



# **UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

**División de Ciencias e Ingeniería**

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA POR VÍA TELEFÓNICA CON MICROCONTROLADOR**

**Trabajo de Tesis  
para obtener el grado de**

**Ingeniero en Redes**

**PRESENTA**

**Martín Rogelio Calderón Ruiz**

**Director de Tesis**

**Dr. Freddy Ignacio Chan Puc**

**Asesores**

**Dr. Jaime Silverio Ortegón Aguilar**

**Dr. Jorge Ovidio Aguilar Aguilar**

**Chetumal, Quintana Roo, México, Noviembre de 2010.**



# UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

---

## División de Ciencias e Ingeniería

Tesis elaborada bajo supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

### INGENIERO EN REDES

Comité de Trabajo de Tesis

**Director:**

---

**Dr. Freddy Ignacio Chan Puc**

**Asesor:**

---

**Dr. Jaime Silverio Ortegón Aguilar**

**Asesor:**

---

**Dr. Jorge Ovidio Aguilar Aguilar**

Chetumal, Quintana Roo, México, Noviembre de 2010.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi director de tesis Dr. Freddy Ignacio Chan Puc por todo el apoyo brindado, así como la paciencia que me tuvo y la buena orientación que siempre me dió a lo largo de todo el trabajo de tesis.

A mis asesores, Dr. Jaime Silverio Ortegón Aguilar y el Dr. Jorge Ovidio Aguilar Aguilar, gracias por su interés, dedicación y esfuerzo que han dado en este proyecto y por todos los sabios consejos que hicieron posible terminar este trabajo de tesis de la mejor forma posible.

Gracias a la División de Ciencias e Ingenierías por haber otorgado a este trabajo un financiamiento en la Convocatoria 2010 "Apoyo a la titulación", así como el apoyo otorgado para la impresión y empastado de los documentos. Sin olvidar todo el buen trato y disposición que he recibido de cada uno de los que integran la división.

Gracias a todos los profesores que conforman la carrera de Ingeniería en Redes, de todos he aprendido cosas muy valiosas y cada uno ha dejado en mí su granito de arena.

Agradezco a Kenia Nuñez Gualberto, que ha estado a mi lado en cada paso que he dado en este proyecto, muchas gracias por su apoyo, inspiración, comprensión y amor que me ha brindado en todo momento.

A mis padres, que incondicionalmente me han dado todo el apoyo y amor que he necesitado a lo largo de toda la carrera, que me han enseñado a valorar lo que realmente importa en la vida, y que siempre están ahí para ayudarme en cualquier problema o situación difícil que yo tenga. Muchas gracias.

Finalmente agradezco a Dios, en el cual se encuentra toda la sabiduría y que sin el nada de esto hubiera sido posible.

## **Dedicatoria**

Este proyecto de tesis se lo dedico a mis padres, siempre me han apoyado desde niño para que alcance mis objetivos y metas, me han enseñado con su ejemplo, dedicación y cariño; gracias por llevarme por el buen camino, por eso y mucho más les dedico este proyecto que con mucho esfuerzo he logrado terminar y es la culminación de mi carrera de ingeniería.

## GLOSARIO DE SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

**A:** Amperio o ampere, unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica

**A/D:** Analógico-digital.

**D/A:** Digital-analógico.

**DTMF:** Dual-Tone Multi-Frequency o también llamado sistema multifrecuencial.

**EEPROM:** Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory.

**PIC:** Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).

**Hz:** Hertz.

**k:** kilo que representa la cantidad de 1000.

**LED:** Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz)

**V:** voltios, unidad de medida de la diferencia de potencial.

**VCC:** Fuente de voltaje positivo en corriente directa.

**W:** Watt, unidad de medida de potencia.

**$\Omega$ :** Ohmio es la unidad de resistencia eléctrica.

**$\mu$ :** Indica un factor de  $10^{-6}$ .

## **RESUMEN**

En este proyecto se realiza un sistema de alarma que funciona a través de la línea telefónica utilizando un microcontrolador. La alarma utiliza un sensor infrarrojo que se utiliza para detectar si se abre la puerta de la casa, al detectar la puerta abierta se realiza una llamada telefónica a un celular o teléfono fijo. Para ello la alarma debe estar conectada a la línea telefónica con un conector RJ-11. Para activar o desactivar la alarma se implementó un sistema emisor y receptor, el receptor infrarrojo se encuentra ubicado junto a la alarma, para el emisor infrarrojo se diseñó un circuito aparte que funciona como un control remoto. El microcontrolador se programó en PICBASIC, un lenguaje de programación para microcontroladores PIC. Se ha realizado una explicación detallada del diseño e implementación de la alarma en los capítulos de este documento.

# INTRODUCCIÓN

A nivel nacional existe mucha preocupación por la seguridad de las personas y bienes. Se puede destacar el robo a casa-habitación que actualmente en el estado de Quintana Roo es un problema cotidiano, especialmente en las ciudades de Cancún y Chetumal. La seguridad es un tema de suma importancia, del que se habla a diario en este tiempo; cada día la sociedad busca diferentes maneras de encontrar seguridad, ya sea de seguridad personal o de asegurar las pertenencias individuales que se han logrado a lo largo del tiempo.

El robo a casa-habitación es un problema en el cual la tecnología ha tratado de implementar diferentes sistemas de protección de los bienes materiales. Uno de estos sistemas es la instalación de alarmas, las cuales han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Existen muchos tipos de alarmas, pero todas tienen un fin común, notificar a alguien acerca de un evento dado, en este caso puede ser cuando alguien abre la puerta de la casa cuando se está ausente. Las alarmas son una buena solución y brindan seguridad, pero hay un problema, la mayoría de las personas no cuentan con el presupuesto para pagar un sistema completo de alarmas y así proteger su casa, ya que para tener un sistema de alarma es necesario pagar mensualmente una cuota o el costo de instalación inicial demasiado caro.

Sin embargo, la tecnología avanza y poco a poco se encuentran diferentes alarmas que tienen costos más accesibles. Una tecnología que viene en crecimiento es la de sistemas basados en microcontrolador. Los microcontroladores vienen a dar diversidad a las soluciones electrónicas y se pueden utilizar en distintas áreas, por ejemplo, las alarmas basadas en microcontrolador pueden reducir sus costos y generar una amplia gama de aplicación.

Analizando la problemática de contar con sistemas de alarmas confiables y a un precio accesible, se ha decidido desarrollar un sistema de alarma implementando la tecnología de microcontrolador, con modo de operación por la vía telefónica. El sistema de alarma ante un evento dado será capaz de realizar una llamada telefónica a un número fijo o incluso a un celular. Esperando con esto, sea de beneficio para la sociedad y que brinde mayor seguridad durante la ausencia del propietario.

Se planteó la hipótesis de que es posible desarrollar una solución de bajo costo que resuelva el problema de seguridad en casa habitación empleando tecnologías emergentes, en este caso el microcontrolador. El objetivo general fue el de diseñar un sistema de alarma que notifique a través de la red de telefonía, implementado con microcontroladores.

Durante el proyecto desarrollado se tuvo que pasar por diferentes fases, que están representadas en los capítulos de este documento. En el capítulo de diseño y construcción de los circuitos de la alarma, se explica la parte de la conexión a la línea telefónica y la transmisión de DTMF, la forma de adaptar el sensor a la alarma y la parte de recepción y transmisión infrarroja para encender y apagar la alarma.

En el capítulo de la programación del PIC se analiza el funcionamiento lógico del microcontrolador, representado en diagramas de flujo que después se convierten en el código de programación. En el capítulo de pruebas y resultados se explica el proceso de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos se ilustran mediante diferentes imágenes. Los resultados fueron satisfactorios ya que es posible realizar la llamada telefónica, así como la activación y desactivación de la alarma mediante infrarrojo.

Este es el contenido general del documento esperando que la información obtenida pueda ser utilizada para futuros proyectos o como información de referencia.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tecnología aplicada a la seguridad .....	1
1.2 Sistemas de seguridad.....	3
1.3 Telefonía.....	3
1.3.1 Partes del Teléfono.....	4
1.3.2 Señales Telefónicas .....	5
<b>2. CONCEPTOS BÁSICOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Microcontrolador.....	10
2.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador.....	10
2.3 Microcontroladores PIC.....	12
2.4 Microcontrolador PIC16F84.....	13
2.5 Programar el PIC.....	14
2.6 Sensores.....	14
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE LA ALARMA.....</b>	<b>17</b>
3.1 Circuito de conexión y desconexión de la línea telefónica con microcontrolador PIC.....	18
3.2 Diseño del circuito de sensado .....	20
3.3 Diseño del circuito de activación o desactivación de la alarma con receptor infrarrojo.....	22
3.4 Diseño del circuito emisor infrarrojo a 40 KHz .....	23
<b>4. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL PIC.....</b>	<b>29</b>
4.1 Diseño del diagrama de flujo principal .....	29
4.2 Subrutina “Apagado” .....	32
4.3 Subrutina “Encendido” .....	33
4.4 Subrutina “Sensado” .....	34
4.5 Programación del PIC con PICBASIC .....	35
<b>5. PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
5.1 Pruebas de funcionamiento de la alarma con el transmisor infrarrojo.....	36
5.2 pruebas del funcionamiento del sensado y transmisión de la señal DTMF.....	42
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Señal de colgado .....	6
Figura 1.2 Señal de descolgado .....	6
Figura 1.3 Señal de invitación de tono .....	7
Figura 1.4 Señal de tono de llamar .....	7
Figura 1.5 Señal de ocupado .....	8
Figura 1.6 Señal de discado .....	9
Figura 2.1 Microprocesador como sistema abierto .....	11
Figura 2.2 Microcontrolador como sistema cerrado.....	11
Figura 2.3 Arquitectura del microcontrolador .....	12
Figura 2.4 Diferentes gamas de microcontroladores .....	13
Figura 2.5 Descripción de los pines del microcontrolador .....	14
Figura 3.1 Circuito de descolgado y conexión a la línea.....	18
Figura 3.2 Esquema del relevador .....	19
Figura 3.3 Conexión a la línea telefónica y envío de DTMF.....	20
Figura 3.4 Sensor de presencia utilizado .....	21
Figura 3.5 Conexión del sensor al microcontrolador .....	21
Figura 3.6 Diagrama completo y conexión del receptor infrarrojo.....	22
Figura 3.7 Receptor Infrarrojo TSOP-1240 .....	23
Figura 3.8 Diagrama del temporizador 555.....	24
Figura 3.9 Esquema de conexión del temporizador .....	25
Figura 3.10 Multivibrador astable al 50%.....	26
Figura 3.11 Diagrama del circuito temporizador a 40KHz.....	27
Figura 3.12 Diagrama del temporizador con push button .....	28
Figura 4.1 Diagrama de flujo principal.....	31
Figura 4.2 Diagrama de subrutina "Apagado" .....	32
Figura 4.3 Diagrama de subrutina "Encendido" .....	33
Figura 4.4 Diagrama de subrutina "Sensado" .....	34
Figura 5.1 Diseño físico de la alarma completa.....	37
Figura 5.2 Circuito transmisor infrarrojo.....	37
Figura 5.3 Circuito transmisor infrarrojo encendido .....	38
Figura 5.4 Osciloscopio utilizado para documentar las señales.....	38
Figura 5.5 Frecuencia y voltaje de la señal emitida por el transmisor .....	39
Figura 5.6 Conexión del osciloscopio para medir la frecuencia .....	39
Figura 5.8 Prueba de encendido de la alarma.....	40
Figura 5.7 Frecuencia obtenida directamente del temporizador .....	40
Figura 5.9 Alarma encendida.....	41
Figura 5.10 Prueba de apagado.....	41
Figura 5.11 Prueba del sensor .....	42
Figura 5.12 Frecuencia DTMF enviada .....	43
Figura 5.13 Frecuencia DTMF con mayor detalle.....	44
Figura 5.14 Frecuencia DTMF obtenida directamente a la salida del PIC.....	45
Figura 5.15 Frecuencia obtenida directo del PIC con detalle .....	45
Figura 5.16 Alarma conectada con cable telefónico .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Reconocimiento de las diferentes misiones de un sistema de seguridad .....	2
Tabla 1.2 Frecuencias DTMF con sus dígitos correspondientes .....	5

