocolo de datos

Tabla 7. el esclavo eventualmente puede registrar internamente datos concernientes a su funcionamiento (tales como la temperatura, humedad, presión, iluminación locales; o la fecha y hora para su activación o apagado) y transmitirlos al maestro, si este se las solicita¹⁴.

Tabla 8. el maestro envía una trama de comando a un esclavo predeterminado, el esclavo receptor verifica que la dirección corresponda a su # de nodo y los datos realizando un checksum y transmite un ack y el checksum recepcionado como dato. el maestro compara el checksum transmitido y el recepcionado para verificar la integridad de la información que ha recibido el esclavo.

3.1.4 Procesos

A. Inicialización del Master

1. El módulo maestro se encuentra configurado en los parámetros por defecto.
2. Si se desean cambiar alguno de los parámetros, se inicia el modo configuración del maestro.
3. Mientras se encuentre en el modo de configuración no podrá TX/RX hacia/de los esclavos.
4. Los cambios se activan al entrar al modo activo de tx/rx y se registra el evento en el log.

¹⁴ Es una implementación futura del proyecto.

B. Inicialización del Esclavo

1. Por esclavo no configurado
 - a. El esclavo desconfigurado (por defecto) y activo entra o es energizado en el rango de cubrimiento del maestro.
 - b. El esclavo emite su estado a petición del maestro y este lo detecta como no configurado.
 - c. El maestro reporta al usuario el modulo para que asigne sus parámetros.
 - d. Si el usuario no desea configurar el módulo, lo puede desactivar.
 - e. El usuario asigna la nueva configuración al módulo iniciando el modo configuración del esclavo.
2. Por cambio forzoso desde el Master
 - a. El usuario decide cambiar en línea la configuración de un módulo previamente configurado.
 - b. Elige el módulo esclavo y le asigna la nueva configuración iniciando el modo configuración del esclavo.
 - c. La nueva configuración se transmite al esclavo de inmediato y se activa guardándose en el log.
 - d. Si El módulo posee datos, no es posible asignarle una nueva configuración, hasta que se descarguen.
3. Por configuración automática
 - a. El usuario almacena en el software del maestro la configuración que desea para todos los esclavos.
 - b. La siguiente vez que un módulo cualquiera sea energizado o entre en el área de cubrimiento, será automáticamente configurado por el maestro.
 - c. Los módulos configurados automáticamente deben ser activados manualmente.

3.2 SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN

Se requiere implementar los algoritmos de comunicación tanto en las unidades esclavas, como en el maestro. Dada la facilidad de usar un lenguaje de alto nivel en el PC, se eligió Labview pues se tiene algún conocimiento previo y no hay que aprenderlo de cero. Igualmente se tiene experiencia previa en programar microcontroladores de Microchip.

3.2.1 Programación de la unidad esclava

Se basa en un conjunto básico de 35 instrucciones RISC del microcontrolador; y en la lógica de operación que se programa y del cual se muestran los diagramas de flujo.

3.2.1.1 Conjunto de Instrucciones del Microcontrolador PIC16F628A

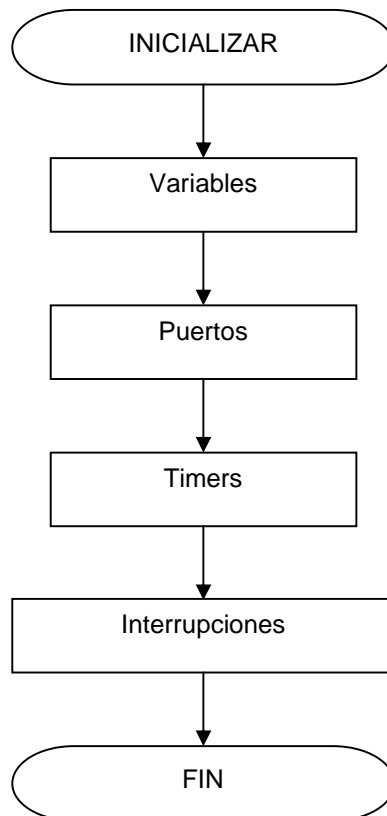
Cada Instrucción del PIC16F628A es una palabra de 14 bits, dividida en un código de operación, el cual especifica el tipo de instrucción, y uno o más operandos que especifican la operación de la instrucción. La tabla presenta un resumen del conjunto de instrucciones, listándolas como orientadas a byte, orientadas a bit y operaciones con literales y de control.

Tabla 7. Conjunto de instrucciones del PIC16F628A

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	0xxx0	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
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	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	<u>TO,PD</u>	
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	<u>TO,PD</u>	
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	

