

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA



El saber de mis hijos
hará mi grandeza

SISTEMA DE ALARMA DOMÓTICO EMPLEANDO TONOS DUALES DE MULTIFRECUENCIA, PLC's Y PIC's

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍA
ELECTRÓNICA

PRESENTA:

CHRISTIAN ANDRÉS ROVIROSA VENTURA

Asesor: Dr. Luis Arturo García Delgado

Hermosillo, Sonora, a 17 de Mayo de 2013

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Sistema de alarma Domótico empleando Tonos Duales de Multifrecuencia, PLC's y PIC's

Christian Andrés Rovirosa Ventura

2013

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Qué es la domótica?	1
1.2. Orígenes de la Domótica	1
1.3. Evolución global de la domótica	2
1.4. Elementos de una instalación domótica	4
1.4.1. Aplicaciones	4
1.5. Justificación	6
1.6. Objetivo	6
1.7. Organización del proyecto	6
2. PLC y Microcontroladores	7
2.1. PLC	7
2.2. Qué es un PLC?	8
2.3. Hardware del PLC	8
2.4. Ventajas del PLC	12
2.5. Tipos de programación de un PLC	13
2.6. PLC FESTO FC34	14
2.7. Microcontroladores	15
2.8. Microcontrolador PIC	16
2.9. Hardware del Microcontrolador PIC	16
2.10. Recursos auxiliares	18
2.11. Microcontrolador PIC 16F84A	19
3. Sistema de Domótica	21
3.1. Funcionamiento del sistema de Domótica	21
3.2. Programación del PLC	22
3.3. Funcionamiento de la alarma	22
3.4. Diagrama de conexión del PLC	24
3.5. Diagrama de bloques de la alarma controlada por el PLC	25
3.6. Circuito DTMF (Tonos duales de multifrecuencia)	26

3.7. Decodificación DTMF	26
3.8. Circuito Integrado CM8870PI	27
3.9. Programa del PIC 16F84A	28
3.10. Circuito integrado de transistores Darlington UNL2803A	29
3.11. Diagrama de bloques del circuito DTMF	31
4. Resultados Obtenidos	33
4.1. Introducción	33
4.1.1. Descripción de pruebas	33
4.2. Pruebas del sistema de alarma controlado por el PLC	33
4.2.1. Subprograma activar y desactivar la alarma	34
4.2.2. Subprograma desactivar alarma por contraseña	35
4.2.3. Subprograma de puertas	36
4.2.4. Subprograma de ventanas	37
4.2.5. Subprograma de focos exteriores	38
4.2.6. Subprograma de llamada telefónica	38
4.3. Prueba de control a distancia del circuito DTMF	39
5. Conclusiones	41

Capítulo 1

Introducción

1.1. Qué es la domótica?

El término domótica proviene de la unión de las palabras *domus* (que significa casa en latín) y *tica* (de automática, palabra en griego, 'que funciona por sí sola'). Hace referencia al progreso conjunto de grandes áreas de la tecnología (informática, electrónica y telecomunicaciones). De esta forma, la domótica era "el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía y comunicaciones". Una definición más precisa (aunque no la única existente) sobre este concepto, que con los años se ha ido perfilando y concretando, y que actualmente es: la domótica es una denominación referida a las viviendas, por la que diversos productos tecnológicos de áreas como la electricidad, la electrónica, la informática, la robótica y las telecomunicaciones convergen y se integran en un sistema con objeto de proveer aplicaciones y servicios de utilidad para los habitantes del hogar. Su finalidad es cubrir necesidades de los usuarios, tales como seguridad, confort, ahorro de energía o comunicaciones. [1] [2]

1.2. Orígenes de la Domótica

No existe una definición concreta sobre cuándo nació la domótica, pero comúnmente se elige como fecha el año 1978, cuando salió al mercado el sistema X10, que se considera el primer sistema domótico. Este estándar permitía que varios electrodomésticos se comunicaran entre ellos, así como el control de las luces del hogar, aprovechando en todo momento la instalación eléctrica existente y sin necesidad de cables.

A partir de este momento, la tecnología empezó a evolucionar y se buscaba crear un producto que pudiera conectar entre sí las redes de energía e información del hogar: agua, electricidad, gas, calefacción, cable telefónico, etc. con la automatización como principal objetivo.

1.3. Evolución global de la domótica

Cada país desarrolló de forma distinta esta nueva tecnología, dependiendo tanto de la potencia de su industria tecnológica y de telecomunicaciones; como de las necesidades específicas que quisiera cubrir con su desarrollo y de su ideología.

Estados Unidos fue uno de los primeros países en entrar en este sector de la tecnología. Los americanos controlaban el campo de la informática gracias al enorme potencial económico de IBM. Esto les permitió enfocarse en el *Interactive Home* (hogar interactivo). A partir del año 1984, se lanzó el proyecto de la National Association of Home Builders, denominado *Smart House*. El elemento fundamental del *Smart House* era un sistema de cableado unificado que reemplazaba a los cableados tradicionales. Como innovación, destacaba su sistema de control de circuito cerrado, que permitía controlar cualquier aparato por medio de una señal apropiada y conocer en todo momento lo que está ocurriendo dentro de la casa. Aunque no fue el único, este proyecto fue uno de los más importantes de la época y el primer paso de la industria estadounidense hacia un campo en el que actualmente es una de las líderes. Japón fue otra de las potencias tecnológicas que se interesó por el desarrollo de esta nueva tecnología. En 1982, Japón había llegado a la saturación del mercado en teléfonos, lo que impulsó nuevas tendencias, como la telefonía sin cables. [3]

La Comunidad Europea contaba con una serie de programas de investigación tecnológica que hacían referencia en muchos casos a esta nueva tecnología para el hogar, y que tenía efectos a nivel económico gracias al presupuesto que la CE destinaba a las investigaciones.

Ejemplos de programas de este tipo fueron *Esprit* (1987-1992), *Euronet Diane*, o *Race* (1987-1992), todos ellos destinados al desarrollo de tecnología y las telecomunicaciones. Pero el más conocido de todos ellos fue el Programa *Eureka* de 1985, que fijaba sus fines hacia productos comerciables de las tecnologías de la información y de las telecomunicaciones, la robótica, los materiales, las técnicas de montaje, la biotecnología, la tecnología del medio marino, la láser, la protección del medio y la nueva generación de medios de transporte. Además, integraba el subproyecto específico llamado *Integrated Home Systems*, cuyos objetivos eran ajustar una red doméstica y desarrollar productos compatibles con esta red. [3]

Este proyecto tuvo sucesores años más tarde, en los que participaron empresas de toda Europa tales como Siemens, British Telecom o Thomson. Los países más grandes y tecnológicamente más potentes de Europa (Alemania, Francia y Reino Unido) también desarrollaron sus propias investigaciones, entre las cuales se destacan las innovaciones en los campos de la tele-educación, la telemedicina y la telemetría y teleseguridad.

Por lo que respecta a telemetría y teleseguridad, existían en Francia varios proyectos dedicados al ahorro de agua, gas y electricidad, y el gran número de robos en el país propiciaron que Thomson lanzara un sistema de disuasión a través de voz sintética. Alemania fue otro de los países donde más novedades se dieron en estos niveles, y centró los esfuerzos en el campo de la telemetría y teleseguridad. El Gobierno alemán se dio cuenta de las posibilidades comerciales y de exportación de la telemetría o medida remota de energía, por lo que lanzó la red *Thelemetry Exchange* (TEMEX) que implicaba soluciones integradas para la electricidad, el gas, el agua y cálculo anticipado de calefacción.

La domótica es una aplicación relativamente nueva en México, sin embargo a lo largo del mundo existen compañías con más de 10 años de experiencia que brindan estas soluciones. Hoy en día México parece estar cada vez más interesado en la domótica y en una verdadera aplicación de esta a las viviendas del país, pero no por motivos de confort ni comodidad social sino por los beneficios que estos sistemas traen consigo, ya que hacen que el consumo dentro de un hogar sea óptimo, regulando al máximo cualquier aspecto que pueda ocurrir dentro de la casa: agua, luz, fugas, etc. Es por esto que la domótica hoy en día más que jugar un papel de comodidad en la construcción es un factor de conciencia que parece ser una pequeña contribución a la crisis que se vive hoy en día por la energía y otros recursos, no solo en México sino en todo el mundo.