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se dará un marco teórico previo al proyecto en general. El objetivo de este marco teórico es brindar un conocimiento elemental para poder comprender mejor algunos temas que se abordarán a lo largo del documento.<sup>1</sup>

### 1.1 Tecnología aplicada a la seguridad

La seguridad es una de las áreas más importantes de la domótica e inmótica<sup>2</sup>, ya que de ella depende la integridad física de las personas y del inmueble. Su principal objetivo es la protección frente a los distintos agentes y/o factores que ponen en peligro la seguridad. Normalmente consiste en una serie de sensores que actúan sobre unas señales acústicas, luminosas o un modem para enviar una señal de alarma a distancia. También puede actuar sobre las electroválvulas para permitir el paso de agua si hay incendio, cerrar el tanque de gas, apertura de puertas, corte de aire acondicionado, etc. Existen muchos sistemas propietarios<sup>3</sup> y una abundante legislación al respecto. Los objetivos más importantes son:

- Detectar situaciones de peligro o riesgo,
- Avisar mediante sistemas sonoros o vía módem,
- Realizar actuaciones orientadas a las personas y a las instalaciones.

Por tanto se pueden resumir las tareas de un sistema de seguridad como se muestra en la tabla 1.1

---

<sup>1</sup> Este capítulo fue realizado con base en [1] y [2]

<sup>2</sup> Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda. Inmótica es el mejoramiento de la calidad de vida.

<sup>3</sup> Se refiere a un sistema que pertenece a determinada empresa.

Tabla 1.1 Reconocimiento de las diferentes misiones de un sistema de seguridad

Misiones de un sistema de seguridad	
Prevención	Se deben determinar potenciales fuentes de peligro.
Reconocimiento	Consiste en validar la señal autentificando su procedencia. Se suelen utilizar sistemas redundantes que protegen de falsas alarmas.
Reacción ante alarmas	Pueden ser de dos tipos: i) manual, donde el sistema envía una señal de alarma remota o telefónica a policía, hospital, etc. y las personas toman decisiones; ii) automática en donde el sistema actúa cortando la electricidad, cortando el gas, abriendo puertas o cualquier otra acción de seguridad.

De los elementos básicos que componen los sistemas de seguridad cabe citar los siguientes:

- **Elementos sensores:** Son componentes que detectan cambios físicos y químicos y envían la señal de aviso a la central de alarmas. Se colocan en las distintas áreas a controlar.
- **Sistemas de control o gestión de las señales (central de alarma):** Procesa las señales de los sensores. Suelen estar compuesto de: fuente de alimentación, baterías, teclado, microprocesador y un marcador telefónico-módem. Suelen disponer de sistemas de conexión y desconexión codificadas o con cerraduras especiales, así como sistema anti sabotaje.
- **Elementos de aviso y/o señalización:** Se encarga de avisar de la alarma y también de disuadir. Se pueden clasificar en:
  - *Locales*, que a su vez pueden ser acústicos (sistemas interiores, sirenas exteriores, campanas, zumbadores, timbres, altavoces, circuitos emisores de mensajes por síntesis de voz) u ópticos (pilotos, bombillas, luces de destellos);

- *A distancia*, Vía teléfono, vía radio, ultrasonidos;
- *Especiales*, Como cámaras de circuito cerrado, cámaras fotográficas.
- **Elementos de actuación:** Se encargan de realizar acciones para proteger a las personas o al edificio como: cerrar válvulas del gas, cortar la energía, cortar el paso del agua, cortar el paso del aire acondicionado, activar el circuito contra-incendios, abrir puertas y ventanas, entre otras acciones.

## 1.2 Sistemas de seguridad

Se pueden enlistar los siguientes:

- **Sistemas de alarmas técnicas:** se activan cuando se produce una variación de un parámetro físico o químico en el medio, por ejemplo un cambio de temperatura. Sirven para detectar incendios, inundaciones, escapes de gas, etc. Cada sensor se asocia con un actuador que pueda suavizar el efecto de la alarma. Se dispone de salidas acústicas, luminosas y telefónicas para avisar al usuario de la existencia de la alarma;
- **Sistema antirrobo:** Se encarga de impedir la entrada de personas ajenas al edificio o vivienda y de disuadirlas en sus intentos. Utilizan detectores de presencia, sensores de rotura de cristales, entre otros sensores. Y simuladores de presencia que encienden luces y abren y cierran puertas;
- **Sistemas de control de acceso:** Permiten controlar el paso de personas mediante detectores de metales, barreras infrarrojas, etc. Incluso identifican a las personas que entran y salen mediante tarjetas magnéticas de identificación, llaves codificadas, teclado con clave de apertura, lector de huellas dactilares, pupilas, activación por voz, o cualquier otra señal biométrica. También se puede hacer una identificación manual mediante video portero con una pequeña cámara, un cable de vídeo y una pantalla.

## 1.3 Telefonía

Una de las áreas tecnológicas que ha experimentado mayor desarrollo y que más ha contribuido a cambiar la forma de vida del hombre moderno es la telefonía. El ser humano por ser eminentemente social siempre ha tenido la necesidad de comunicarse. Como resultado de esta realidad, se han suscitado muchos avances tecnológicos como la

escritura, el telégrafo, el teléfono, la radio, la televisión y más recientemente la informática, en la llamada era de la información, que los integra a todos.

### 1.3.1 Partes del Teléfono

El teléfono está constituido por varias partes básicas, entre las que se deben destacar:

- **Microteléfono**

Es la pieza que se desprende de la base, con la cual se habla y escucha. Incluye el micrófono (elemento transmisor) y el auricular (elemento receptor). Cuando el usuario levanta el microteléfono se inicia el proceso de comunicación entre dicho aparato y la central telefónica a la que está conectado éste. En ese momento, el gancho conmutador que tenía apagado el circuito eléctrico del teléfono por su peso, se levanta y la corriente eléctrica circula por dicho circuito; el aparato recibe de la central la señal que le indica al usuario que puede marcar el número del cliente con el que desea comunicarse. Luego el teléfono transmite a la central las señales definidas por los dígitos marcados por medio de la unidad de disco o teclado, según el tipo de aparato que se use.

- **Unidad de marcación**

- a- Antiguamente cuando el disco se hacía girar en un teléfono analógico, se realizaba la marcación. Al escuchar el tono que indica al usuario que puede marcar, éste gira el disco al dígito específico en cada caso hasta completar el número del teléfono al que desea llamar. Al ir en retroceso el disco interrumpe el circuito eléctrico ese número de veces, lo cual se interpreta en el conmutador de la central telefónica como el número telefónico con el que se debe enlazar el aparato del que proviene dicha señal.
- b- La marcación en un aparato de teclado (teléfono digital) se lleva a cabo por medio de la suma de frecuencias, según la tabla 1.2 que se muestra a continuación:

Tabla 1.2 Frecuencias DTMF (Dual-Tone Multi-Frecuency) con sus dígitos correspondientes

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Según la tabla anterior, por ejemplo, si el usuario marca el dígito “2”, la señal que procesará el equipo conmutador de la central será la suma de 1 336Hz (vertical) y 697Hz (horizontal); consecuentemente la señal será de 2 033Hz. Así ocurrirá en cada caso según el dígito marcado. La transmisión de un dígito en un teléfono analógico tarda 1,5 segundos, mientras que en un teléfono digital tarda tan solo 0,7s.

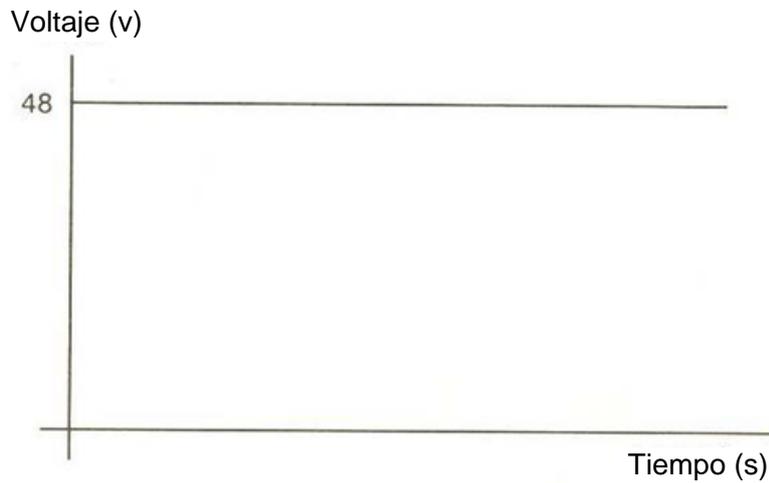
### 1.3.2 Señales Telefónicas

A continuación se listan las señales utilizadas en telefonía:

- 1.- Colgado,
- 2.- Descolgado,
- 3.- Tono de marcar,
- 4.- Tono de llamar,
- 5.- Contestado,
- 6.- Tono de ocupado,
- 7.- Discado,
- 8.- Repique,
- 9.- Voz.

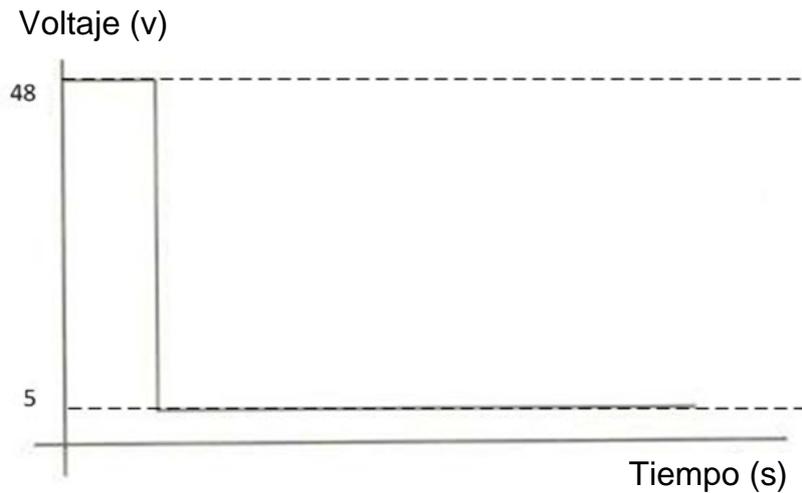
En lista anterior están las señales que debe manejar el equipo individual de cualquier sistema telefónico, pero los detalles de estos (voltajes, frecuencias, entre otros.), que se muestran a continuación, son los usados en la telefonía mexicana.