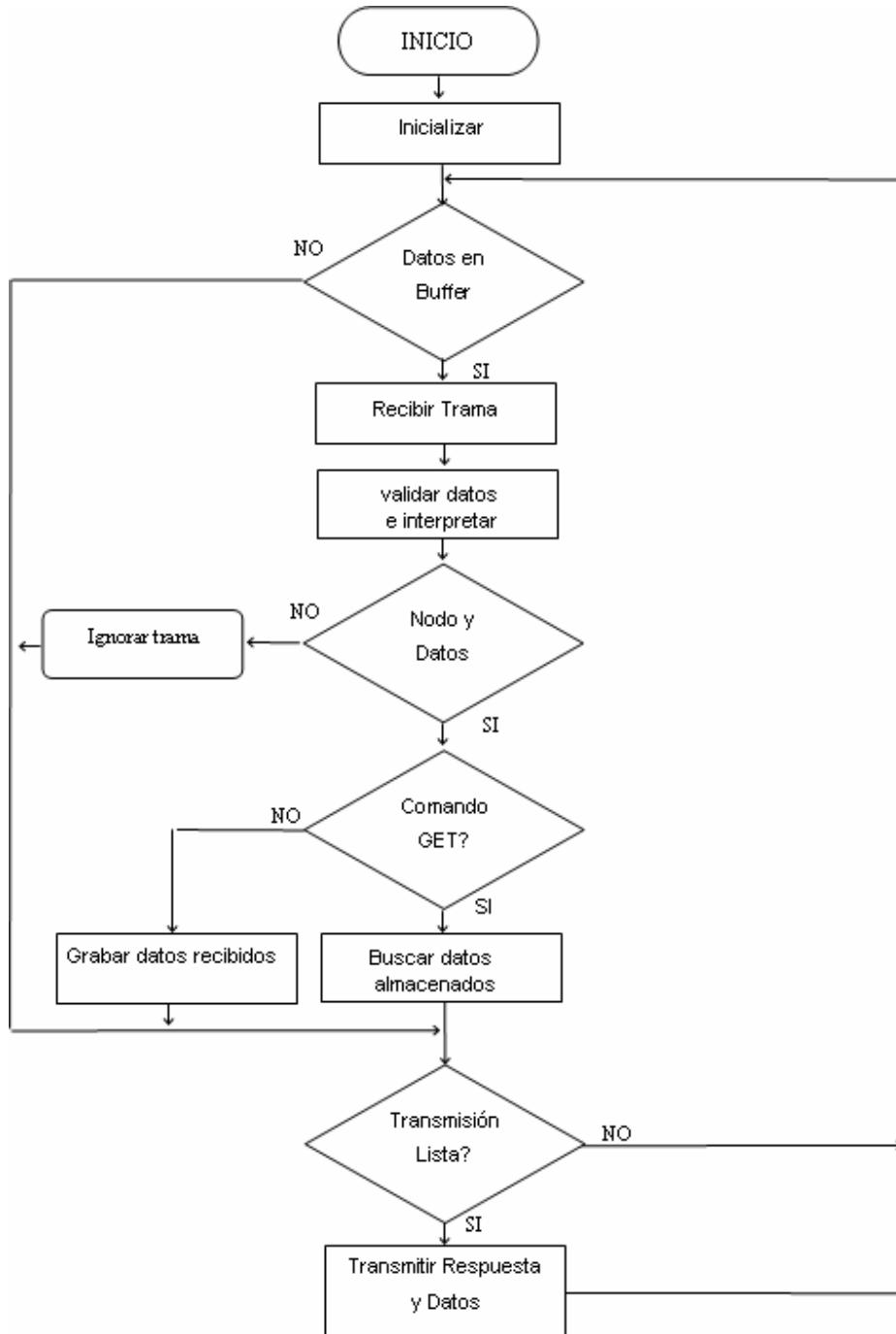
3.2.1.2 Diagramas de flujo

Figura 39. Diagrama de flujo inicialización de la unidad esclava



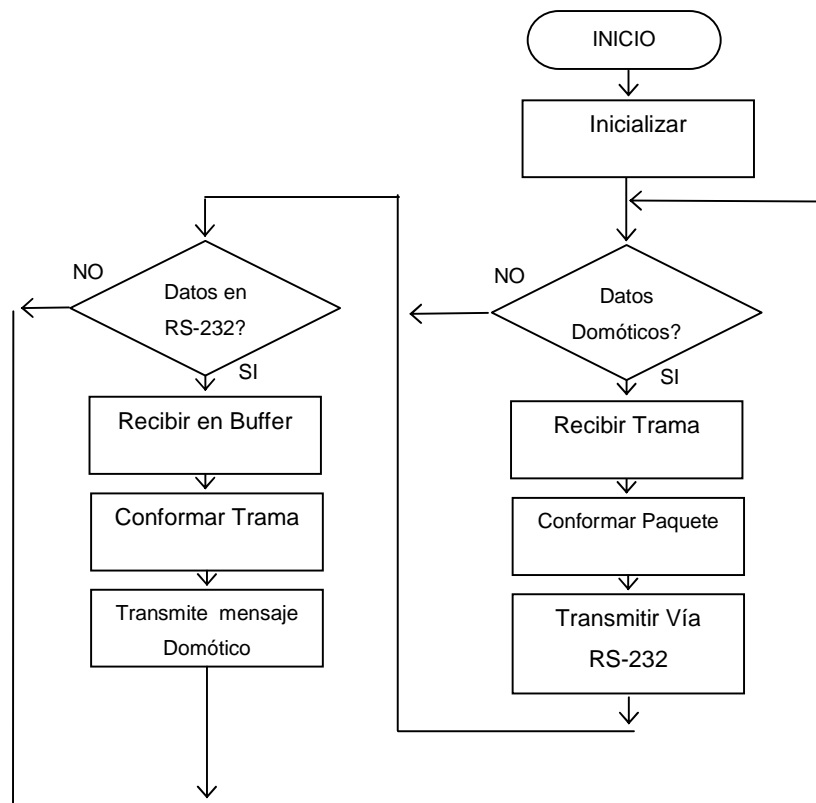
El proceso de inicialización de los microcontroladores PIC es común para ambos elementos (maestro y esclavo) e incluye: La inicialización de las variables usadas en el programa, de los puertos de entrada / salida, de los temporizadores, y el establecimiento y activación de las interrupciones del dispositivo si las hay.

Figura 40. Diagrama de flujo TX-RX para la unidad esclava



Para la unidad esclava, el programa principal lo constituye el proceso de recepción que se activa cuando existen datos en el buffer de recepción. Entonces se activa el proceso de validación y decodificación de la trama, donde se comprueba que la comunicación esté dirigida a ese módulo esclavo en particular y que los datos provenientes del maestro son consistentes. Si el comando corresponde a una petición de datos, se buscan en Memoria. Si por el contrario, se trata de un comando que graba datos, estos son transferidos a la memoria o variables internas. En ambos casos se responde al maestro con el ACK adecuado y/o los datos pedidos.

Figura 41. Diagrama de Flujo Tx-Rx para la unidad Maestra



Para la unidad maestra, el proceso se limita a interfazar el elemento de transmisión domótica con la interfaz serial RS-232 del PC. Si una recepción de datos ocurre, se ensambla un nuevo paquete y se incluyen los campos de inicio, parada y comprobación. El buffer de transmisión envía a su vez esta trama por la interfaz RS-232. El proceso contrario ocurre para cuando un comando se ha completado en el buffer RS-232, eliminando el inicio y parada del paquete. Se conforma una nueva trama con estos datos y se envía por las líneas de energía.

3.2.2 Programación del servidor

Se basa en un lenguaje gráfico de alto nivel, que en nuestro caso es Labview el cual se eligió dada la facilidad de programación y de poseer una amplia biblioteca de funciones.