1.4. Elementos de una instalación domótica

- **Central de gestión:** Las Centrales de gestión o controladores son los dispositivos que gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber un solo controlador, o varios distribuidos por el sistema.
- **Sensores:** Los sensores son los dispositivos que monitorizan el entorno captando información para transmitirla a la central de gestión (sensores de agua, gas, humo, temperatura, viento, humedad, lluvia, iluminación, etc).
- **Actuadores:** Los actuadores son dispositivos capaces de ejecutar y/o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un aparato o sistema (encendido/apagado, subir/bajar, abrir/cerrar, etc).
- **Soportes de comunicación:** Los soportes de comunicación son los dispositivos (pantallas, Teléfonos celulares, Internet, conectores) con los cuales se puede interactuar con el sistema.

1.4.1. Aplicaciones

Ahorro energético

No es necesario sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos sino una gestión eficiente de los mismos.

Gestión eléctrica:

- Desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.

Confort

El confort conlleva todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo para mejorar la comodidad en una vivienda.

Iluminación:

- Apagado general de todas las luces de la vivienda.
- Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
- Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
- Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario.

Seguridad

Consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los bienes patrimoniales como la seguridad personal.

Alarmas de intrusión:

Se utilizan para detectar o prevenir la presencia de personas extrañas en una vivienda o edificio.

Comunicaciones

Son los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar.

- Control tanto externo como interno, control remoto desde mandos inalámbricos (Teléfono celular).
 - Transmisión de alarmas.
-

1.5. Justificación

Se implementó un sistema de gestión energética y seguridad, el cual puede ser controlado a distancia por medio de un teléfono celular. La idea de implementar este proyecto radica en facilidad de mejorar, adaptar o modificar la programación o el sistema de seguridad con respecto a futuras tareas o necesidades.

Este proyecto tiene como utilidad proteger el hogar por medio de software, hardware y recursos adecuados para la detección de intrusos, además de la capacidad de controlar la alarma y diversas tareas a distancia por medio de una llamada telefónica.

1.6. Objetivo

Diseñar e implementar un sistema de seguridad y gestión energético doméstico utilizando controladores lógicos programables (PLC) y controladores de interfaz periférico (PIC), permitiendo al usuario tener control a distancia por medio del teléfono celular.

1.7. Organización del proyecto

En el Capítulo 1 se describen los antecedentes y evolución de la domótica, así como sus aplicaciones en control energético, confort, seguridad y comunicación.

En el Capítulo 2 se describen las características más relevantes de los PLC y de los PIC. Principalmente el PLC FESTO FC34 y el PIC 16F84A, los cuales son utilizados en este proyecto.

En el Capítulo 3 se describen las características del programa y el funcionamiento de la alarma.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos.

En el Capítulo 5 se presentan las conclusiones.

Capítulo 2

PLC y Microcontroladores

2.1. PLC

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de conectores y relés. El operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico. [4]

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. Esto se refiere a los autómatas programables industriales, también pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un cochera o las luces de la casa). [4]

Los PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente.

2.2. Qué es un PLC?

Se entiende por PLC, o Autómata Programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: serie, paralelo, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, comparaciones, etc.

2.3. Hardware del PLC

La estructura básica de cualquier PLC se divide en una estructura externa y una interna. La estructura externa de un autómata programable se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido, etc. Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que pertenece, ya sea Europea o Norteamericana. Según su estructura actualmente existen dos tipos de PLC: [5]

- PLC Compacto.
- PLC Modular.

PLC Compacto

Se distinguen por presentar solamente un bloque en todos sus elementos, como son la fuente de alimentación, CPU, memorias, E/S, etc.

PLC Modular

Como su nombre lo indica, la estructura de este tipo de autómatas se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas. Los cuales también se dividen en estructura Americana y estructura Europea.

La estructura Americana se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal manera que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación, separando el bloque de E/S necesarias.

La estructura Europea se caracteriza principalmente por separarlos en bloques, existiendo un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

La estructura externa del PLC es el aspecto físico, la estructura interna corresponde a las partes en que se ordena su conjunto físico o Hardware con las funciones y el funcionamiento con cada una de ellas. Como se muestra en la figura 2.1.

Los PLC se componen esencialmente por bloques internos, los cuales se dividen en:

- Fuente de alimentación.
- CPU [Procesador, memorias (RAM, ROM, EEPROM)].
- Módulo de entrada.
- Módulo de salida.

Fuente de alimentación:

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 110 VAC, a 24 VDC. Siendo este el voltaje de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el PLC.

CPU:

La unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operador por medio de la unidad de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuesta al módulo de salidas. En su memoria se encuentra el programa destinado a controlar el proceso.

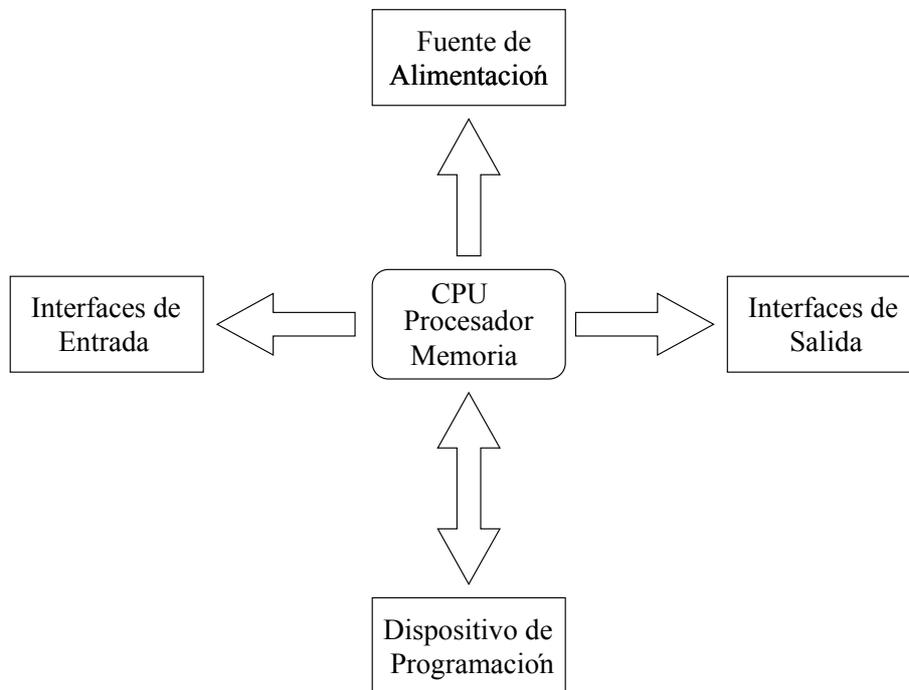


Figura 2.1: Estructura de un PLC [6]

1 - Procesador: está constituido por el microprocesador, el generador de impulsos de onda cuadrada o reloj y algún chip auxiliar.

2 - Memorias: Le llamamos memorias a cualquier dispositivo que nos permita almacenar información en forma de BIT (ceros y unos). En nuestro caso, nos referimos a las memorias que utilizan como soporte elementos semiconductores.

- **RAM:** (*Random Acces Memory*), memoria de acceso aleatorio. En este tipo de memorias se puede realizar los procesos de lectura y escritura por procedimientos eléctricos, pero su información desaparece al faltarle la corriente.
- **ROM:** (*Read Only Memory*), memoria de solo lectura. Solo se puede leer su contenido, pero no se puede escribir en ellas; los datos e instrucciones los graba el fabricante y el usuario no puede alterar su contenido. La información se mantiene ante la falta de corriente.
- **EEPROM** (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*), memoria de solo lectura que puede ser programable, borrable y reprogramable eléctricamente, son memorias no volátiles. También es conocida como memoria de programa.

3 - Módulo de entradas: A este módulo se unen eléctricamente los interruptores, pulsadores, sensores, etc. La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación contenida. Como se muestra en la figura 2.2. Se pueden diferenciar dos tipos de dispositivos de entrada:

- **Los dispositivos de entrada pasivos:** son aquellos que cambian su estado lógico, por medio de una acción mecánica. Éstos son los interruptores, pulsadores, microswitch, etc.
 - **Los dispositivos de entrada activos:** son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de sensores como los inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, etc. Muchos de estos sensores pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del PLC.
-

4 - Módulo de salidas: El módulo de salidas es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de relé, bobinas de contadores, lámparas motores pequeños, etc.). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que éstas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. Como se muestra en la figura 2.2. Según el tipo de proceso a controlar por el PLC, podemos utilizar diferentes módulos de salidas, ya sean relés, TRIAC o transistores. El TRIAC y los transistores son utilizados en circuitos que necesitan maniobras de conexión y desconexión muy rápidas.