1) COLGADO. Esta es una señal de corriente directa de 48 voltios y permanece constante hasta que se descuelga el aparato telefónico individual. Ver figura 1.1



**Figura 1.1 Señal de colgado**

2) DESCOLGADO. Al descolgar, el voltaje de la línea cambia de 48 volts a 5 volts, debido a la incorporación del circuito telefónico a la línea de transmisión. Figura 1.2



**Figura 1.2 Señal de descolgado**

3) TONO DE INVITACION A MARCAR. Este tono se percibe casi instantáneamente después de hacer el DESCOLGADO. El voltaje de la línea asciende a un nivel de 7 volts, acompañado de un tono de 450 Hz sobre el mismo nivel, con una amplitud de 2 volts pico-pico. Figura 1.3

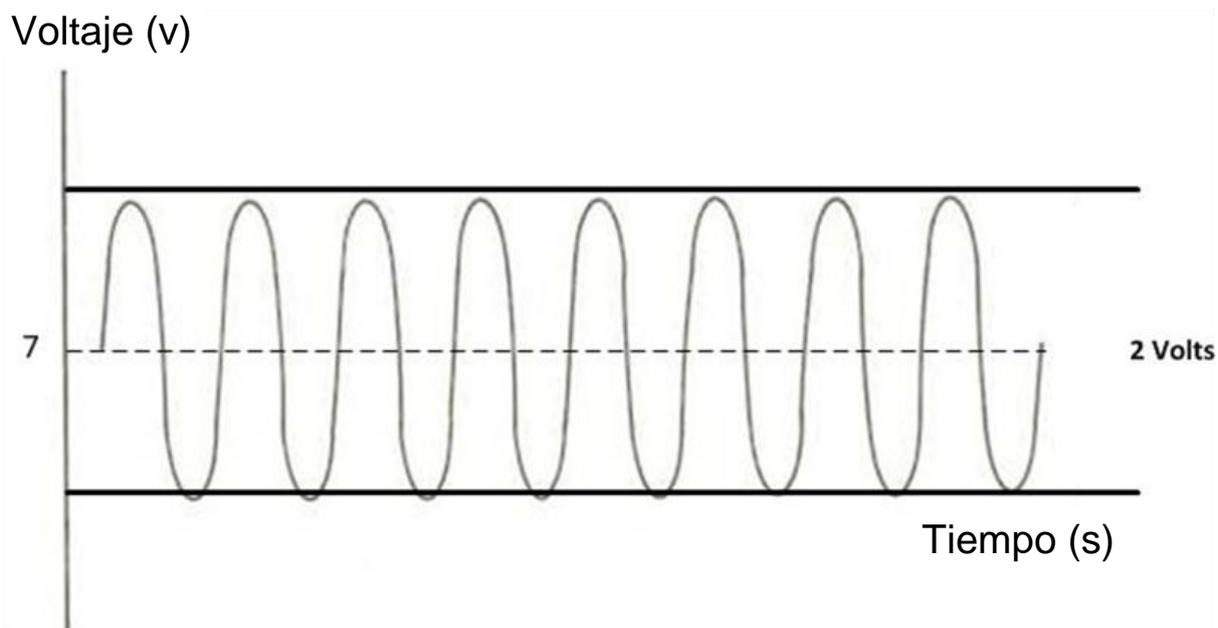


Figura 1.3 Señal de invitación de tono

4) TONO DE LLAMAR. Se escucha en caso de que el abonado al que se llama este desocupado; esta señal se presenta como en el caso anterior, solo que con intervalos mudos de 4 segundos por un segundo de tono. Figura 1.4

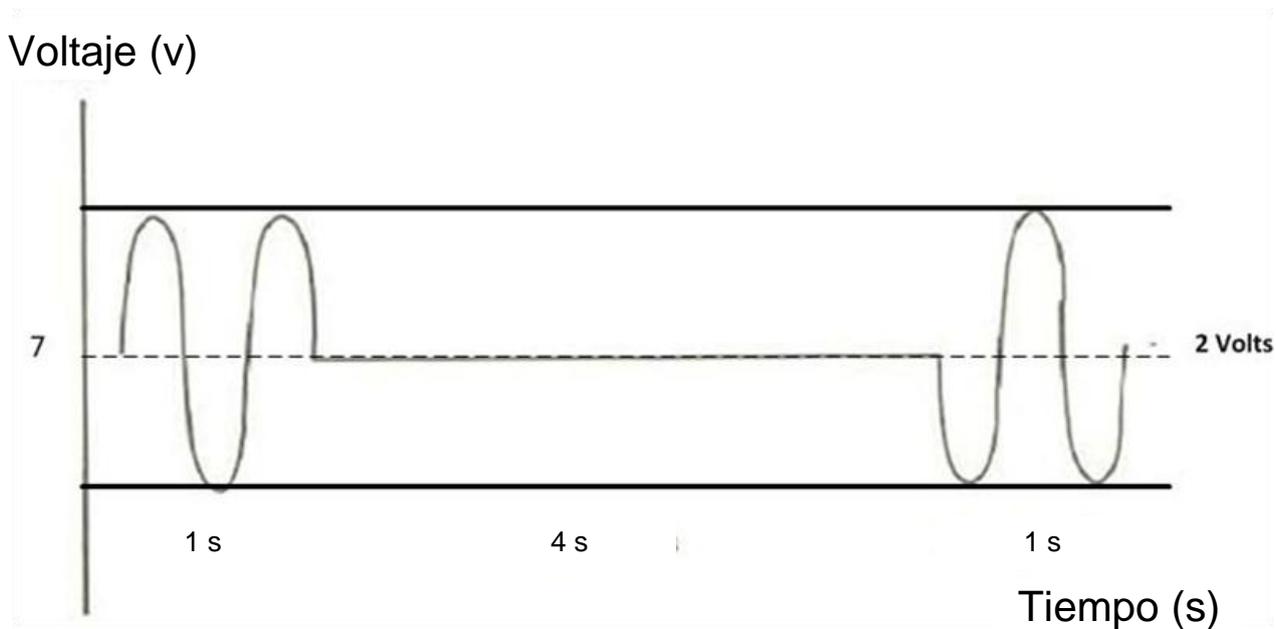


Figura 1.4 Señal de tono de llamar

5) **CONTESTADO**. Representa un descuelgue del abonado llamado. Cuando sucede la línea no presenta ningún cambio significativo en el nivel de voltaje; aunque las centrales y las casetas telefónicas manejan una inversión de voltaje.

6) **TONO DE OCUPADO**. Sucede en el caso de que la línea del abonado al que se llama esté ocupada, y la señal permanecerá así aunque el abonado desocupe la línea. Esta señal tiene las mismas características que la del **TONO DE LLAMAR**, solo que con los intervalos distintos (0.5 segundos de tono por 0.5 segundos de silencio) ver figura 1.5.

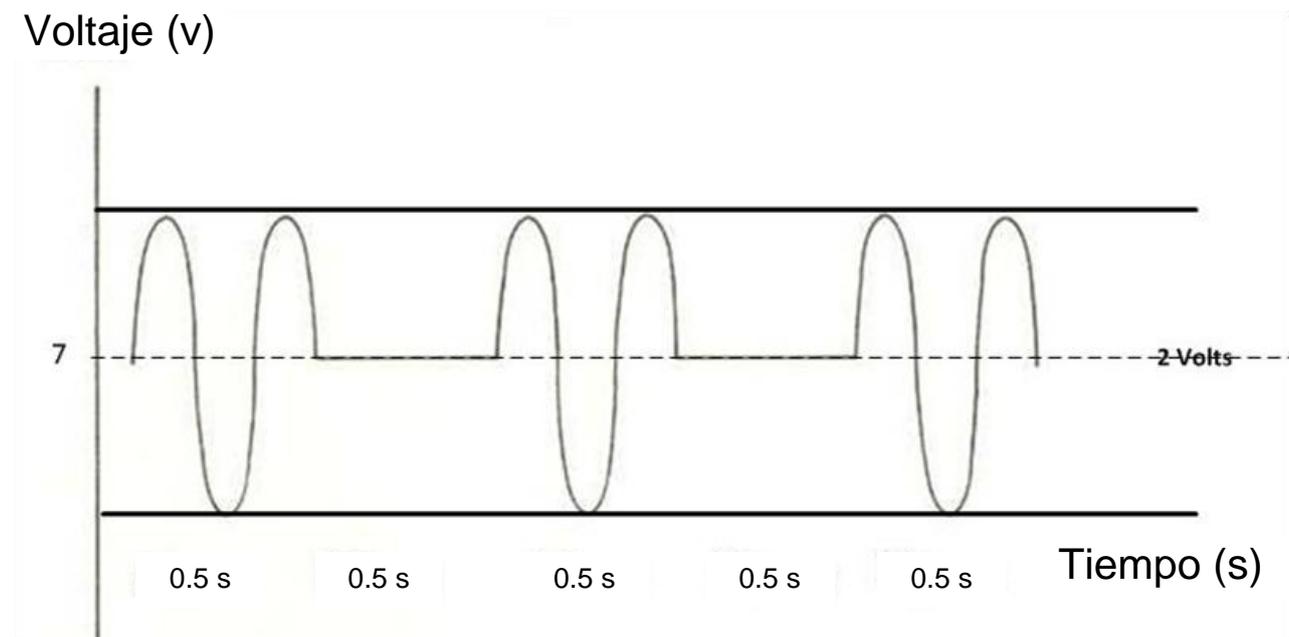


Figura 1.5 Señal de ocupado

7) **DISCADO**. Se hace a través de interrupciones periódicas. Debido a que la línea es de carácter inductivo, se originan pulsos de hasta de 150 volts pico-pico, con una duración aproximada de 5 ms, al hacerse una interrupción. El número de pulsos será equivalente al dígito marcado. El receptor queda desconectado mientras dure el marcaje. Ver figura 1.6

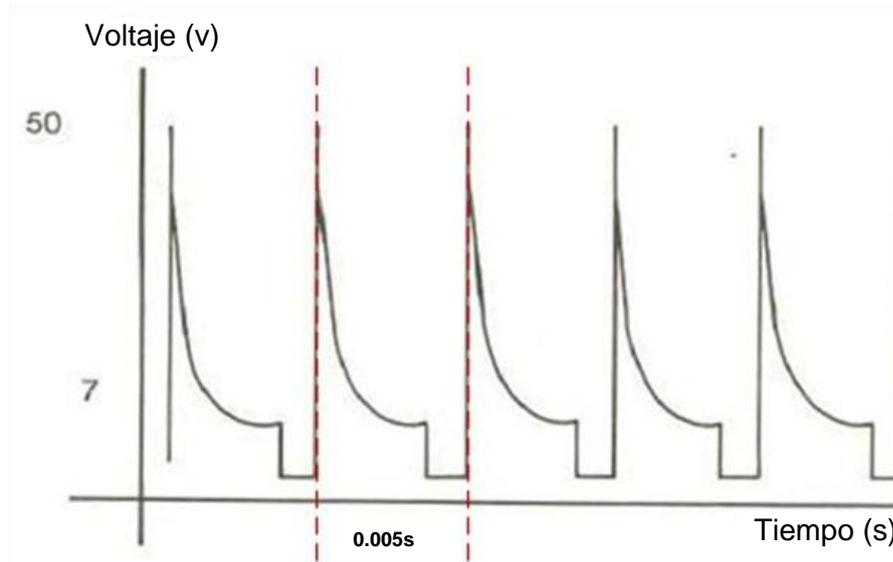


Figura 1.6 Señal de discado

9) REPIQUE. Esta señal se utiliza para accionar la bobina del timbre del abonado al que se llama. La señal tiene un rango de frecuencias de 16 a 32 Hz montada en una componente directa de 48 volts, con una amplitud de 100 volts pico-pico, la cual tiene un periodo de 4 segundos de silencio por un segundo de tono. Ver figura 1.7