3.2.2.1 Software del maestro

Para la administración de la red domótica de esclavos, se hace uso de un programa que puede ser hecho en cualquier Lenguaje de alto nivel como: Basic, Visual Basic, C, etc. Por razones prácticas hemos optado realizarlo en Labview ya que es un entorno mas familiar y puede ser programado visualmente, dejando atrás la compleja sintaxis de algunos lenguajes modernos, para concentrarse en lo mas primordial de la solución.

Los mismos diagramas de flujo que sirvieron para programar el módulo esclavo, pueden ser aplicados aquí, con la única diferencia que no se valida la dirección local, ya que el maestro puede escuchar y comandar a la totalidad de Módulos esclavos de la Red.¹⁵

¹⁵ Véase anexos sobre la Programación del MASTER en LabVIEW y diagramas de Flujo de la programación de la Unidad Esclava con Microcontrolador.

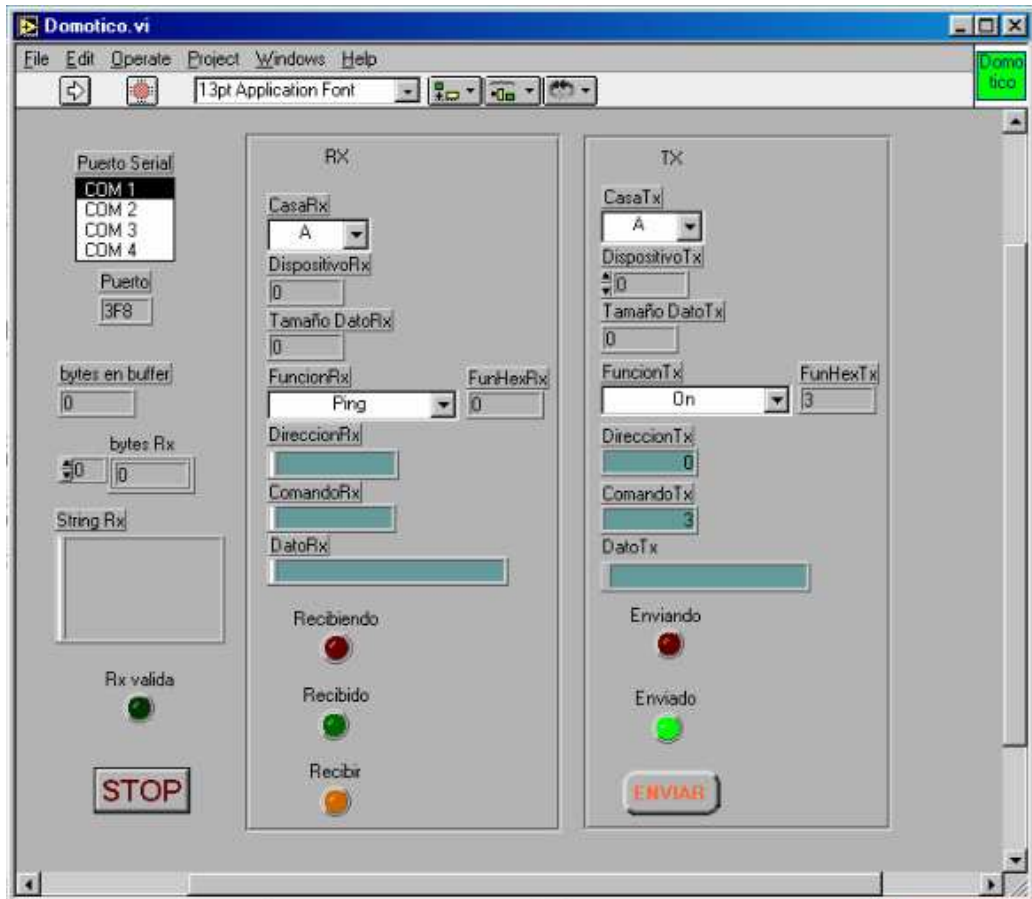
3.2.2.2 Características principales del Software Maestro

El software del maestro permite:

- a. Configurar el puerto de comunicaciones del PC que se va utilizar, desde COM1 a COM4.
- b. Establecer la comunicación con cualquiera de los módulos esclavos de la red mediante un menú de comandos.
- c. Inicializar el módulo y fijar remotamente los parámetros adecuados, cuando el módulo ya se encuentre en operación tales como: versión, tipo de nodo, datos de fecha y hora actuales, fechas y horas de conexión / desconexión para timers, etc.
- d. Verificar el estado individual de los módulos para ver si se encuentra disponible, o para saber si tiene datos almacenados.
- e. Conocer y capturar los eventos históricos almacenados en la memoria del dispositivo esclavo accesado.
- f. Recibir y decodificar las tramas de información enviadas por los esclavos de la red
- g. Retransmitir las tramas, bloques o paquetes de información que lleguen erróneas a los esclavos.
- h. Confirmar cada comando producido por el esclavo que la información ha sido recibida de forma correcta y completa por el módulo al cual se ha dirigido, de manera que el ruido y demás factores adversos no afecten la integridad de la información. En caso de no recibirse un eco correcto, o de no producirse un checksum correcto, se ha de sospechar un fallo en las comunicaciones, y se debe repetir el comando.

3.2.2.3 Diseño del Panel Principal del Maestro

Figura 42. Panel principal del Master RS-232 para el control de la red de esclavos y verificación de las comunicaciones