Figura 2.2: Ciclo del PLC. [6]

2.4. Ventajas del PLC

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- **Flexibilidad:** Posibilidad de remplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
 - **Tiempo:** Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
 - **Cambios:** Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
-

- **Confiabilidad:** Capacidad de realizar su función de manera prevista.
- **Espacio:** Mínimo espacio de ocupación.
- **Modularidad:** Posibilidad de separar y añadir entradas y salidas.
- **Estandarización:** Normas establecidas en la programación de control.

2.5. Tipos de programación de un PLC

Programación Gráfica

- Diagrama de escalera o "*ladder*".

Este lenguaje permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso, con ayuda de símbolos de contactos normalmente cerrados (N.C.) y normalmente abiertos (N.A.), relés, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc...
 - Bloques de funciones.

Se basa en bloques que realizan operaciones matemáticas simples para poder determinar una salida. Su estructura describe las funciones entre entradas y salidas. Una función es descrita como un grupo de bloques elementales. Las entradas y salidas están conectadas con líneas conectoras.
 - Diagrama secuencial (GRAFCET).

Es un diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. En la actualidad no tiene una amplia difusión como lenguaje, puesto que la mayoría de los autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del diagrama de escalera.
-

Programación Textual

- Texto estructurado.

El texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada (IF, THEN, ELSE) o en bucles secuenciales (WHILE..DO).

- Lista de instrucciones.

Corresponde al nivel más fundamental de programación definidos en el estándar IEC 1131. De hecho, todos los otros lenguajes de programación de PLC's pueden ser convertidos a lista de instrucciones o Nemónicos. Este tipo de programación consiste en elaborar un listado de instrucciones Booleanas (únicamente operaciones sobre Bits) que se asocian a los símbolos y contactos de un diagrama de control, y las cuales representarán la combinación lógica que exista entre dichos contactos.

2.6. PLC FESTO FC34

Existe una gran variedad de fabricantes de PLC, para este proyecto utilizaremos el PLC de FESTO FC34, el cual consta de 12 entradas y 8 salidas alimentado con una fuente de 24V. El cual se muestra en la figura 2.3.

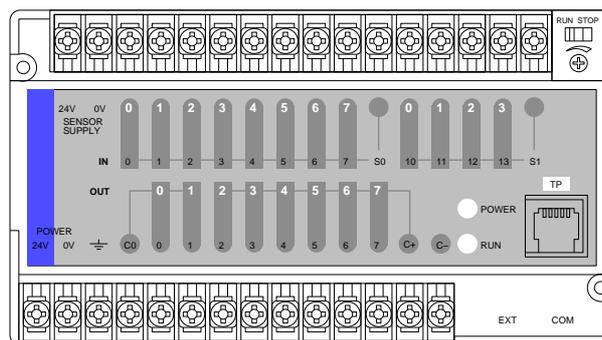


Figura 2.3: PLC Marca Festo FC34

Para programar este PLC se necesita el programa FST, en el cual sólo podemos realizar programas en dos tipos de lenguaje. El diagrama de escalera y lista de instrucciones. En este caso, utilizaremos el diagrama de escalera ya que al ser un lenguaje gráfico, podremos visualizar de una mejor manera lo que está ocurriendo en el programa.

2.7. Microcontroladores

Desde la invención del circuito integrado, el desarrollo constante de la electrónica digital ha dado lugar a dispositivos cada vez más complejos. Los microcontroladores están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar.

En las aplicaciones sencillas resultan preferibles las soluciones no programables que no requieren desarrollo de software. Escribir software consume mucho tiempo por lo que resulta más costoso y en aplicaciones sencillas es más razonable efectuar tareas en hardware. Sin embargo, conforme aumenta la complejidad del sistema, aumentan las ventajas del uso de sistemas programables.

Una de las principales ventajas de los sistemas programables es su flexibilidad, lo que permite actualizar el funcionamiento de un sistema tan sólo mediante el cambio del programa sin tener que volver a diseñar el hardware. Esta flexibilidad es muy importante, al permitir que los productos se actualicen con facilidad y economía. [7]

2.8. Microcontrolador PIC

El microcontrolador PIC es circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos. El secreto de los microcontroladores lo encontramos en su tamaño, su precio y su diversidad. Su propósito al igual que cualquier computadora personal es la misma que una calculadora. Frente a datos de entrada, sigue un programa, un algoritmo dado por un programador y cambia su estado interior. Como objetos o dispositivos de entrada o salida podemos encontrar diversos periféricos, desde simples líneas de entrada digital que pueden estar a cero o a uno, hasta complejos puertos que permiten comunicar con otros dispositivos externos como microcontroladores o PC. Existen varios fabricantes que ponen a disposición de los desarrolladores miles de modelos distintos en características, tamaños, consumo, periféricos, memoria, etc. La diversidad tiene un objetivo fundamental, reducir costos. [8]

Mientras más características o más memoria tenga, más espacio necesita y por tanto más caro será de fabricar y con ello de adquirir. Existen muchas empresas que se dedican a la fabricación, investigación y soporte de microcontroladores, los principales fabricantes son: Microship, Atmel, Intel y Motorola. Los microcontroladores PIC de la empresa americana Microchip, se emplean en la actualidad cada vez más debido a su bajo costo, tamaño pequeño, facilidad de uso y la abundancia de información y herramientas de apoyo.

2.9. Hardware del Microcontrolador PIC

Arquitectura básica

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, 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 almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). Como se muestra en la figura 2.4.

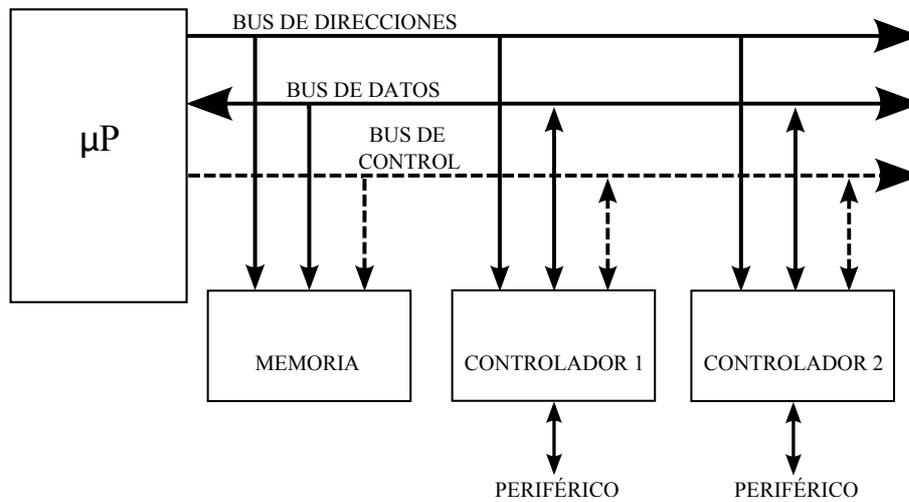


Figura 2.4: Arquitectura Von Neumann de microprocesador. [9]

La arquitectura Harvard 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. Como se muestra en la figura 2.5.