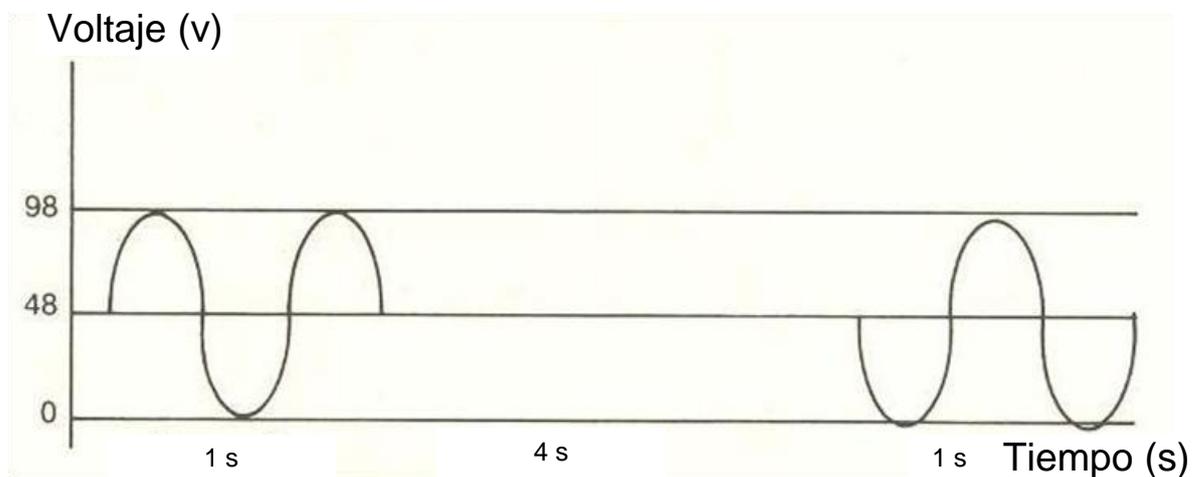


Figura 1.7 Señal de repique

10) VOZ. La señal de voz del abonado local es muy diferente en amplitud de voltaje a la del abonado distante, porque la amplitud del primero es de 2 volts pico-pico y la del segundo es de 100 volts pico-pico. Además esta última se mezcla con el ruido propio de la línea.

# CAPÍTULO 2

## 2. CONCEPTOS BÁSICOS

En este capítulo se explicará con más detalle algunos conceptos que son medulares para comprender bien este proyecto. Entre algunos de los conceptos está el de microcontrolador, que es el componente fundamental del proyecto y es importante conocer las características del mismo.<sup>4</sup>

### 2.1 Microcontrolador

El microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de una computadora. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporando en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es el que confiere la denominación “controlador embebido” (emebbed controller).

El microcontrolador es como una computadora dedicada. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

### 2.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP o CPU por sus siglas en inglés), también llamada procesador, de una computadora. La CPU está formada por la Unidad de control, que interpreta las instrucciones, y el camino de datos, que las ejecuta.

---

<sup>4</sup> Este capítulo está en base a [3], [4] y [5]

Las terminales de un microprocesador comunican al exterior las líneas de los buses<sup>5</sup> de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la memoria y los módulos de E/S. Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine. Un microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar. Ver figura 2.1 y figura 2.2

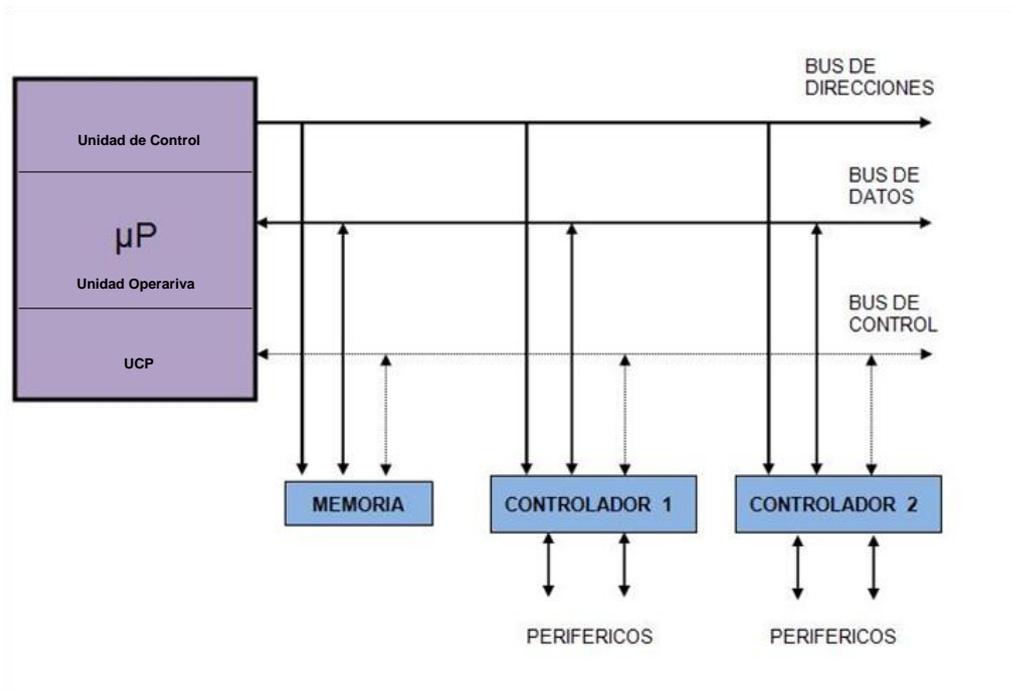


Figura 2.1 Microprocesador como sistema abierto

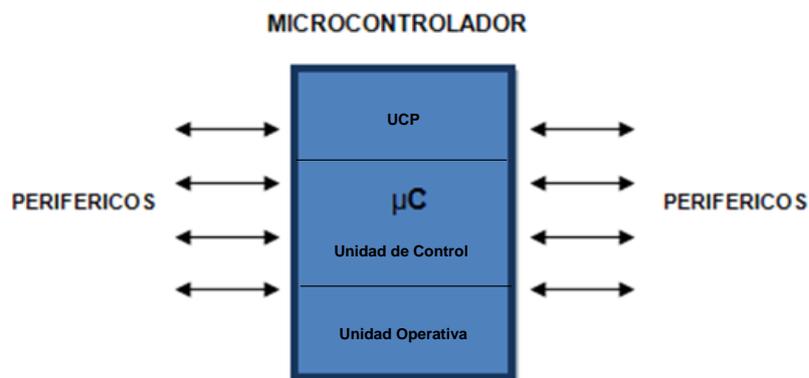


Figura 2.2 Microcontrolador como sistema cerrado

<sup>5</sup> El bus es la vía de comunicación para los datos y señales de control.

## 2.3 Microcontroladores PIC

Microchip<sup>®</sup>, fabricante de los microcontroladores PIC, se mantiene desde el año 2002 como líder mundial de ventas de microcontroladores de 8 bits. En el año 2005 el mencionado fabricante facturó un total de 847 millones de dólares, los cuales 675 procedieron de las ventas de microcontroladores (MCU). Las ventas de los productos de Microchip son absorbidos en un 43% por Asia y Japón, mientras que Europa soporta el 28% y América el 29%.

En cuanto a los segmentos de mercado a los que se destinan los microcontroladores PIC destaca el área genérica de la electrónica de consumo con el 35%, seguida por la industria automotriz con el 18%. La gran diversidad de modelos de microcontroladores permite al diseñador encontrar el PIC que contenga la mayoría de las características y recursos que se precisan para determinada aplicación.

Los microcontroladores o MCU se caracterizan por su arquitectura con memorias de programa y de datos independientes, lo que permite la accesibilidad simultánea y la diversidad en la longitud de las posiciones y el tamaño de ambas memorias. Observar figura 2.3

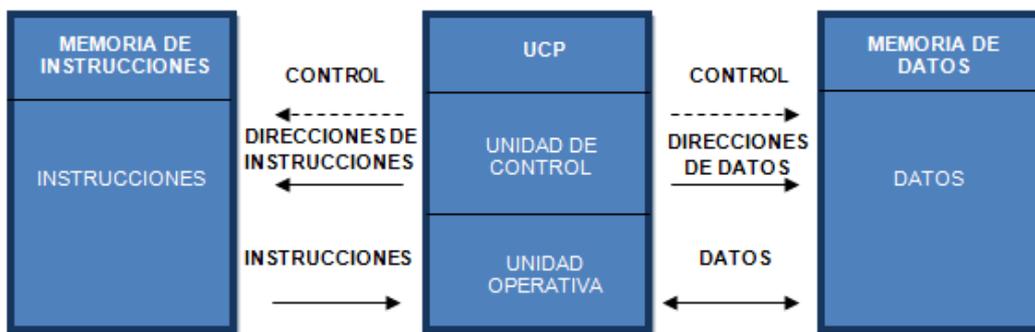
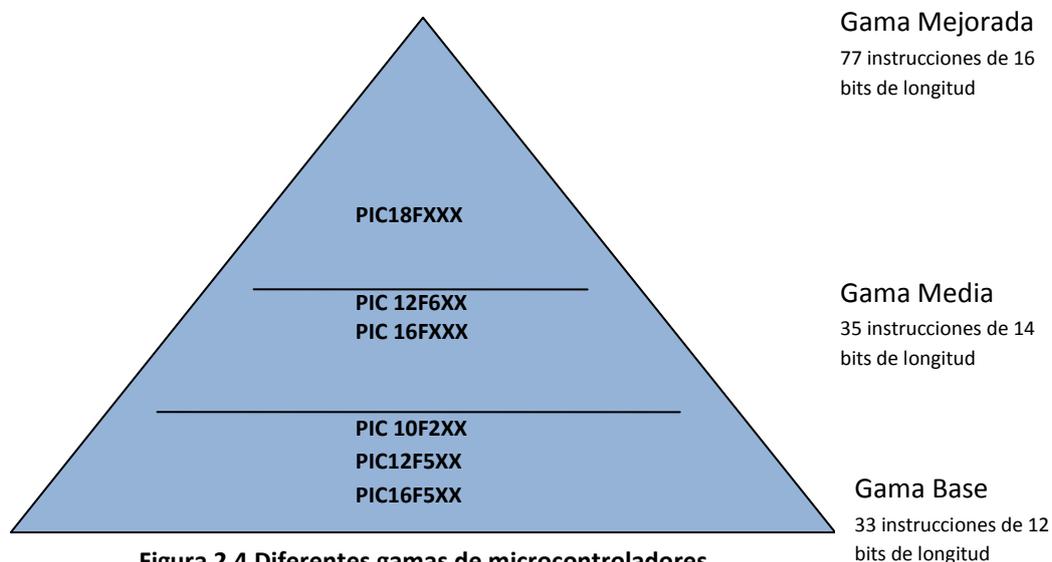


Figura 2.3 Arquitectura del microcontrolador

Genéricamente los microcontroladores se clasifican según el tamaño de los datos que maneja el repertorio de instrucciones y existen 4 grandes grupos: de 4, de 8, de 16 y de 32 bits. Microchip solo fabrica microcontroladores de 8 y de 16 bits y como se ha indicado es el líder mundial en ventas del primer grupo.