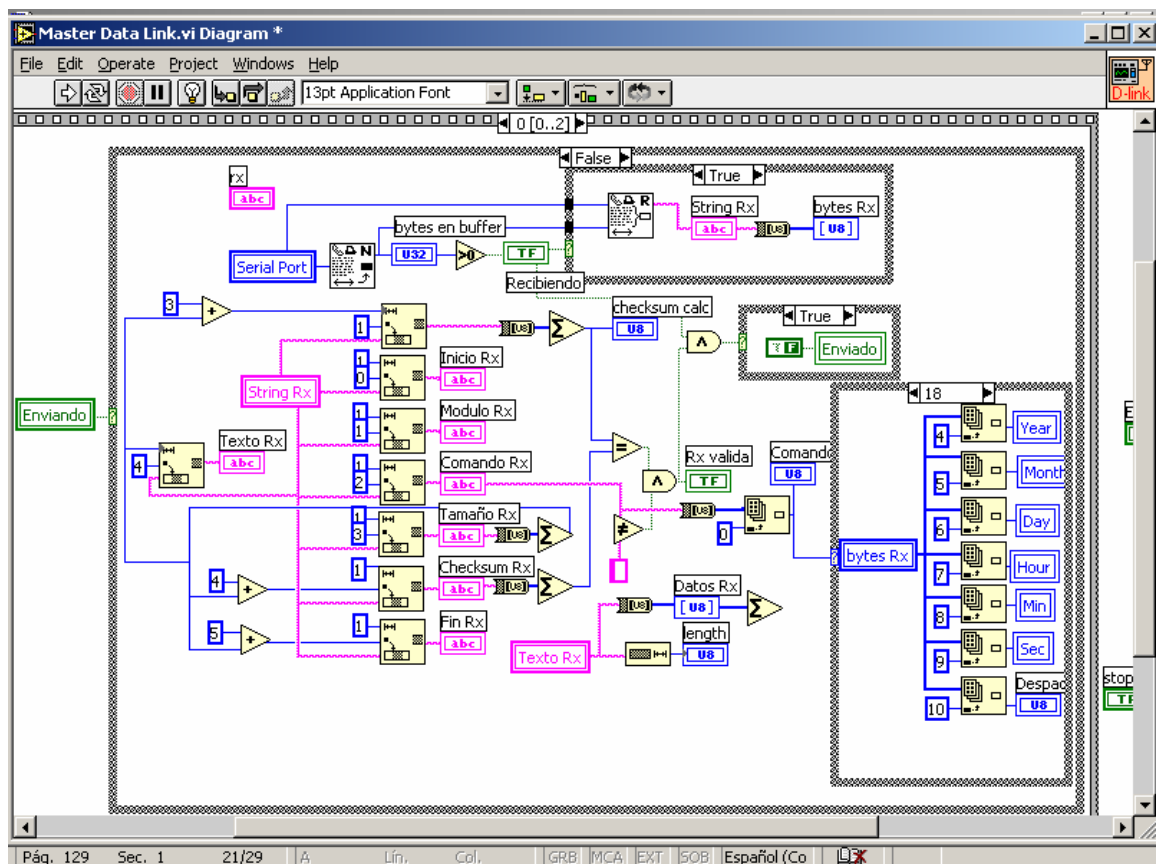


Mediante el panel principal de la aplicación Master se puede establecer comunicación con cualquiera de los esclavos de la red¹⁶. Se puede observar, así mismo, como se ensamblan las tramas de cualquiera de los comandos y el contenido hexadecimal de las mismas. Lo mismo ocurre con las tramas recepcionadas provenientes de los esclavos.

¹⁶ Véanse los Anexos correspondientes a los Paneles de Aplicación implementados en LabVIEW

Esta aplicación es muy útil, para monitorear las comunicaciones y/o encontrar daños en la red.

Figura 43. Panel de programación del Maestro

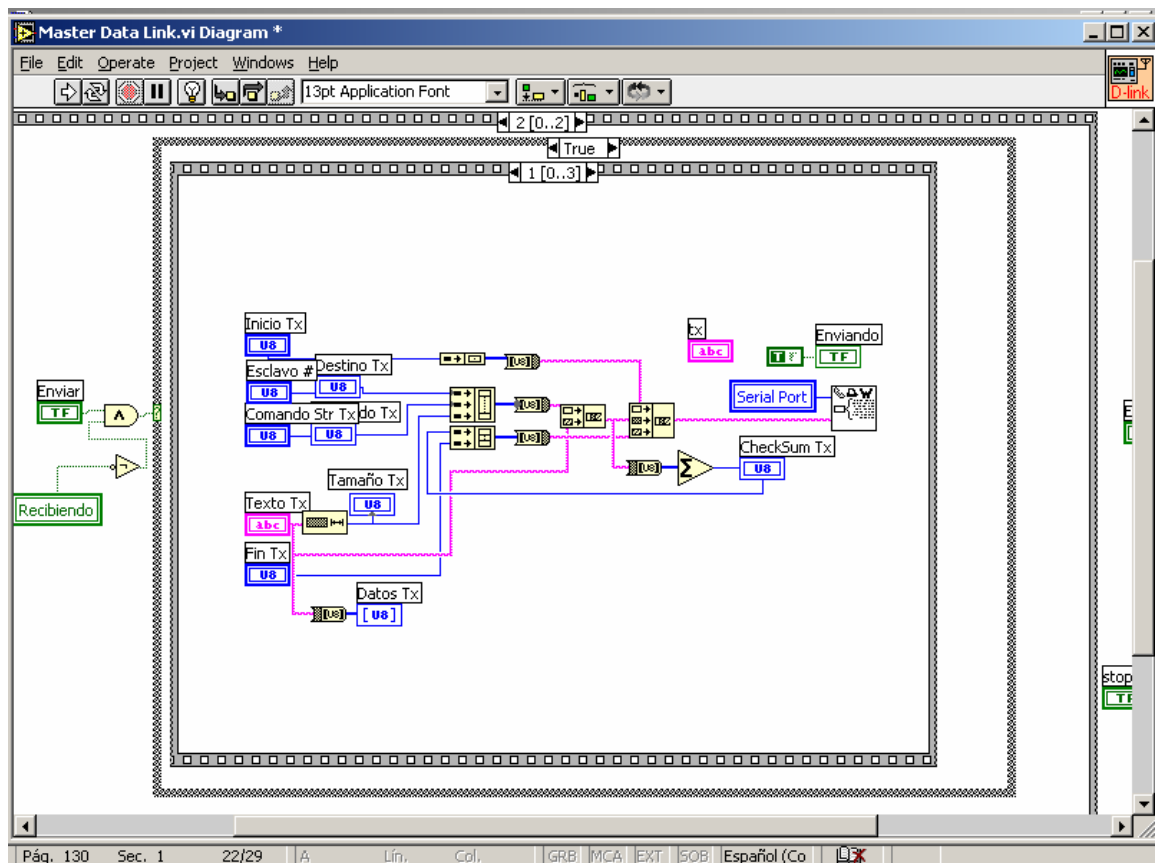


La sección de programa dedicada a la recepción (RX) realiza la conversión de datos, a partir de las tramas recibidas por el puerto serial del PC. De acuerdo con el comando decodificado se asignan los datos (si los hay) al campo de datos apropiado.

En la sección de programa de transmisión (TX) se ensamblan los datos y comandos generando la trama adecuada, se le agrega los campos de checksum, start y stop, y se llevan al puerto serial donde son enviados por este a la red.