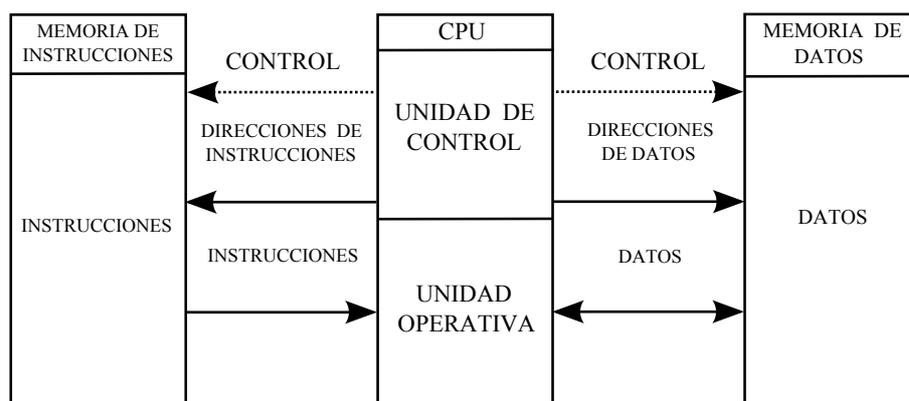


Figura 2.5: Arquitectura Harvard. [9]

2.10. Recursos auxiliares

Las funcionalidades incorporadas a los microcontroladores PIC, que se ejecutan en paralelo con el programa son:

- **Circuito de reloj:** El microcontrolador incluye un reloj, este generalmente no alcanza la mayor velocidad para la que el microcontrolador está preparado y es algo impreciso, sobre todo cuando sube la temperatura. Si se requiere, es posible alimentar al microcontrolador con una señal de reloj externa y no utilizar el reloj interno, sin embargo, tiene la gran ventaja de estar dentro del chip, lo que reduce problemas de confiabilidad (tener un reloj externo es un punto más de falla).
 - **Temporizadores:** El microcontrolador incluye varios *timers* que están disponibles en versiones de 8 o 16 bits, usarán la señal de reloj vigente para generar sus incrementos.
 - **Perro Guardián (*Watchdog*):** Es una forma de control que permite al PIC reaccionar frente a iteraciones infinitas generando un reset automático.
 - **Convertidores A/D y D/A:** Los convertidores Analógico Digitales y Digitales Analógicos están integrados a los chips de la gama alta y son capaces de realizar las conversiones adecuadas.
 - **Comparadores analógicos:** Estos comparadores incluidos desde algunos microcontroladores de la gama media, comparan dos señales analógicas y determinan si son iguales.
 - **Protección ante fallos de alimentación:** El microcontrolador está preparado para reaccionar a una caída de tensión reseteándose y no volviendo a operar hasta que el nivel de tensión sea el adecuado.
 - **Estado de reposo en bajo consumo:** El microcontrolador puede entrar en modo de Reposo (*Stand By*) por su propia programación, esto es particularmente útil cuando se están usando baterías en lugar de estar conectado a una línea de corriente. [10]
-

2.11. Microcontrolador PIC 16F84A

Este dispositivo es un controlador de interfaz periférico o microcontrolador, el cual se puede programar y ejecutar una tarea en especial, cuenta con la ventaja de ser económico y muy común. Algunas de sus características son:

- Voltaje de alimentación de 5 V.
- Memoria Flash de programa (1K x 14).
- Memoria EEPROM de datos (64 x 8).
- Memoria RAM (68 registros x 8).
- Un temporizador/contador (Timer de 8 bits).
- Dos puertos de entrada-salida (13 pines en dos puertos, 5 pines el puerto A y 8 pines el puerto B).

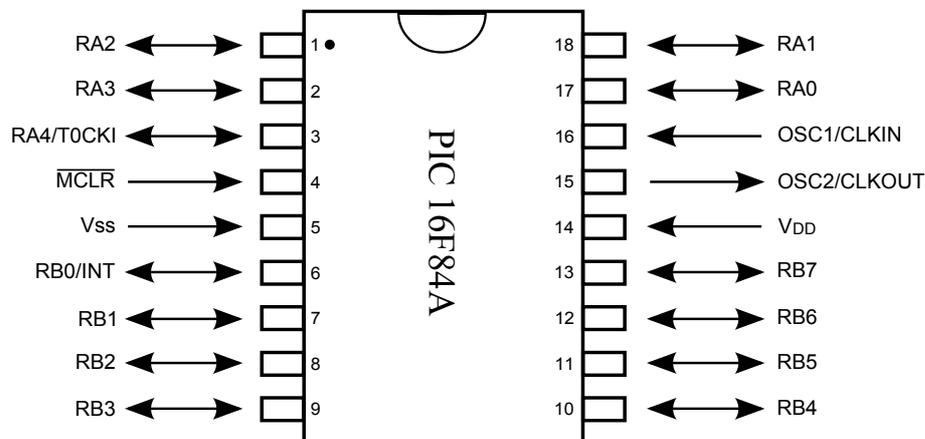


Figura 2.6: PIC 16F84A [11]

El microcontrolador PIC 16F84A mostrado en la figura 2.6, en conjunto con el PLC FC34 mostrado en la figura 2.3, cuentan con lo necesario para el desarrollo del proyecto de Domótica, el cual será descrito en el siguiente capítulo.

Capítulo 3

Sistema de Domótica

3.1. Funcionamiento del sistema de Domótica

La realización de este sistema consta de tres partes importantes, las cuales son: El PLC, un circuito DTMF (Tonos Duales de Multifrecuencia) y el teléfono celular. El sistema funciona de la siguiente manera, el programa para el control de la casa está contenido en el PLC, el cual se encarga de la alarma y de ejecutar ciertas tareas como el apagado o encendido de luces.

Al momento de activarse la alarma, el PLC manda la señal al teléfono celular para realizar la llamada de alerta. El teléfono celular está conectado al circuito DTMF, el cual se encarga de decodificar las señales de control para el PLC. Como se muestra en la figura 3.1.

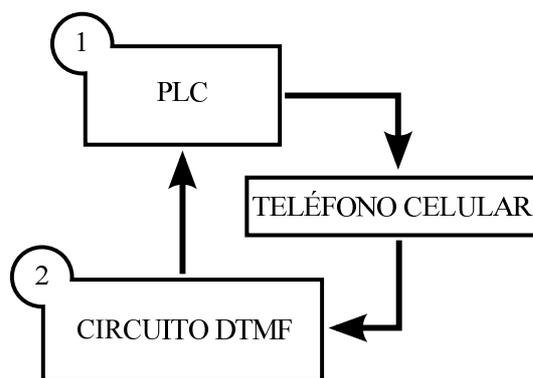


Figura 3.1: Esquema del sistema de Domótica.

3.2. Programación del PLC

La programación del proyecto Domótica se divide en 7 subprogramas. De esta manera se puede visualizar de una manera más fácil y mantenerlo de forma ordenada. Los programas son:

- Ventanas.
- Puertas.
- Alarma (Activar y Desactivar).
- Focos Exteriores.
- Flash.
- Desactivación manual de la alarma (Contraseña).
- Llamada telefónica.

3.3. Funcionamiento de la alarma

La alarma de la casa abarca todas las puertas y ventanas, de tal manera que al momento de abrir una puerta o romper una ventana, ésta se accionará y se encenderá un foco de alerta y una bocina. Además de realizar la llamada indicando la detección de un intruso. Para desactivar la alarma se requiere de una combinación entre dos botones conectados al PLC o también se puede desactivar por medio del circuito DTMF conectado al PLC.

Al presionar el botón de activación de la alarma, la persona dispone de 20 segundos para salir de la casa antes de que se active la alarma, de igual manera ya que la alarma esté activada, la persona debe de entrar por la puerta principal y dispone de otros 20 segundos para introducir la contraseña y desactivar la alarma (Botones 1 y 2). De otra manera, si la persona entra por otra puerta o ventana, la alarma se activará. Al activar la alarma se iniciará el ciclo de los focos exteriores. En la figura 3.2 podemos ver el plano de la casa y en la tabla 3.1 la ubicación de los sensores y focos exteriores.

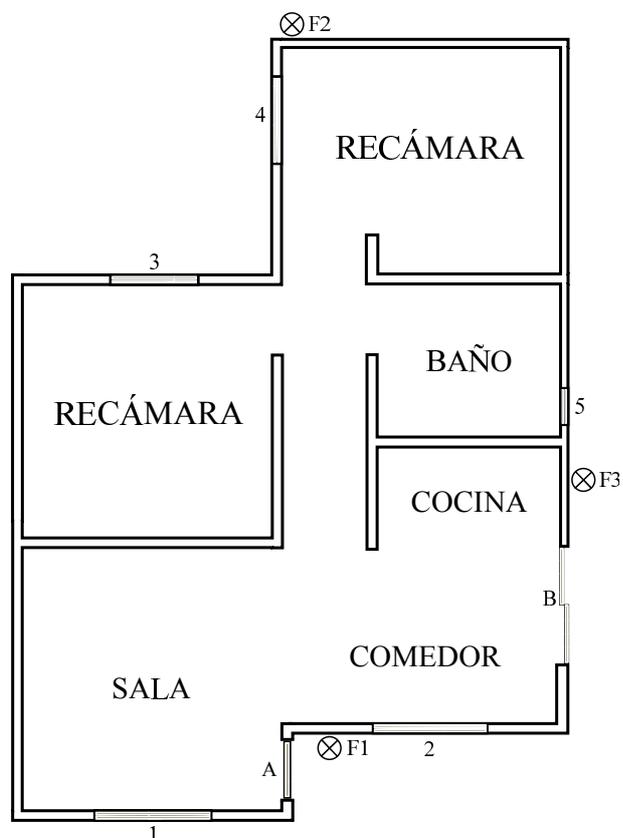


Figura 3.2: Plano de la casa.