Los microcontroladores PIC de 8 bits se clasifican en tres grandes gamas: Base, Media y Mejorada, con un total de unos 300 modelos diferentes que contienen distintas capacidades de memoria, periféricos y distintos tipos de encapsulados. (Figura 2.4)



## 2.4 Microcontrolador PIC16F84

Pertenece a la familia de la gama media y dentro de ella es uno de los más pequeños; solo tiene 18 pines. Además es el que dispone de menos recursos. Diversos componentes similares tienen convertidores A/D y D/A, comparadores analógicos, tensión interna de referencia, más líneas de E/S, mas capacidad en sus memorias, varios temporizadores y un largo etcétera de características de los que el PIC16X84 carece.

La razón exclusiva de su interés se debe al tipo de memoria de programa que posee. En el caso del PIC16C84 se trata de una EEPROM de 1Kb palabras, de 14 bits cada una. El PIC16F84 tiene la misma capacidad de memoria de instrucciones, pero del tipo FLASH. Ambos disponen de 64 bytes de EEPROM como memoria de datos auxiliar y opcional. La memoria EEPROM y la FLASH son eléctricamente grabables y borrables, 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.

Los modelos que tienen las letras C, F o CR intermedias admiten el rango de voltaje de alimentación estándar, que es el que oscila de 4 a 4.5 V DC como mínimo,

hasta 5.5 a 6 V DC como máximo. Los modelos con las letras LC, LF o LCR intermedias admiten el margen de voltaje “extendido”, que abarca desde los 2 V hasta los 6 V DC.

### Diagrama de pines<sup>6</sup>

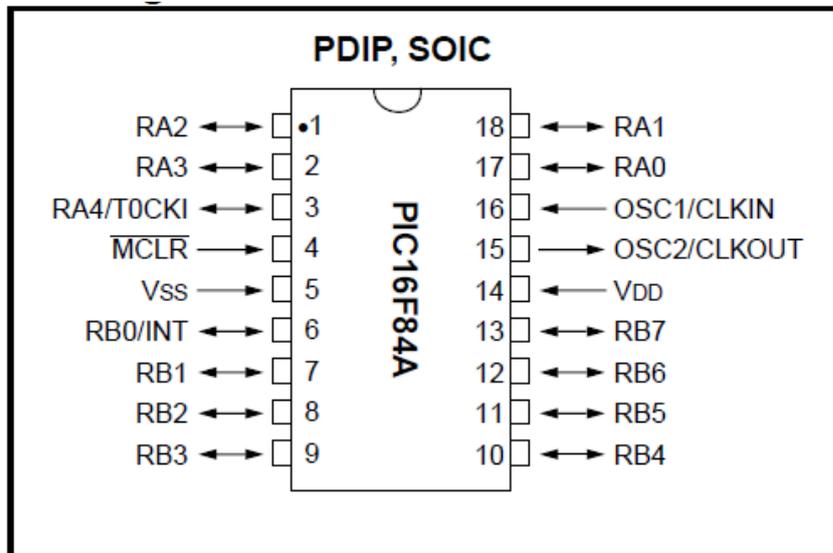


Figura 2.5 Descripción de los pines del microcontrolador

## 2.5 Programar el PIC

Para programar los microcontroladores se utilizan lenguajes de programación, se puede elegir entre ensamblador, BASIC y C. En este caso se utilizó el lenguaje BASIC, con el compilador PICBASIC PRO. El compilador PICBASIC PRO (PBP) es un lenguaje de programación de nueva generación que hace más fácil y rápido programar microcontroladores PIC de Microchip Technology. El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip.

## 2.6 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH,

<sup>6</sup> PDIP y SOIC se refieren al tipo de encapsulado. Para información detallada del significado de cada pin, consultar el datasheet del PIC que se encuentra en los ANEXOS

entre otras. De entre todos los sensores, se mencionará y describirá a los más comúnmente utilizados para un sistema de alarma en el hogar.

Algunos de los más utilizados son los siguientes:

- Sensores Magnéticos: Estos son los dispositivos de detección más frecuentemente usados en los sistemas de alarma. Constan de dos partes, una formada por un magneto y la otra por un contacto de relevador. La primera se ubica normalmente en la puerta o ventana que se quiera controlar, y la otra en el marco de la misma. Mientras ambas se encuentren enfrentadas, el contacto de la salida estará cerrado. Cuando se produzca la apertura de la puerta o ventana y las partes dejen de enfrentarse, el contacto se abrirá enviando la señal correspondiente al Panel de Alarma. Si bien los modelos más populares de este tipo de sensores son de montaje superficial (ya que se montan en las superficies interiores de las ventanas y puertas y los marcos de las mismas), existen algunos modelos que permiten ser empotrados en dichos marcos y quedan ocultos a la vista.
  - Sensor infrarrojo: El receptor de rayos infrarrojos suele ser un fototransistor o un fotodiodo. El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La señal enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez esto es muy utilizado en la robótica en casos en que se necesita tener más de un emisor infrarrojo y solo se quiera tener un receptor. Los sensores infrarrojos pueden ser: i) Sensor infrarrojo de barrera, las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran

alineados. Esto se debe a que la luz emitida siempre tiende a alejarse del centro de la trayectoria; ii) Sensor auto réflex, la luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios y Sensor réflex, Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados;

- Detectores Acústicos de Rotura de Vidrios: Normalmente se colocan en el techo o paredes frente a la ventana o puerta de vidrio que se pretende proteger. Están diseñados para detectar las frecuencias del sonido que producen los vidrios al astillarse a través de un micrófono instalado en su interior. Habitualmente su cobertura es de algo más de 4m<sup>2</sup>. Muchos de estos dispositivos permiten ajustar su sensibilidad. [5]

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE LA ALARMA

En este capítulo se presenta el diseño y el análisis de los circuitos que se implementaron para la resolución del problema propuesto. Se presenta una breve explicación teórica del diseño de cada uno de los circuitos y de los componentes que integran dichos circuitos. El microcontrolador requiere conectarse a la línea telefónica convencional analógica, lo cual se puede realizar a través de un relevador. La función principal del relevador es la de colgar o descolgar la línea telefónica, es la misma función que colgar y descolgar un teléfono convencional. Como protección se implementa un puente de diodos, con lo cual ya no importa la polaridad de la línea telefónica. Esto se explica más adelante. La parte central del circuito es el microcontrolador, que viene realizando diferentes funciones que integran todo el sistema.

Una de las funciones del microcontrolador es transmitir en DTMF a través de la línea telefónica un número telefónico previamente configurado. El número telefónico puede ser de casa o de celular, al contestar el teléfono se podrá identificar que se trata de la alarma pues está programada para enviar sonidos como de sirena para ser identificada. Otra de las funciones del microcontrolador es de estar en estado de alerta monitoreando diferentes sensores. Con la información de los sensores el microcontrolador debe decidir qué hacer. El microcontrolador maneja un sistema de LED's (Light-Emitting Diode) indicadores, con lo cual se informa en qué estado se encuentra el microcontrolador y que es lo que está realizando.

Por último el sistema de alarma es operado a través de un control infrarrojo con una frecuencia de 40 kHz. La frecuencia es lograda a través de un Circuito integrado temporizador NE555, y la recepción se realiza a través de un receptor infrarrojo, el cual informa al microcontrolador si se ha recibido algún pulso o no. Como apoyo para realizar los diagramas de los circuitos se utilizó el software de *Visio 2010*.

### 3.1 Circuito de conexión y desconexión de la línea telefónica con microcontrolador PIC

El circuito puede apreciarse en la Figura 3. 1

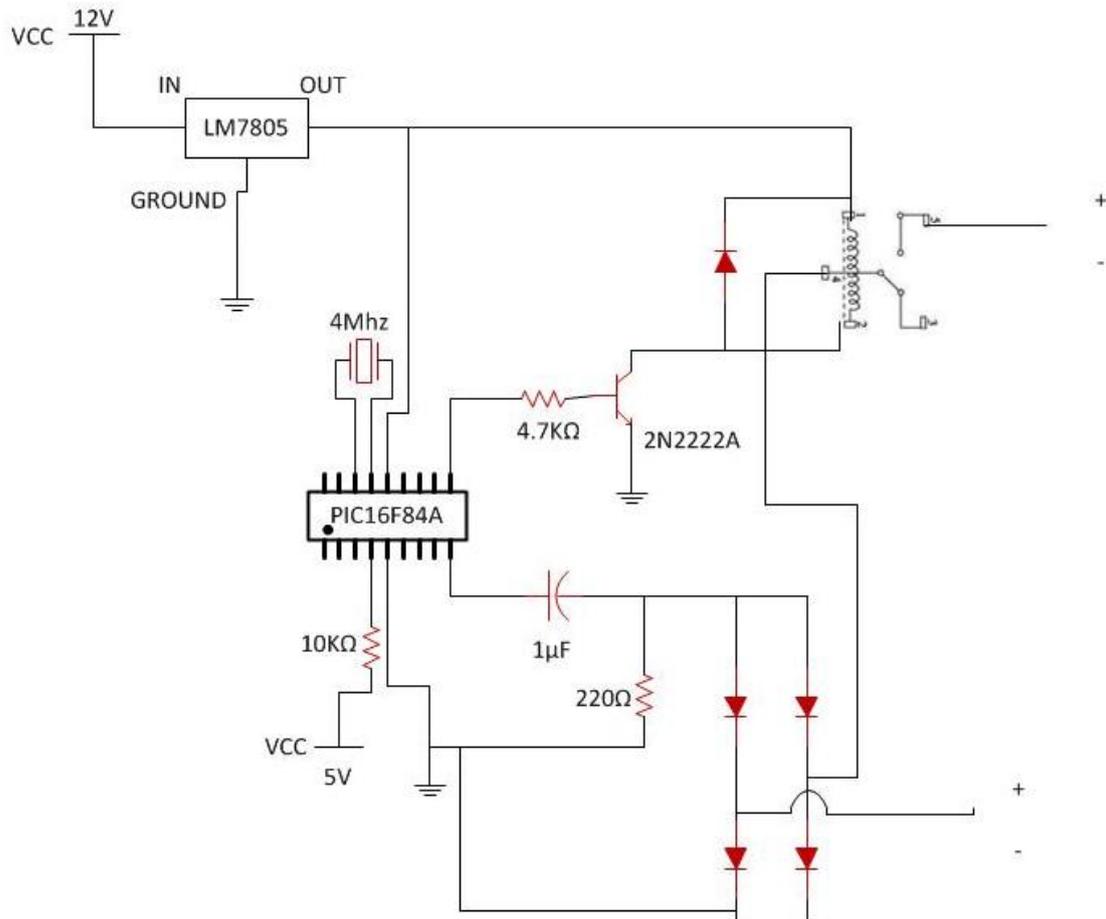


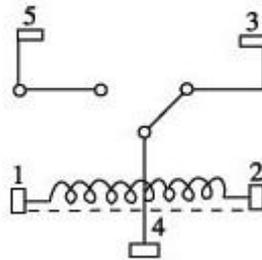
Figura 3.1 Circuito de descolgado y conexión a la línea

Este circuito ya está integrado al microcontrolador PIC16F84A. Realiza la función de desconexión y conexión a la línea telefónica, y el envío del número telefónico a través de DTMF con el PIC. Primeramente, el voltaje del circuito se regula a través de un regulador de voltaje, se utilizó un KA7805, el cual mantiene el voltaje a 5 volts. El microcontrolador opera con un voltaje máximo de 6 volts por lo que es muy importante regular la fuente de 12 volts a 5 volts y así no dañar el microcontrolador.