El Checksum es el resultado en 8 bits de sumar todos los demás campos. Este actúa como una suma de comprobación que garantiza la integridad de los datos recepcionados al otro extremo.

Figura 44. Panel de programación del Maestro RS-232 (Sección TX)



Para comprobar si una trama ha sido correctamente recepcionada o no, se efectúa nuevamente la suma de comprobación de los datos recibidos. Enseguida se compara con la proveniente del origen y si son diferentes es porque los datos sufrieron cambios o interferencias en el trayecto de red, así que son rechazados por el receptor.

En caso de que el maestro no reciba el eco apropiado y correspondiente al comando transmitido, o que lo reciba parcialmente o con errores de comprobación, puede decidir reenviar la información nuevamente hasta que sea aceptada por el destino para que este último envíe la información requerida.

El maestro realizará cierto número de intentos y si no se tiene respuesta alguna es porque el módulo esclavo remoto se encuentra desconectado o inoperante.

3.2.3 Software Labview

La mayoría de los sistemas de manejo del protocolo X-10 están basados en software diseñado por los fabricantes de estos equipos, algunos de ellos como Active Home de IBM. El software que se utilizó para el control de detención de encendido de las luces es Labview se hizo utilizando el código de transmisión del protocolo domótico el cual se efectúa en código binario.

Para este control solo se adecuó un área específicamente como se puede ver en el programa, que como se sabe es totalmente gráfico y se puede apreciar en el anexo. En la figura 45 se muestra el panel de control del software desarrollado para el control desde el PC a través de Labview.

Figura 45. Panel frontal Interfaz Usuario

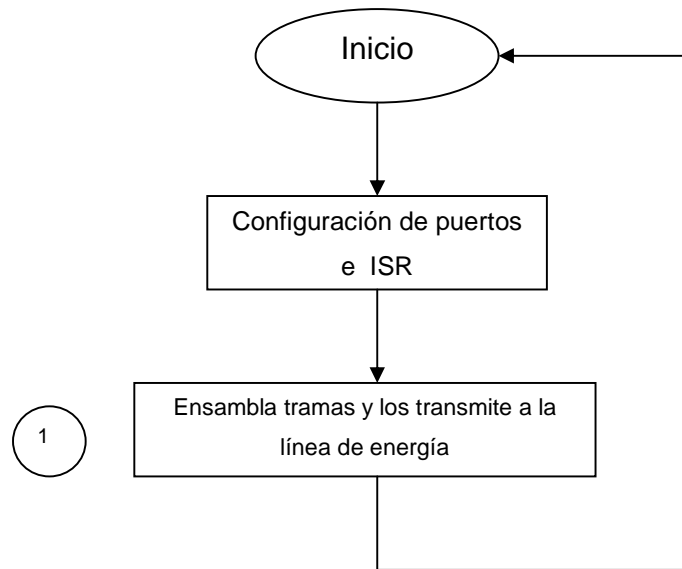


Fuente autores del proyecto

3.3.2.1 Programa tarjeta de control

El controlador desarrollado posee una tarjeta de control cuyo cerebro central es un PIC 16F628A, para esta tarjeta se realizó un programa en MPLab que permite la comunicación de la tarjeta con el PC a través de la interfaz domótica implementada y que además interactúa con los dispositivos instalados, así como también permite el control de diferentes dispositivos para la implementación de aplicaciones de diferente tipo.

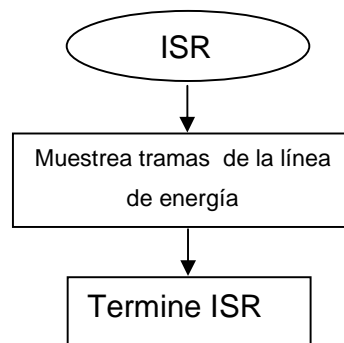
Figura 46. Diagrama de flujo del programa desarrollado



Fuente autores del proyecto

3.3.2.2 Rutina de servicio de interrupciones. A través de esta rutina se maneja todo lo que tiene que ver con la activación de las interrupciones del programa.

Figura 47. Diagrama de flujo ISR



Fuente autores del proyecto

Figura 48. Ensamble de tramas y transmisión a la línea de energía.