SENSORES	UBICACIÓN
A	Puerta Principal
B	Puerta Pasillo
1	Ventana Sala
2	Ventana Comedor
3	Ventana Recamara 1
4	Ventana Recamara 2
5	Ventana Baño

Focos Exteriores
F1 - Foco Cochera
F2 - Foco Patio
F3 - Foco Pasillo

Tabla 3.1: Ubicación de sensores y focos exteriores.

3.4. Diagrama de conexión del PLC

En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de conexión de las entradas y salidas del PLC y en la tabla 3.3 y tabla 3.4 la acción que realiza cada entrada y salida del PLC.

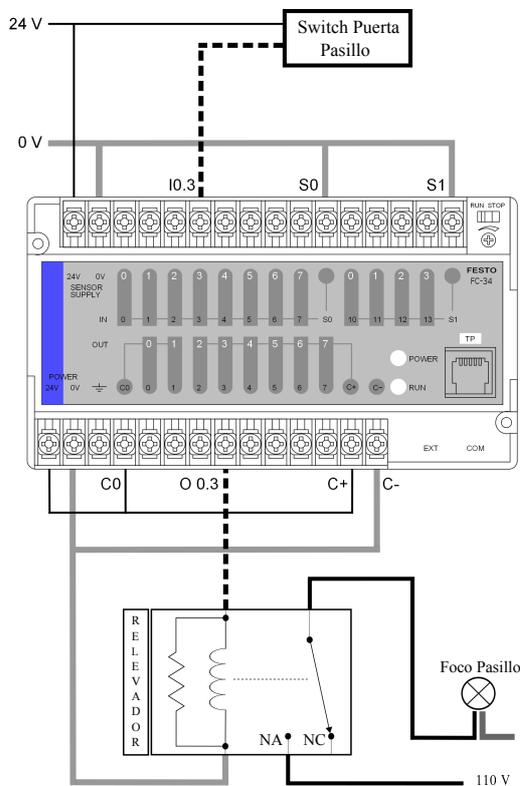


Figura 3.2: Conexión del PLC.

ENTRADAS	ACCIÓN QUE REALIZA
I 0.0	Ventana 1
I 0.1	Ventana 2
I 0.2	Puerta Principal
I 0.3	Puerta Pasillo
I 0.4	Activar Alarma
I 0.5	Desactivar Alarma por DTMF
I 0.6	Activar Focos Exteriores
I 1.0	Reset Botones 1 y 2
I 1.1	Boton 1 (Desactivar Alarma)
I 1.2	Boton 2 (Desactivar Alarma)

Tabla 3.3: Entradas del PLC.

SALIDAS	ACCIÓN QUE REALIZA
O 0.0	Luz de aviso y Buzzer
O 0.1	Foco Cochera
O 0.2	Foco Patio
O 0.3	Foco Pasillo
O 0.4	Teléfono Celular

Tabla 3.4: Salidas del PLC.

3.5. Diagrama de bloques de la alarma controlada por el PLC

En la figura 3.3 se muestra un diagrama de bloques que explica el funcionamiento de la alarma controlada por el PLC.

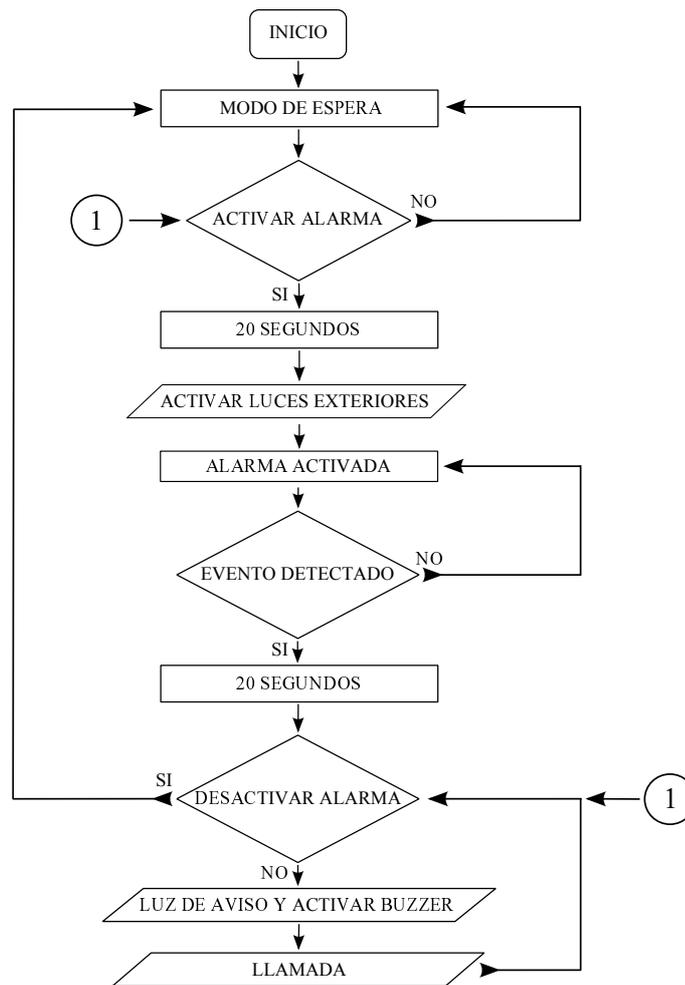


Figura 3.3: Diagrama de bloques de la alarma controlada por el PLC.

3.6. Circuito DTMF (Tonos duales de multifrecuencia)

El circuito DTMF consiste en ejecutar una tarea a distancia a través de la línea telefónica, en este caso controlaremos el PLC. El circuito básicamente se divide en 3 partes: un decodificador DTMF, un PIC y un circuito integrado de transistores Darlington como la parte de potencia para controlar la carga. Este circuito se conecta a un teléfono celular del cual se obtienen las frecuencias de control para el PLC.

3.7. Decodificación DTMF

El método de señalización DTMF utiliza 16 combinaciones distintas de frecuencias de audio, todas comprendidas dentro de la llamada banda de voz (300 Hz a 3 KHz). Cada combinación consta de dos señales senoidales: una de un grupo bajo de frecuencias (697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz) y otra de un grupo alto (1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz). Al pulsar la tecla "8" por ejemplo, se envían simultáneamente a través de la línea telefónica un tono bajo de 852 Hz y un tono alto de 1336 Hz. Como se muestra en la figura 3.4. La señalización DTMF tiene varias ventajas, entre ellas, una mayor rapidez de marcado y la posibilidad de enviar señales de control a través de la línea telefónica. La marcación de tonos se distingue fácilmente por los sonidos característicos que genera al digitar cada entrada.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	ABC 2	DEF 3
770 Hz	GHI 4	JKL 5	MNO 6
852 Hz	PQRS 7	TUV 8	WXYZ 9
941 Hz	* *	+ 0	# #

Figura 3.4: Diagrama de distribución de frecuencias para DTMF.

3.8. Circuito Integrado CM8870PI

La primera parte de circuito consta de un decodificador DTMF-CM8870PI, el cual recibe los tonos DTMF de la línea telefónica y lo convierte en código binario a través de las salidas Q1 a Q4. Además, cuenta con un pin StD (*Delayed Steering output*) que genera un pulso positivo cada vez que recibe un tono válido.

Algunas de sus características son:

- 5 Volts de alimentación.
- Bajo consumo de potencia.
- Recepción de todos los tonos DTMF.

En la Tabla 3.5 se muestra los tonos con su respectivo código binario.

F Low	F High	KEY	TOW	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1209	0	H	1	0	1	0
941	1336	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0

Tabla 3.5: Tabla de códigos binarios.