Se utiliza una fuente de 12V ya que más adelante se utilizaran los sensores y la gran mayoría de ellos opera con 12 volts. El relevador es el que se encarga de conectar o

desconectar la línea, se utilizó en el circuito un RAS-0510, que es un relevador que opera a 5 Volts.

En la figura 3.2 se observa el diagrama del relevador.



**Figura 3.2 Esquema del relevador**

Al energizarse los pines 1 y 2 del relevador, se crea un campo magnético que mueve el switch y se logran conectar los pines 4 y 5 del relevador. Entre los pines 1 y 2 se coloca un diodo de protección y así evitar que la corriente pase libremente del pin que va a VCC al otro pin. El relevador en el circuito está controlado por un transistor, que a su vez es controlado por el pin RB4 del microcontrolador. Entre el pin 10 del microcontrolador y el transistor se le agrega una resistencia de 4.7 k $\Omega$ , protegiendo al microcontrolador de esta forma. El transistor utilizado es un 2N2222A. Toda la parte de control es responsabilidad del microcontrolador, éste se encarga de conectar o desconectar a la línea telefónica enviando un pulso en RB4, si el microcontrolador deja de emitir el pulso se desconectará automáticamente de la línea.

Al conectarse a la línea se envía la frecuencia DTMF por el pin 9 o RB3 del microcontrolador. La señal DTMF que se obtiene directamente en el pin tiene ruido, este inconveniente se soluciona agregando un capacitor electrolítico de 1 $\mu$ F y que soporte 100V. Se recomienda que sea de 100 V por si llega a existir una alta tensión en la línea telefónica. Ver figura 3.4 para más detalles.

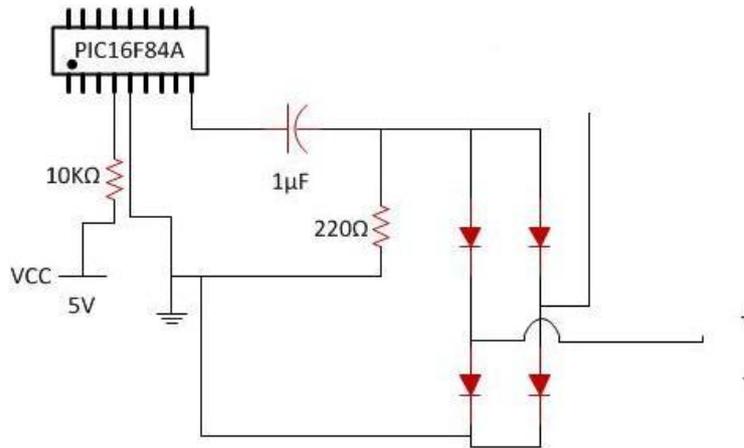


Figura 3.3 Conexión a la línea telefónica y envío de DTMF

Para simular la carga de la línea telefónica se le agrega una resistencia de  $220\Omega$  a  $5W$  para disipar parte de la potencia generada. El puente de diodos tiene el propósito de asegurar que en cualquier forma que sea conectada la línea telefónica la polaridad sea la correcta. Los diodos utilizados son del tipo 1N4007 que con la siguiente característica:  $1A$ ,  $400V$ , por lo que son capaces de soportar las condiciones de alto voltaje que pueden aparecer en la línea.

### 3.2 Diseño del circuito de sensado

El circuito es capaz de realizar una descolgado a la línea y transmitir en DTMF, se detalla a continuación como agregar el sensor. El sensor sirve para informar de algún cambio provocado en el exterior, ya se ha analizado con anterioridad los tipos de sensores y que variables son capaces de detectar. A este circuito se le agrega un sensor infrarrojo, el cual se puede instalar en una puerta, de tal forma que cuando no detecte un rebote de su pulso infrarrojo envíe un voltaje como señal de aviso al microcontrolador. Se utilizó el sensor E3S-DS10E4 marca OMRON<sup>®</sup>, que es un sensor de presencia que utiliza tecnología infrarroja.

Para el circuito se utilizó el sensor que se muestra en la figura 3.4



Figura 3.4 Sensor de presencia utilizado

Se conecta como se detalla en el diagrama de la figura 3.5

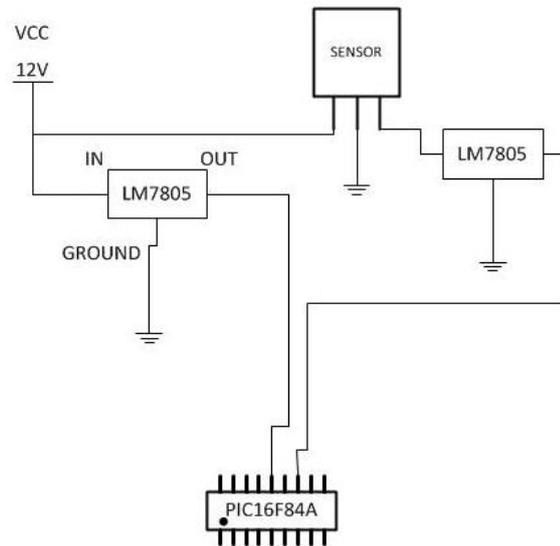


Figura 3.5 Conexión del sensor al microcontrolador

El sensor tiene 3 cables. Uno se conecta a VCC, otro va a tierra y en el último cable es donde envía la señal en caso de que no detecte rebote del infrarrojo. En este último cable la salida se conecta a un regulador de voltaje a 5V, ya que el voltaje que envía es mayor a 5V y se dañaría el PIC. El sensor envía la señal al RB6 o pin 12 del microcontrolador, el PIC al detectar el pulso enviado se conectara a la línea telefónica y será enviada la transmisión DTMF.

### 3.3 Diseño del circuito de activación o desactivación de la alarma con receptor infrarrojo

El diagrama del circuito de activación y desactivación de la alarma se muestra a continuación en la figura 3.6. Al diagrama se le agrega un receptor infrarrojo llamado TSOP 1240, el cual es un receptor demodulador y trabaja a 40 kHz.

Este circuito de recepción infrarroja va ligado al de transmisión infrarroja que se verá más adelante. La misión principal del receptor y transmisor es la de activar o desactivar la alarma a distancia, vía infrarroja.

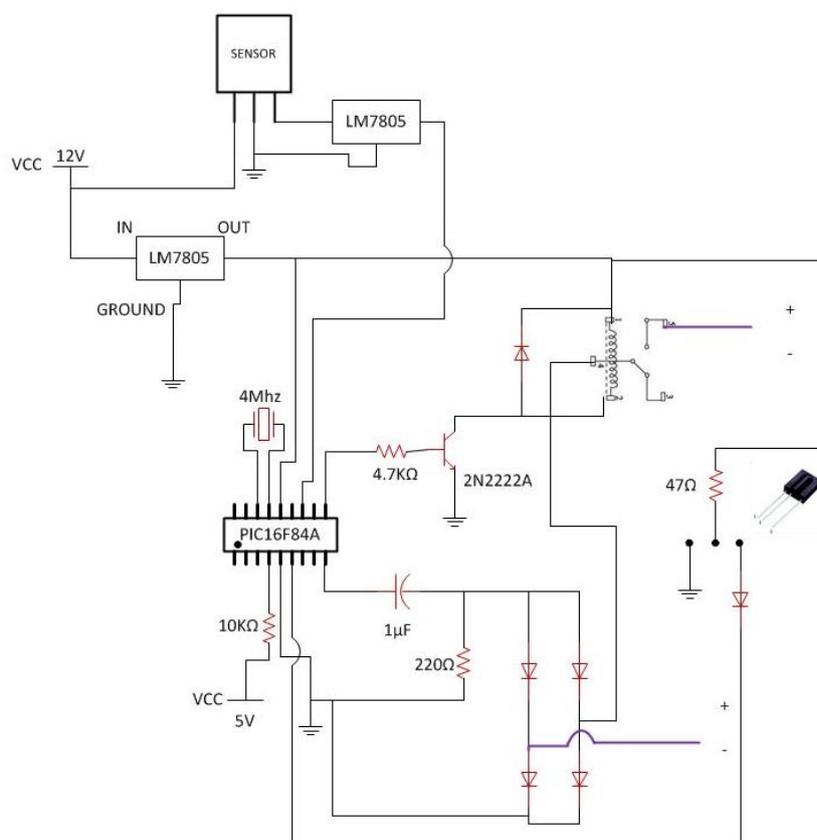


Figura 3.6 Diagrama completo y conexión del receptor infrarrojo

Para comprender mejor como opera el componente TSOP 1240 observemos la figura 3.7

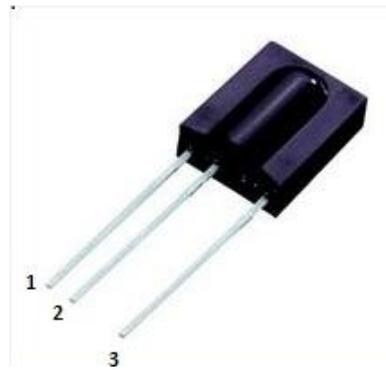


Figura 3.7 Receptor Infrarrojo TSOP-1240

El pin 1 del componente va conectada a tierra, el pin 2 es VS, va conectada a VCC de 5 V con una resistencia de  $47 \Omega$  como recomendación de fabricante y el pin 3 es la salida, en la cual nos indica si recibe o no una señal infrarroja a 40 kHz. En el pin 3 cuando no se recibe señal infrarroja, siempre habrá un voltaje aproximado de 5 V, al momento de que el receptor capte una señal infrarroja a 40 kHz el voltaje disminuye a 0.

Al pin 3 del TSOP 1240 se le coloca un diodo 1N4007 como protección y para estabilizar el pulso que se envía al PIC. En el microprocesador, el pin destinado a controlar la activación o desactivación de la alarma será el 6 o RB0, de tal forma que habiendo un cambio de voltaje de 5V a 0V se activa o se desactiva la alarma.

### 3.4 Diseño del circuito emisor infrarrojo a 40 KHz

Para generar un pulso de señal infrarroja a 40 kHz se requiere utilizar un circuito integrado temporizador como el NE555N. Se observa el diagrama esquemático en la figura 3.8

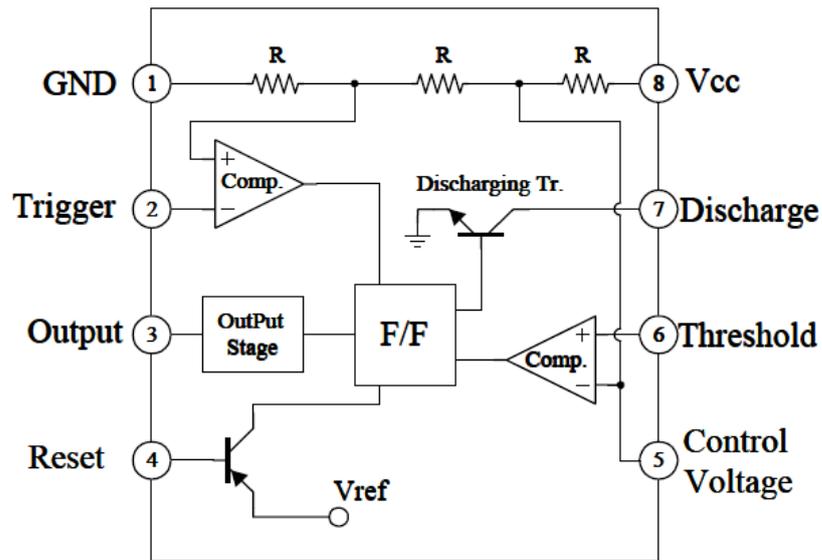


Figura 3.8 Diagrama del temporizador 555

Existen dos esquemas para conectar un temporizador 555 en modo multivibrador, multivibrador mono estable y multivibrador astable<sup>7</sup>. El que va a ser utilizado es el multivibrador astable, ya que se caracteriza por una señal de onda cuadrada o rectangular continua. El esquema típico de conexión se observa en la figura 3.9

<sup>7</sup> Un Astable es un multivibrador que no tiene ningún estado estable.