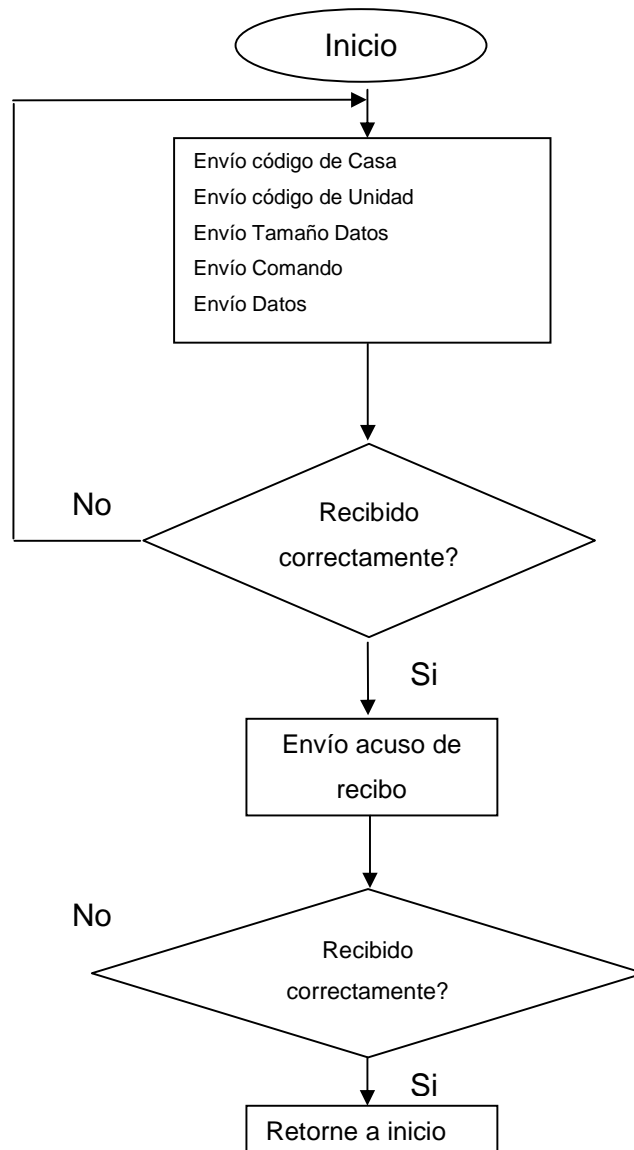
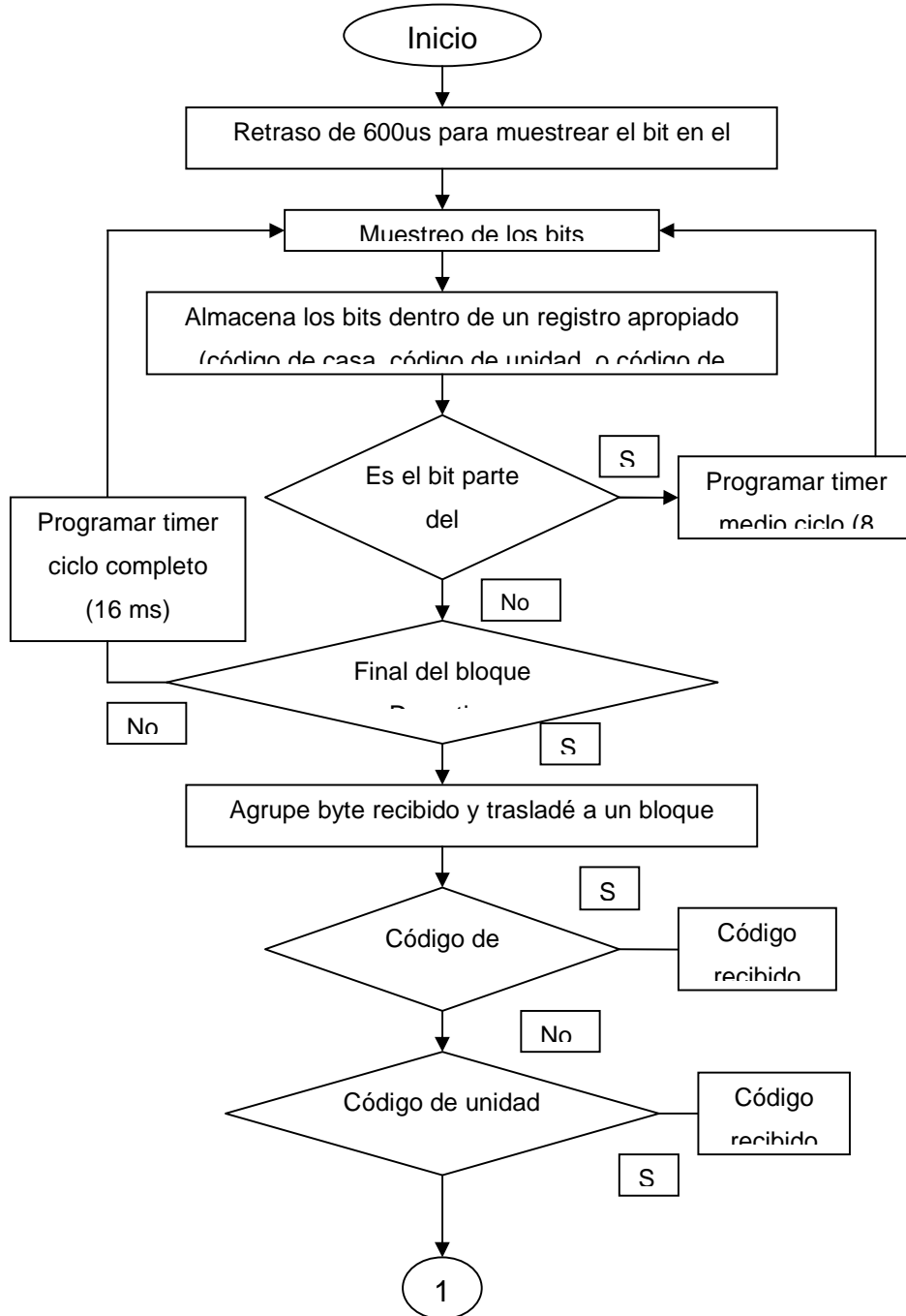
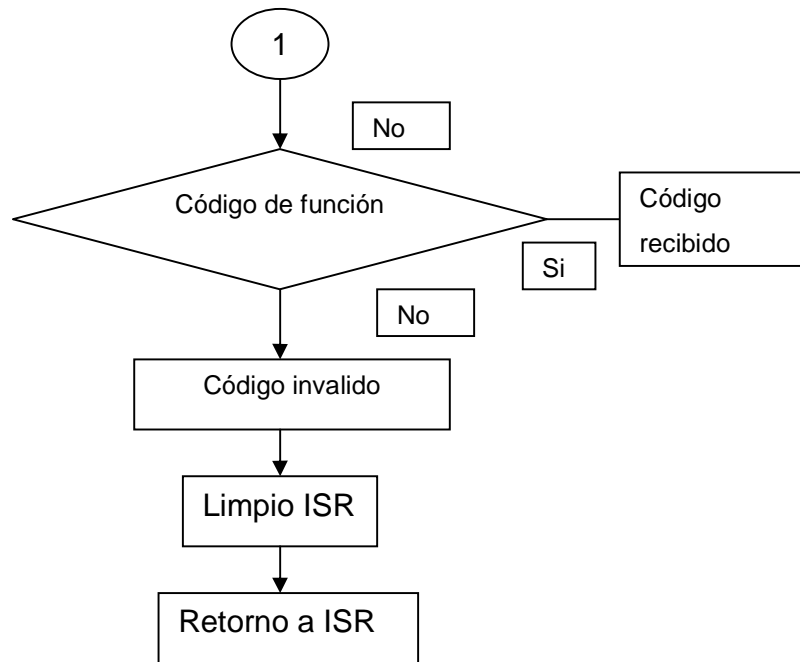


Figura 49. Funcionamiento ISR





Fuente autores del proyecto

4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Las siguientes figuras de la 51 a la 55, fueron captadas de la tarjeta dOmótica esclava. Los oscilogramas reflejan el diferente proceso que sufre la señal en las diversas etapas del dispositivo.