De esta manera obtenemos los códigos para enviarlos al PIC, el cual tendrá la programación para identificar que tarea se va a ejecutar.

Por ejemplo, al presionar la tecla "8" en el teléfono, se genera el código binario 1000. También generando un pulso positivo en StD debido a un tono válido. Como se observa en la figura 3.5.

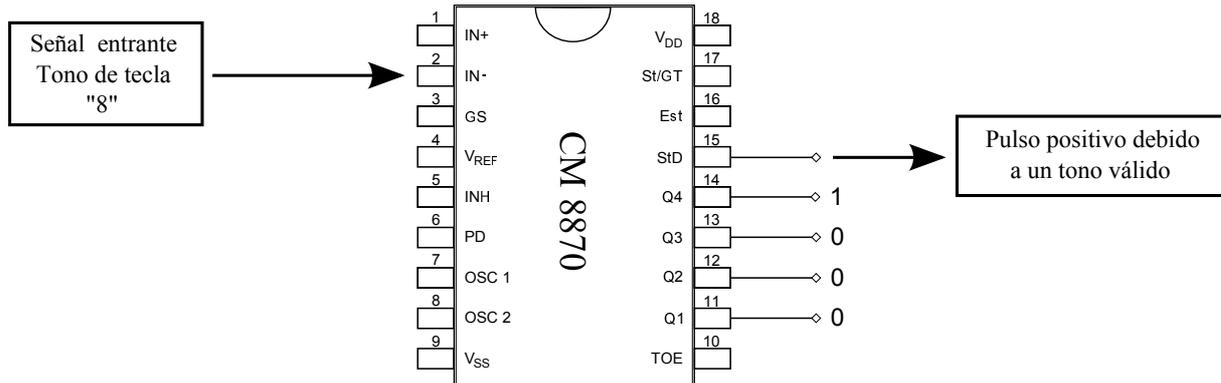


Figura 3.5: Circuito Integrado CM8870.

3.9. Programa del PIC 16F84A

Cuando el PIC16F84 detecta que se recibió una señal de timbre válida proveniente del decodificador DTMF, inicia el programa y el tiempo durante el cual permanece activado el circuito que simula que el teléfono ha sido descolgado. Este tiempo es empleado por el usuario que ha hecho la llamada para enviar los tonos DTMF que harán que la carga sea activada o desactivada por medio de los transistores Darlington.

Al contar con un microcontrolador en el circuito, las posibilidades de control son muy grandes, por ejemplo, se puede tener una clave de acceso para que sea admitida una orden de encender o apagar la carga. Debido a que el PIC 16F84A tiene 13 pines divididos en dos puertos, el puerto A cuenta con 5 pines, los cuales se usarán como entradas conectadas al CM8870PI y el puerto B con 8 pines, las cuales se usarán como salidas conectadas al UNL2803A.

El programa requiere un orden para activar o desactivar la carga. Este orden está definido en los comandos que se muestran en la tabla 3.6.

Comando	Acción que realiza
* 1 1 # a * 1 8 #	Activa la carga correspondiente (Del 1 al 8)
* 0 1 # a * 0 8 #	Desactiva la carga correspondiente (Del 1 al 8)
* 1 0 #	Activa todas las cargas al mismo tiempo
* 0 0 #	Desactiva todas las cargas al mismo tiempo

Tabla 3.6: Tabla de comandos del programa.

3.10. Circuito integrado de transistores Darlington UNL2803A

Para completar el circuito DTMF, tenemos el UNL2803A el cual está formado por 8 transistores NPN Darlington. Como se muestra en la figura 3.6, con el cual podemos encender un LED o en este caso activar un relevador.

Las salidas del UNL2803A son a colector abierto y se dispone de un diodo para evitar las corrientes inversas, el circuito integrado está especialmente diseñado para ser compatible con puertas lógicas CMOS, TTL, etc.

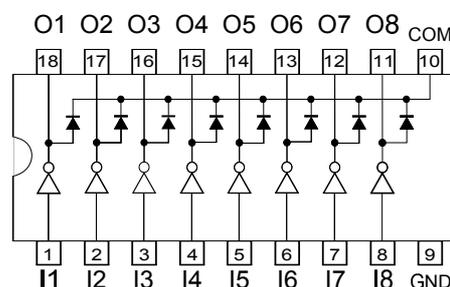


Figura 3.6: Circuito Integrado UNL2803A.

Este circuito funciona como interface, para acondicionar pulsos o señales digitales de baja intensidad. En pocas palabras, toma la señal eléctrica generada por los elementos digitales, en este caso el PIC 16F84A y aumenta su tensión y corriente por medio de transistores de potencia. Los diodos sirven como amortiguadores para reducir las variaciones de pulso. Como se observa en la figura 3.7.

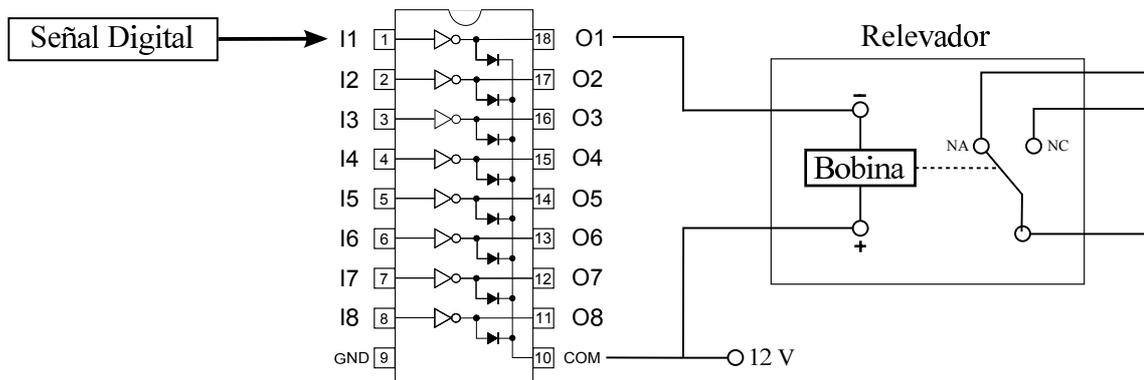


Figura 3.7: Conexión del UNL2803A con un relevador.

3.11. Diagrama de bloques del circuito DTMF

Para completar este circuito, se conecta un teléfono celular (Salida de Audio) a la entrada del decodificador DTMF. Al establecer una llamada podremos introducir los comandos. De esta manera obtenemos el control a distancia para controlar el PLC.

En la figura 3.8 se muestra el diagrama de bloques que explica el funcionamiento del circuito DTMF.

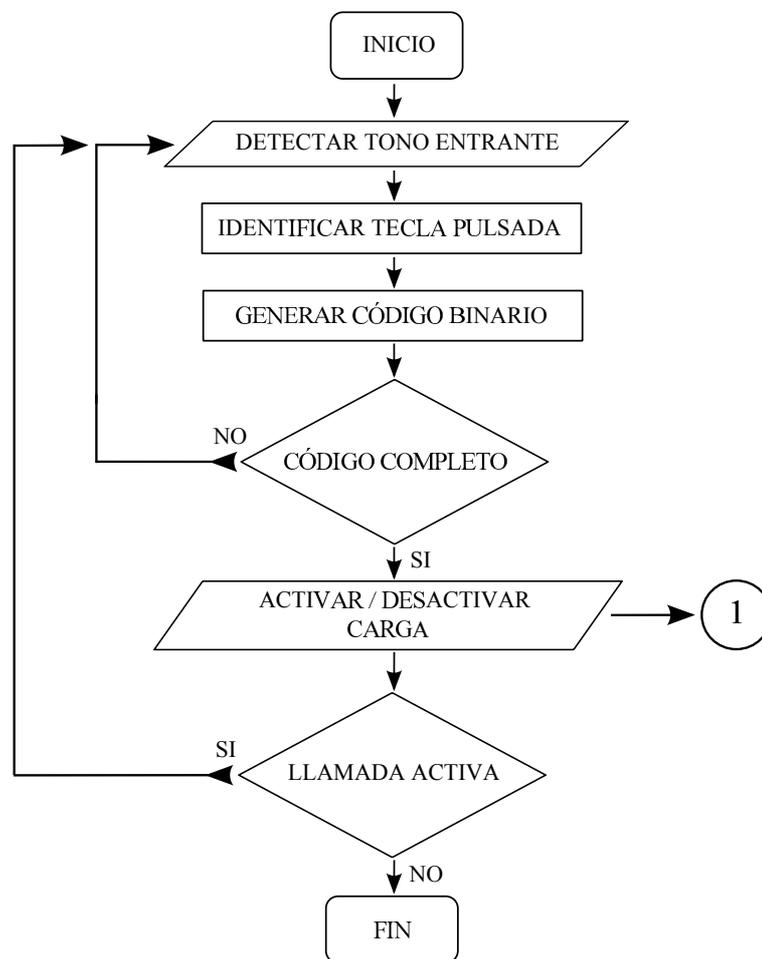


Figura 3.8: Diagrama de bloques del circuito DTMF.