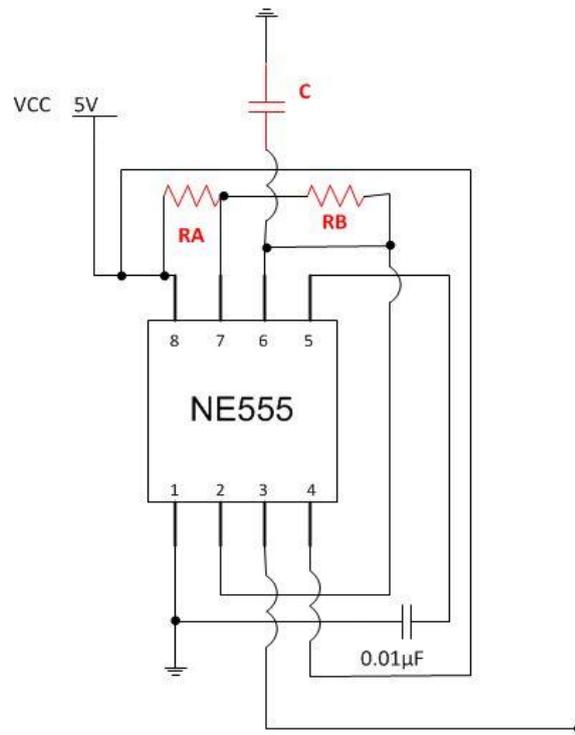


Figura 3.9 Esquema de conexión del temporizador

Para producir un ciclo de trabajo del 50% se realiza una conexión como se ve en la figura 3.10

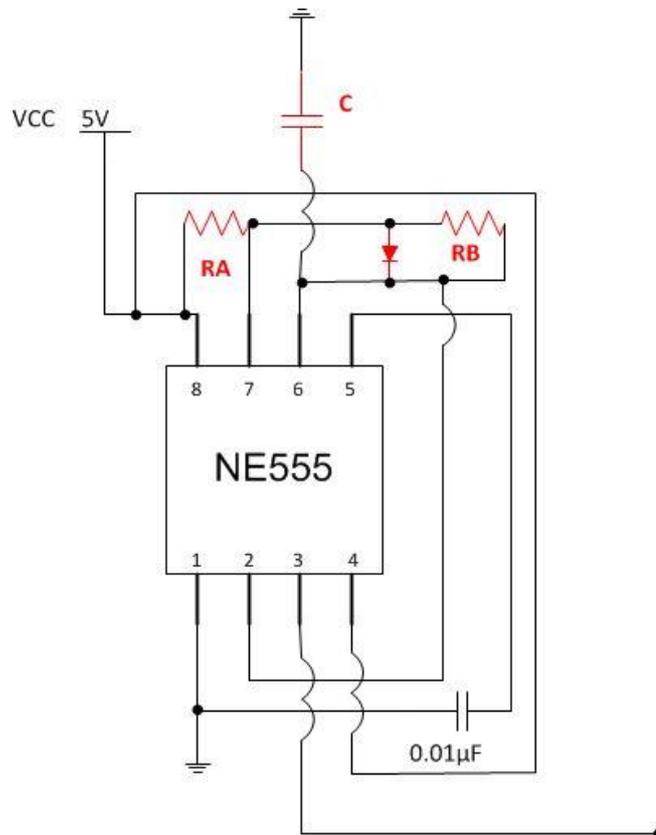


Figura 3.10 Multivibrador astable al 50%

Donde la frecuencia de la señal de salida está determinada por la siguiente fórmula con base en [6].

$$f = \frac{0.719}{R_a * C}$$

Para un ciclo de trabajo del 50%  $R_A = R_B$ , por lo tanto obteniendo el valor de  $R_A$  ya se tiene el valor de  $R_B$ . Para la frecuencia de 40KHz, el valor de resistencia resultante es  $R_A = 1.79k\Omega$ , con un valor de Capacitor de  $C = 0.01\mu F$ .

Como observación durante las pruebas realizadas, se obtuvo un valor real en frecuencia de 33KHz con un voltaje de entrada de 5V. Al incrementar el voltaje, la

frecuencia aumentaba, de tal manera que al tener un voltaje de entrada de 12 V se obtuvo una frecuencia de 39KHz. Pero el objetivo era lograr la frecuencia de 40KHz con 5 V. Ajustando el valor de las resistencias a 1.2K $\Omega$  se logró obtener una frecuencia entre 41KHz y 42KHz.

El esquema elaborado se observa en la figura 3.11

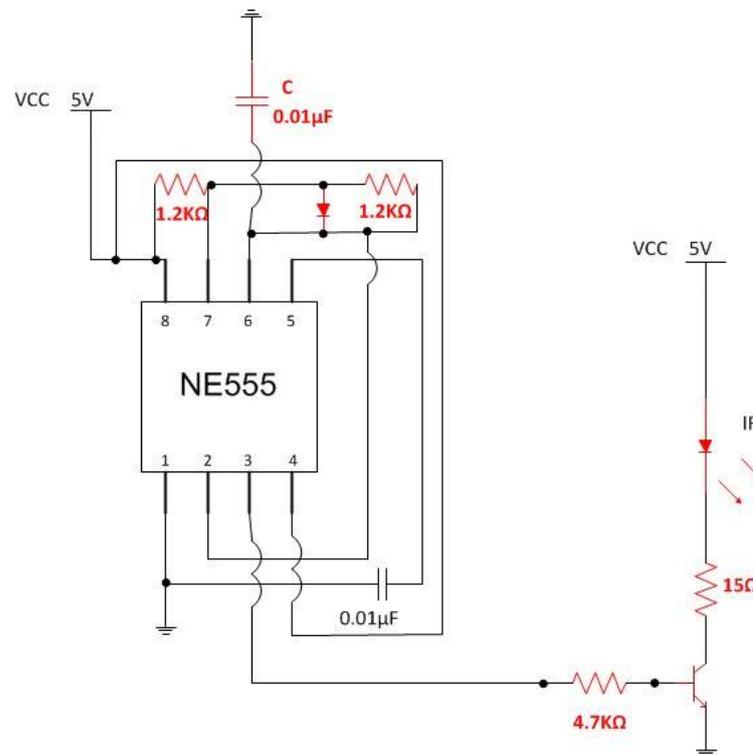
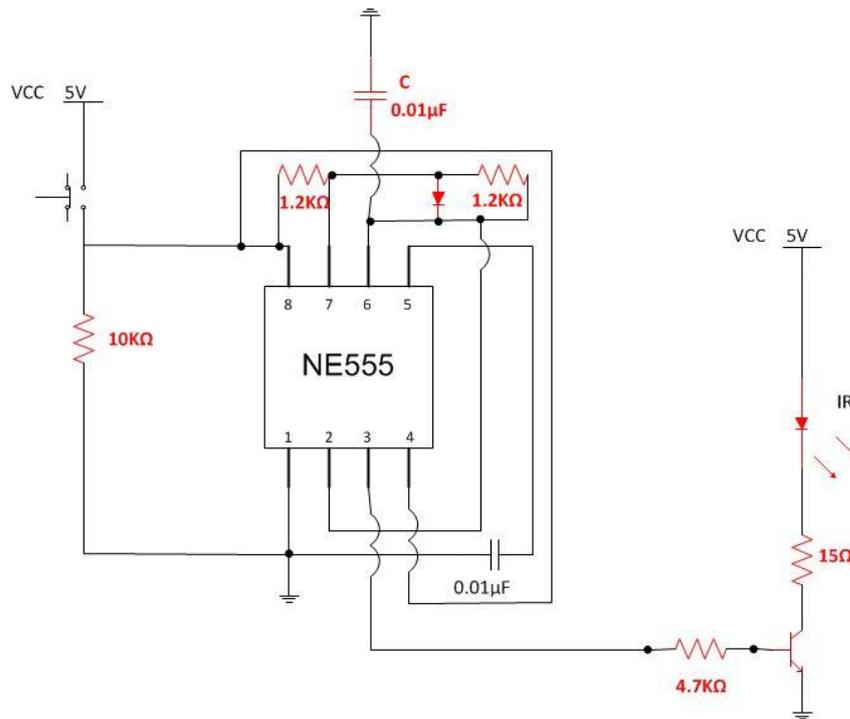


Figura 3.11 Diagrama del circuito temporizador a 40KHz

Retomando el diagrama, la salida del temporizador en el pin 3, se conecta un transistor 2N2222A protegido con una resistencia de 4.7K $\Omega$ . El LED emisor infrarrojo (LED IR) está controlado por el transistor y así la señal infrarroja viaja a 40KHz y puede ser detectada por el receptor TSOP 1240.

Para controlar el envío del pulso infrarrojo a 40KHz se le agrega un push button al diagrama. Ver figura 3.12



**Figura 3.12 Diagrama del temporizador con push button**

La resistencia de  $15\Omega$ , funciona para determinar la corriente que pasa por el LED, mientras menor sea la resistencia mayor amperaje existirá y como consecuencia se alcanza mayor distancia para transmitir la señal infrarroja. Con  $15\Omega$  la longitud alcanzada supera los 3 metros.

Con el diseño de todos estos circuitos ya se tiene todo lo necesario para que funcione la alarma. En el siguiente capítulo se detalla la programación del microcontrolador, ya que es el cerebro de nuestro sistema y el que tomará las decisiones y acciones que sean necesarias.