Figura 50. CIRCUITO TARJETA DE CONTROL ESCLAVA

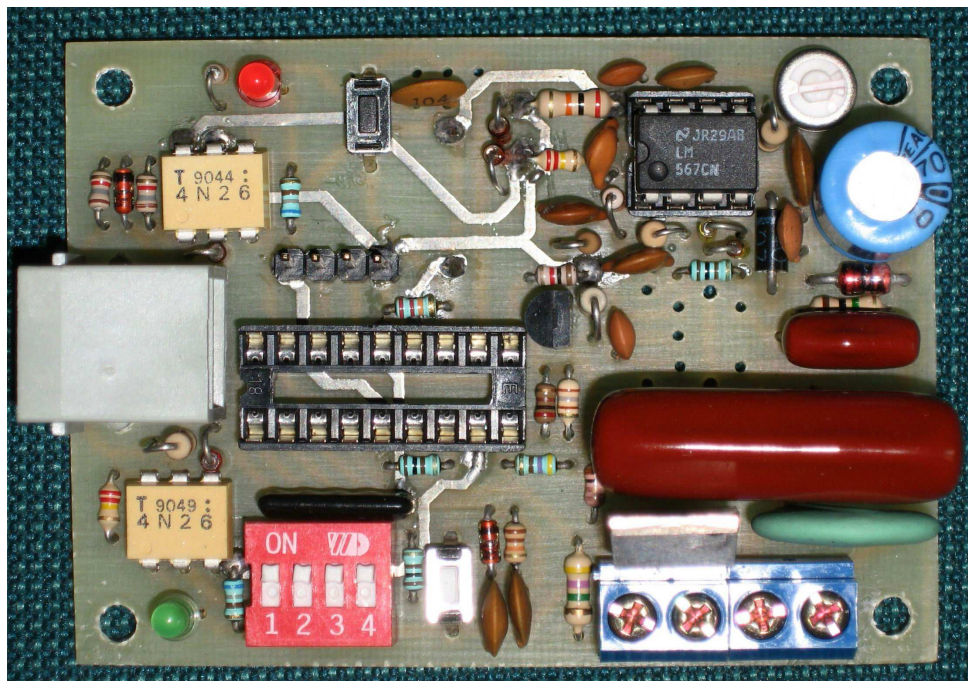
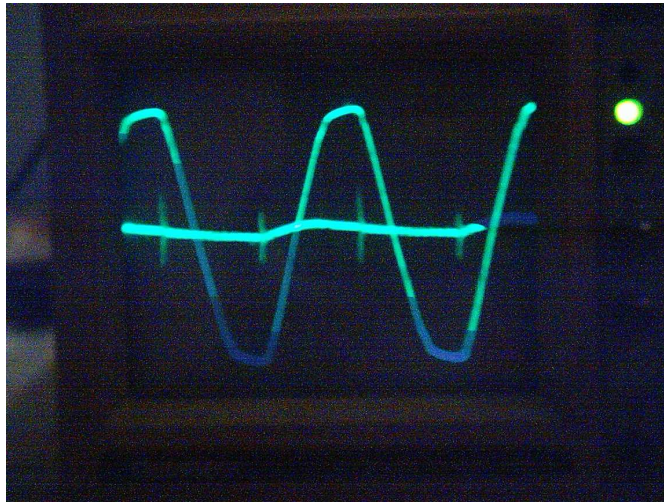
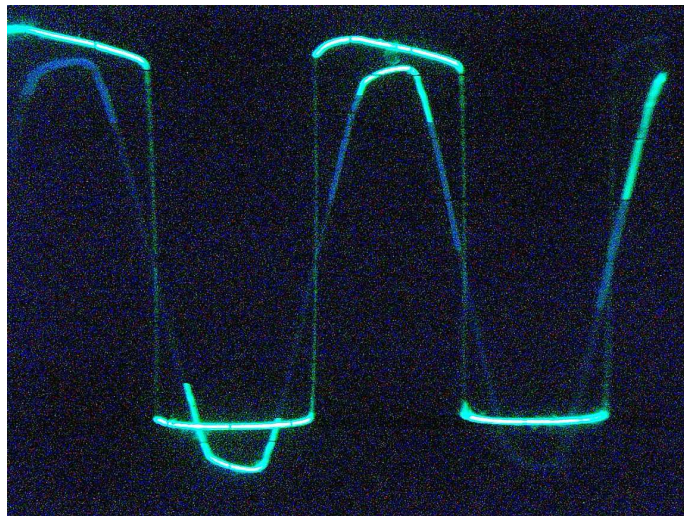


Figura 51. Señal de 60 Hz que alimenta el controlador.