Capítulo 4

Resultados Obtenidos

4.1. Introducción

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas del sistema de alarma y el control a distancia para comprobar el funcionamiento y presentar los resultados obtenidos.

4.1.1. Descripción de pruebas

La primera prueba consiste en comprobar la ejecución correcta del sistema de alarma controlado por el PLC, utilizando una maqueta de la casa.

La segunda prueba consiste en comprobar la respuesta del control a distancia con el circuito DTMF.

4.2. Pruebas del sistema de alarma controlado por el PLC

Debido a que el programa de la alarma controlado por PLC se divide en 7 subprogramas. Como se observa en la figura 4.1, se hicieron varias pruebas en la maqueta para verificar la ejecución correcta del programa.

4.2.1. Subprograma activar y desactivar la alarma

Este subprograma es la base de todos los demás, al activar la alarma se da inicio a los otros subprogramas y de la misma manera, al desactivar la alarma finalizan los demás subprogramas. El proceso de activación tiene un retardo de 20 segundos, tiempo en el cual se puede salir de la casa.

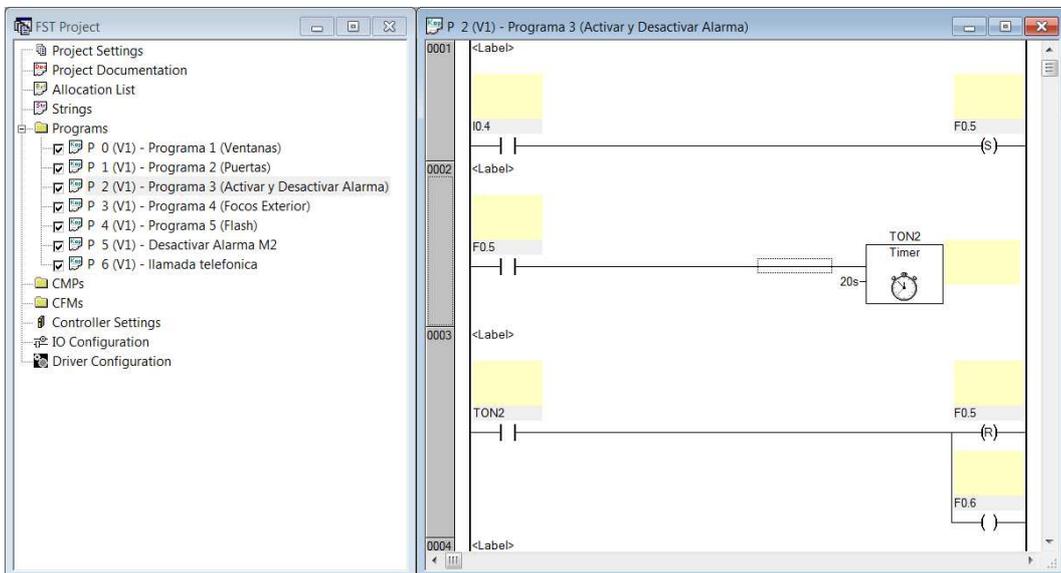


Figura 4.1: Subprograma activar y desactivar la alarma.

4.2.2. Subprograma desactivar alarma por contraseña

En esta prueba se activó la alarma varias veces y se desactivó utilizando 2 botones conectados al PLC. En la figura 4.2 se muestra el subprograma desactivar alarma por contraseña.

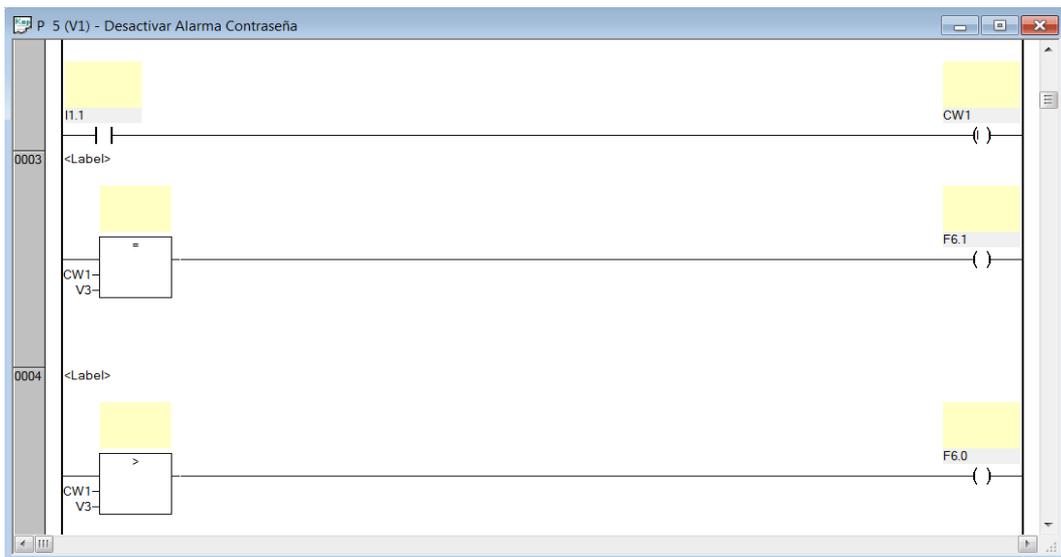


Figura 4.2: Subprograma desactivar alarma por contraseña.

Al término de esta prueba, solamente se desactivó la alarma con la combinación correcta y se pudo resetear los contadores en caso de introducir mal la contraseña.

4.2.3. Subprograma de puertas

La maqueta cuenta con dos puertas solamente, la puerta principal y la del pasillo. Para la prueba se colocaron dos interruptores para simular si la puerta está abierta o cerrada. Si la alarma está activada y la puerta del pasillo es abierta, en este caso el interruptor es presionado, se activará la luz de aviso, el buzzer y realizará la llamada telefónica inmediatamente. En el caso de la puerta principal, se tendrán 20 segundos para desactivar la alarma antes de realizar los avisos. En la figura 4.3 se muestra el subprograma puertas y en la figura 4.4 se observa el interruptor simulando la puerta.



Figura 4.3: Subprograma de puertas.



Figura 4.4: Interruptor de la puerta principal.

4.2.4. Subprograma de ventanas

La maqueta cuenta con cinco ventanas, en esta prueba solamente se habilitaron dos ventanas, ya que el proceso es el mismo en todas las ventanas de la casa. Se utilizaron cables para simular las ventanas, que al momento de romperlos, accionaron la alarma. En la figura 4.5 se muestra el subprograma ventanas y en la figura 4.6 se observa el cable simulando la ventana.

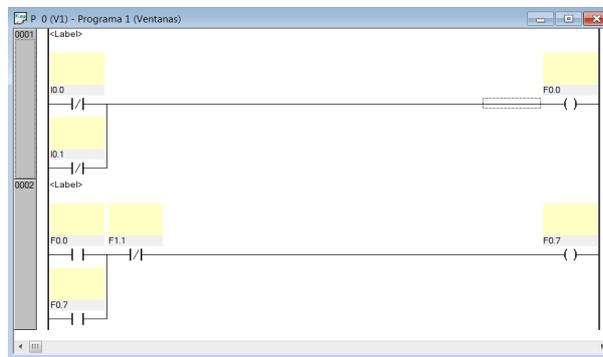


Figura 4.5: Subprograma de ventanas.



Figura 4.6: Ventana frontal de la maqueta.

4.2.5. Subprograma de focos exteriores

En esta prueba se busca representar el ciclo de luces exteriores de la casa, los cuales normalmente encenderían de noche. Al ejecutar el programa se utilizó un intervalo de tiempo menor al intervalo de tiempo real de 24 horas. En la figura 4.7 se muestra el subprograma de focos exteriores.