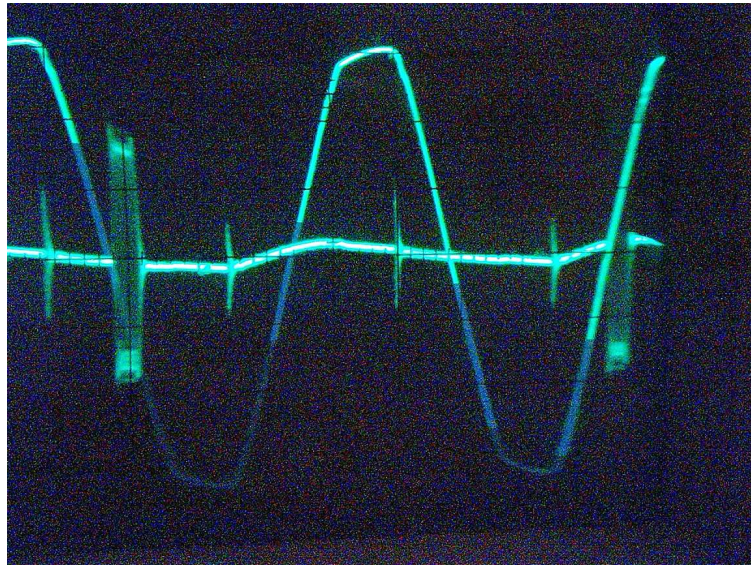
Fuente autores del proyecto

Figura 52. OSCILOGRAMA DE SEÑAL DE CRUCE CERO



Fuente autores del proyecto

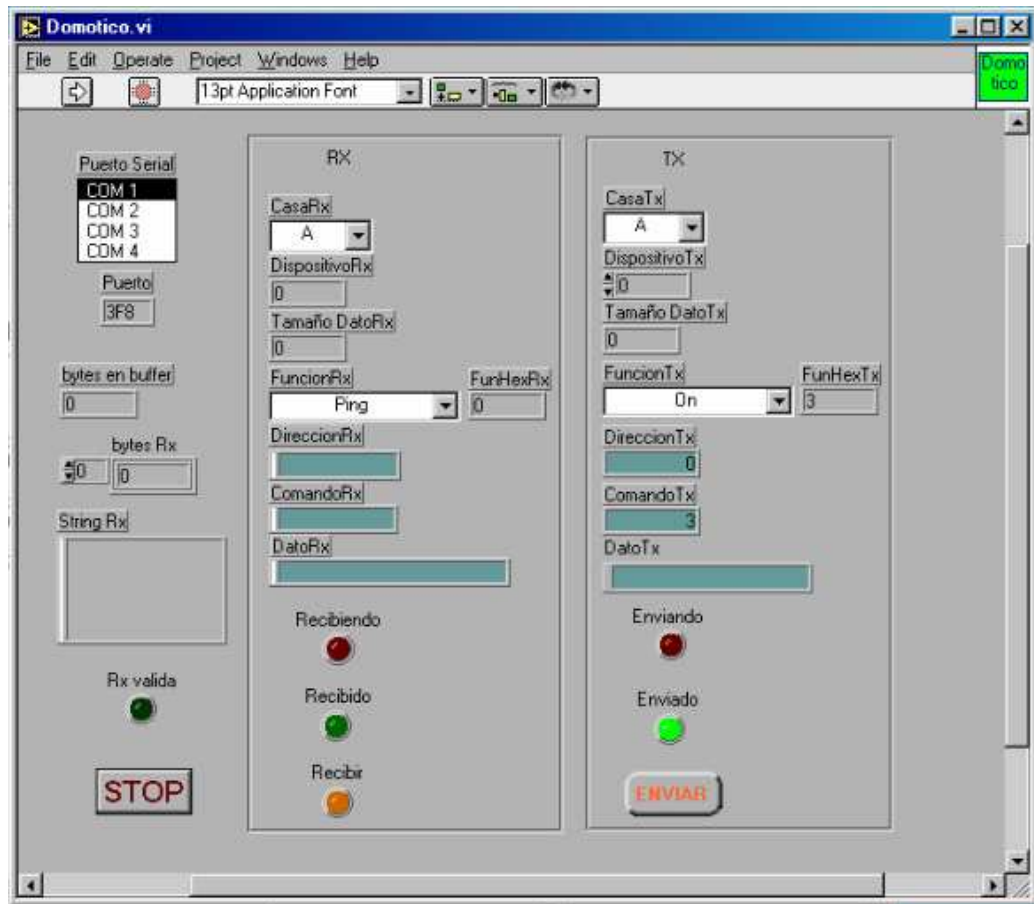
Figura 53. SEÑAL EMITIDA EN EL CONTROLADOR DOMÓTICO



Fuente autores del proyecto

La interfaz hacia el usuario puede tener un aspecto similar al mostrado en la siguiente Figura.

Figura 54. Programa Labview desarrollado



Fuente autores del Proyecto

5. CONCLUSIONES

- El prototipo construido ofrece variedad de ventajas como el ahorro y utilización de energía en sistemas de seguridad, sistemas anti-incendio, monitoreo y control de dispositivos y otras aplicaciones.
- El modelo diseñado es sencillo, económico y muy práctico al usuario, para el manejo y control de dispositivos domóticos a través de la red eléctrica-
- Basados en estudios realizados acerca de automatización del hogar “domótica”, el protocolo X-10 es el más usado actualmente; hoy en día se logró crear un protocolo más ágil y versátil que el protocolo X-10, para aplicaciones domóticas.
- La utilización de los módulos es especialmente recomendable para el uso en el hogar.

7. GLOSARIO

Asíncrono, na. (De a-2, sin- y el gr. χρόνος, tiempo). adj. Se dice del proceso o del efecto que no ocurre en completa correspondencia temporal con otro proceso u otra causa.

Detectar. Extraer de la onda modulada la señal transmitida.

Hardware. (Voz ingl.). m. Inform. Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora.

Programa. (Del lat. programma, y este del gr. πρόγραμμα). Inform. Conjunto unitario de instrucciones que permite a un ordenador realizar funciones diversas, como el tratamiento de textos, el diseño de gráficos, la resolución de problemas matemáticos, el manejo de bancos de datos, etc.

Protocolo. (Del b. lat. protocollum, y este del gr. πρωτόκολλον). Regla ceremonial diplomática o palatina establecida por decreto o por costumbre. Plan escrito y detallado de un experimento científico, un ensayo clínico o una actuación médica.

Red. (Del lat. rete). Conjunto de elementos organizados para determinado fin. Red del abastecimiento de aguas. Red telegráfica o telefónica. Red ferroviaria o de carreteras. Conjunto de ordenadores o de equipos informáticos conectados entre sí que pueden intercambiar información

Sincrónico, ca. (Del gr. σύγχρονος; de σύν, con, y χρόνος, tiempo). adj. Fís.

Dicho de un proceso o de su efecto: Que se desarrolla en perfecta correspondencia temporal con otro proceso o causa

Software. (Voz ingl.). m. Inform. Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

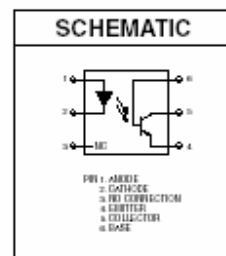
ANEXOS

Anexo A. Integrado Pptoacoplador 4N26



GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

Anexo B. Integrado Microcontrolador PIC16F628A



PIC16F627A/628A/648A

18-pin Flash-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

- Operating speeds from DC - 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single word instructions
 - All instructions single cycle except branches

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
 - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Low Power Internal 37 kHz oscillator
 - External Oscillator support for crystals and resonators.
- Power saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range. (2.0 - 5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High Endurance Flash/EEPROM Cell
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - 100 year data retention

- Standby Current:
 - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 12 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 120 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
 - 1 μ A @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
 - 1.2 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual Speed Internal Oscillator:
 - Run-time selectable between 4 MHz and 37 kHz
 - 4 μ s wake-up from Sleep, 3.0V, typical

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Selectable internal or external reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module
 - 16-bit Capture/Compare
 - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

Anexo C. Diagrama de Bloques PIC16F628A

PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM