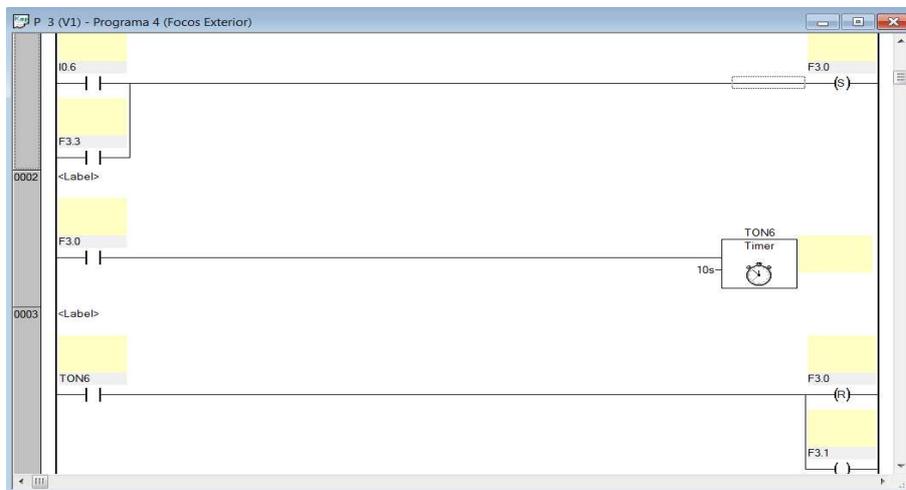


Figura 4.7: Subprograma de focos exteriores.

4.2.6. Subprograma de llamada telefónica

En esta prueba activamos varias veces la alarma para poder dar inicio a este subprograma y verificar si realizaba la llamada telefónica de aviso. La conexión del PLC al teléfono celular consta de dos cables conectados del relevador del PLC a la tecla de Llamar del teléfono celular.

Al concluir estas pruebas se puede verificar que los subprogramas se acoplan de manera adecuada y el programa controlado por el PLC funciona de manera correcta.

4.3. Prueba de control a distancia del circuito DTMF

Para verificar que el circuito DTMF funciona de manera adecuada, se realizaron varias pruebas. La primera generando tonos DTMF de una aplicación directamente del celular conectado al circuito. Como se muestra en la figura 4.8. Para la segunda prueba se utilizó el teclado normal del teléfono celular. Como se muestra en la figura 4.9. Finalmente se realizó una llamada de un teléfono de casa. Como se observa en la figura 4.10. En los tres casos se realizaron las pruebas de los códigos del programa del microcontrolador PIC para activar y desactivar la alarma, ejecutándolos sin ningún problema.



Figura 4.8: Primera prueba utilizando una aplicación que genera tonos DTMF.



Figura 4.9: Segunda prueba utilizando el teclado normal del teléfono celular.

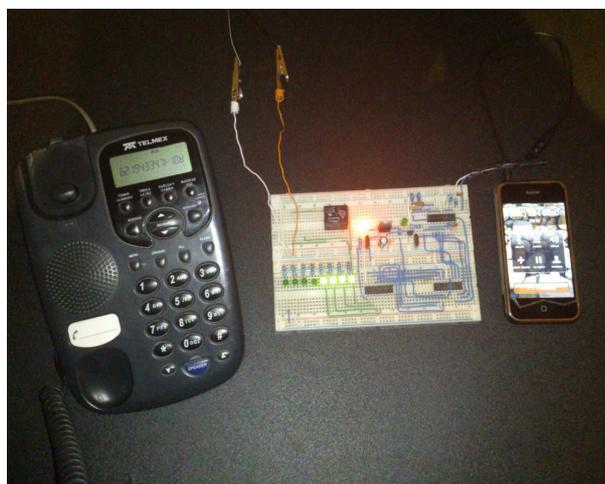


Figura 4.10: Tercera prueba utilizando un teléfono de casa.

Capítulo 5

Conclusiones

Al término de las pruebas realizadas podemos concluir que el sistema de domótica funciona en tiempo real y de manera adecuada.

Al utilizar teléfonos celulares se puede controlar este sistema desde cualquier parte donde se tenga señal, dependiendo solamente de la red de la operadora con la cual se trabaje.

El celular con el cual se trabajó, se puede configurar de tal manera que solamente pueda recibir llamadas de un solo número telefónico, haciendo al sistema más seguro.

El circuito DTMF funciona con cualquier teléfono, ya sea un celular o un teléfono fijo conectado directamente al circuito o por medio de una llamada telefónica.

La implementación de este sistema con controladores lógicos programables (PLC) puede ser poco factible, debido al costo tan alto de estos dispositivos. Sin embargo resulta más favorable al momento de agregar o modificar tareas o simplemente corregir problemas en la programación.

La utilización de microcontroladores PIC es muy favorable, ya que además de tener un bajo costo y consumir muy poca energía, se puede verificar la programación del PIC antes de integrarlo al circuito, utilizando programas de computadora para simularlo.

El funcionamiento de este sistema depende de la corriente eléctrica de la casa, que al momento de algún corte, el sistema dejaría de funcionar. Este problema se puede corregir con baterías de respaldo.

Índice de figuras

2.1. Estructura de un PLC [6]	10
2.2. Ciclo del PLC. [6]	12
2.3. PLC Marca Festo FC34	14
2.4. Arquitectura Von Neumann de microprocesador.	17
2.5. Arquitectura Harvard.	17
2.6. PIC 16F84A [11]	19
3.1. Esquema del sistema de Domótica.	21
3.2. Plano de la casa.	23
3.3. Diagrama de bloques de la alarma controlada por el PLC.	25
3.4. Diagrama de distribución de frecuencias para DTMF.	26
3.5. Circuito Integrado CM8870.	28
3.6. Circuito Integrado UNL2803A.	29
3.7. Conexión del UNL2803A con un relevador.	30
3.8. Diagrama de bloques del circuito DTMF.	31
4.1. Subprograma activar y desactivar la alarma.	34
4.2. Subprograma desactivar alarma por contraseña.	35
4.3. Subprograma de puertas.	36
4.4. Interruptor de la puerta principal.	36
4.5. Subprograma de ventanas.	37
4.6. Ventana frontal de la maqueta.	37
4.7. Subprograma de focos exteriores.	38
4.8. Primera prueba utilizando una aplicación que genera tonos DTMF.	39
4.9. Segunda prueba utilizando el teclado normal del teléfono celular.	40
4.10. Tercera prueba utilizando un teléfono de casa.	40

Índice de cuadros

3.1. Ubicación de sensores y focos exteriores.	23
3.2. Conexión del PLC.	24
3.3. Entradas del PLC.	24
3.4. Salidas del PLC.	24
3.5. Tabla de códigos binarios.	27
3.6. Tabla de comandos del programa.	29

Bibliografía

- [1] Wikia, “Qué es la domótica?” http://domotica.wikia.com/wiki/C2BFQuC3A9_es_la_domC3B3tica3F.
- [2] SLtecnologia, “Domótica.” <http://sltecnologia.wikispaces.com/Domotica>, 2012.
- [3] Domoactualidad, “Domótica.” <http://domoactualidad.blogspot.mx/p/caracteristicas-de-la-domotica.html>, 2011.
- [4] efn, “Controlador lógico programable.” http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP20920Pco.pdf.
- [5] N. Molinari, *Controladores Lógicos Programables - PLC*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2004.
- [6] “Características de un controlador lógico programable.” <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>.
- [7] C. A. Reyes, *Microcontroladores PIC programación en BASIC*. Rispergraf, tercera ed., 2008.
- [8] pjmicrocontroladores in Documentación, “Qué es un microcontrolador?” <http://pjmicrocontroladores.wordpress.com/2006/11/06/C2BFque-es-un-microcontrolador/>, 2006.
- [9] Microchip Technology Inc., “Pic16f84a data sheet, 18-pin enhanced flash/ee-prom 8-bit microcontroller.” <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/35007b.pdf>, 2001.
- [10] D. Ibrahim, *PIC BASIC Projects*. Newnes, tercera ed., 2006.
- [11] L. L. Enrique Palacios, Fernando Dominguez, *Microcontrolador PIC 16F84*. Alfaomega, primera ed., 2004.