# CAPÍTULO 4

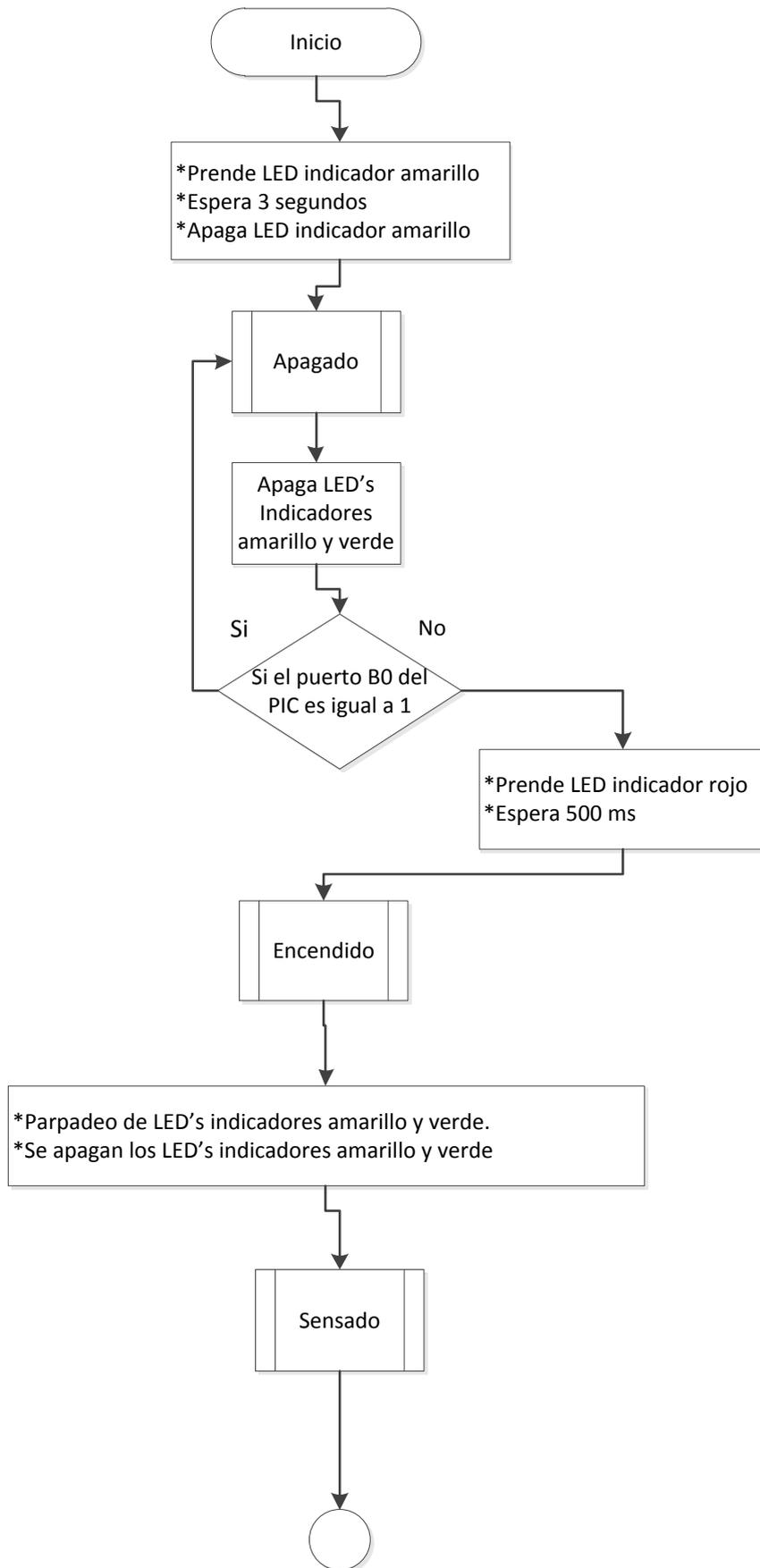
## 4. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL PIC

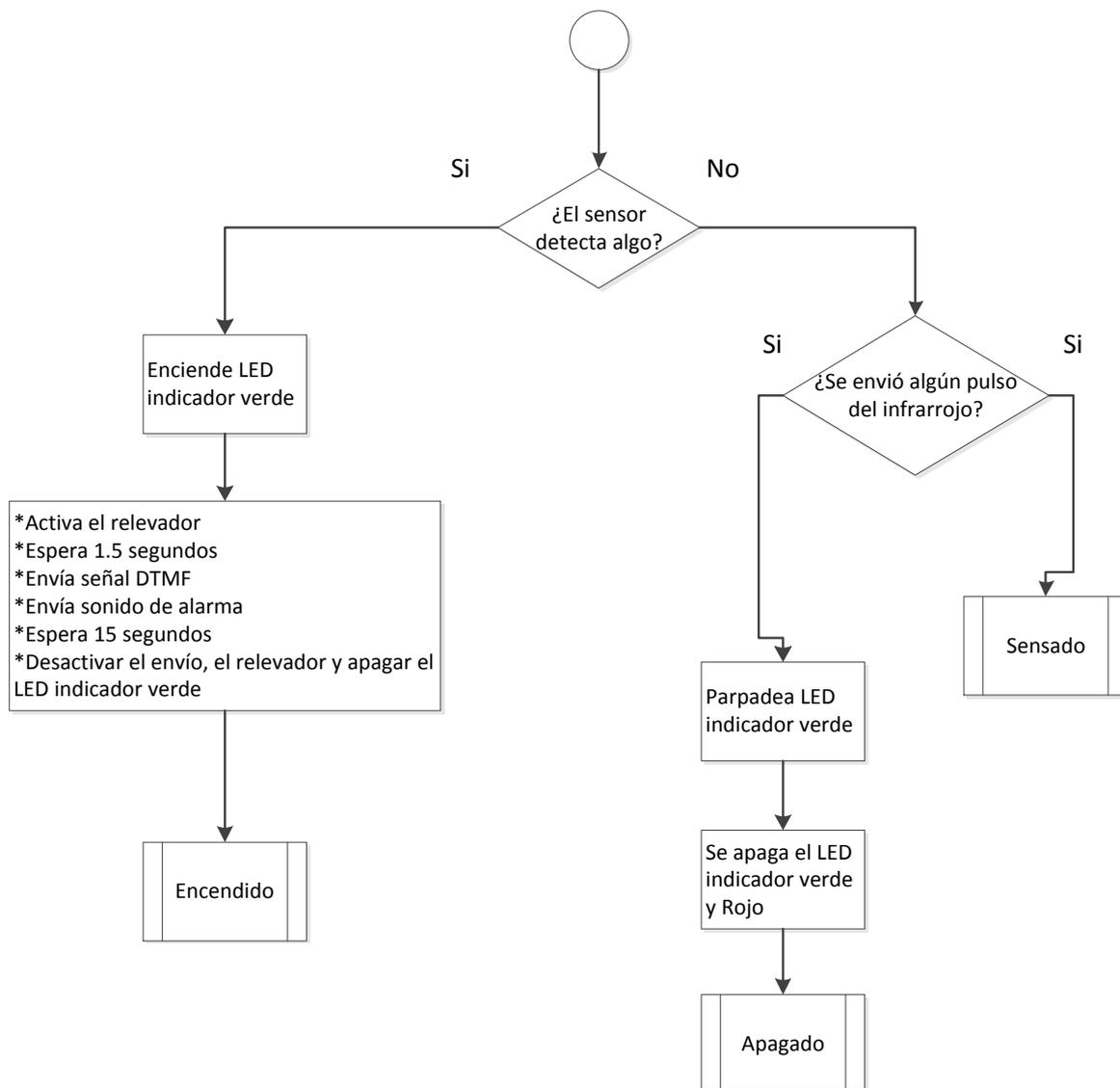
En este capítulo se aborda el tema de la programación del microcontrolador. Todo el hardware ya está operativo, pero nada va a funcionar de la forma correcta si no es controlado por el microcontrolador. Por ello es de vital importancia esta parte, pues si la programación del PIC es incorrecta, la alarma simplemente no va a reaccionar adecuadamente cuando se le requiera.

En primera instancia se procede a desarrollar los diagramas de flujo para entender cómo va a funcionar la alarma en un esquema bastante fácil de comprender y analizar. Ya comprendiendo cómo va a operar la alarma, ahora si se inicia con la programación en PICBASIC, basándose en el análisis que nos ofrece el diagrama de flujo.

### **4.1 Diseño del diagrama de flujo principal**

A continuación se analiza el diagrama de flujo principal del programa. En el diagrama principal se utilizan subrutinas, las cuales tienen distintas funciones. Las subrutinas se analizarán después de darle un vistazo al diagrama que se puede observar en la figura 4.1.





**Figura 4.1 Diagrama de flujo principal**

Se puede apreciar que en el diagrama de flujo existen tres subrutinas, las cuales son: *Apagado*, *Encendido* y *Sensado*. Explicando estas tres subrutinas se podrá comprender a fondo el funcionamiento del diagrama principal.

## 4.2 Subrutina “Apagado”

El diagrama de la subrutina *Apagado* es el que se observa en la figura 4.2

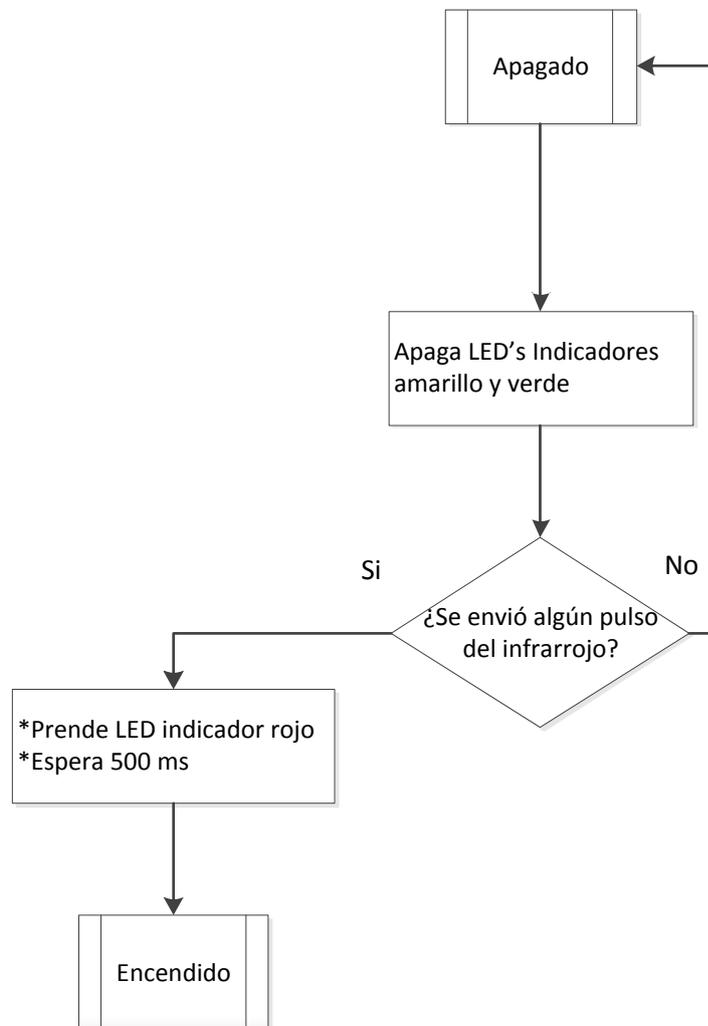
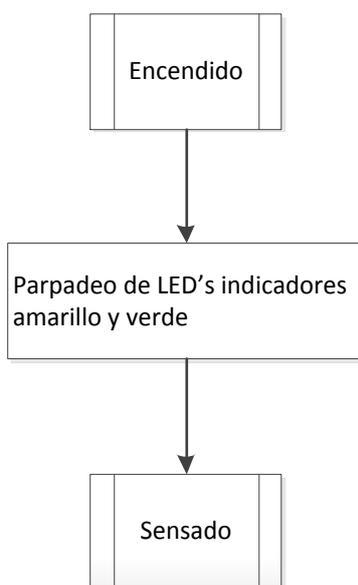


Figura 4.2 Diagrama de subrutina “Apagado”

El propósito de esta subrutina es la de apagar los indicadores de la alarma y estar en estado de espera por así decirlo, del pulso del infrarrojo. En el momento que se genere el pulso activa el LED indicador rojo que es el que informa que la alarma esta operativa, y después se dirige a la subrutina *Encendido*.

### 4.3 Subrutina “Encendido”

Observar el siguiente diagrama de la subrutina *Encendido*. Ver figura 4.3



**Figura 4.3 Diagrama de subrutina “Encendido”**

Este diagrama es más sencillo y su propósito es el de Indicar con un parpadeo de los LED's indicadores amarillo y verde que la alarma se está encendida. Terminado el parpadeo de LED's se dirige a la subrutina *Sensado*.

## 4.4 Subrutina “Sensado”

El diagrama se presenta en la figura 4.4

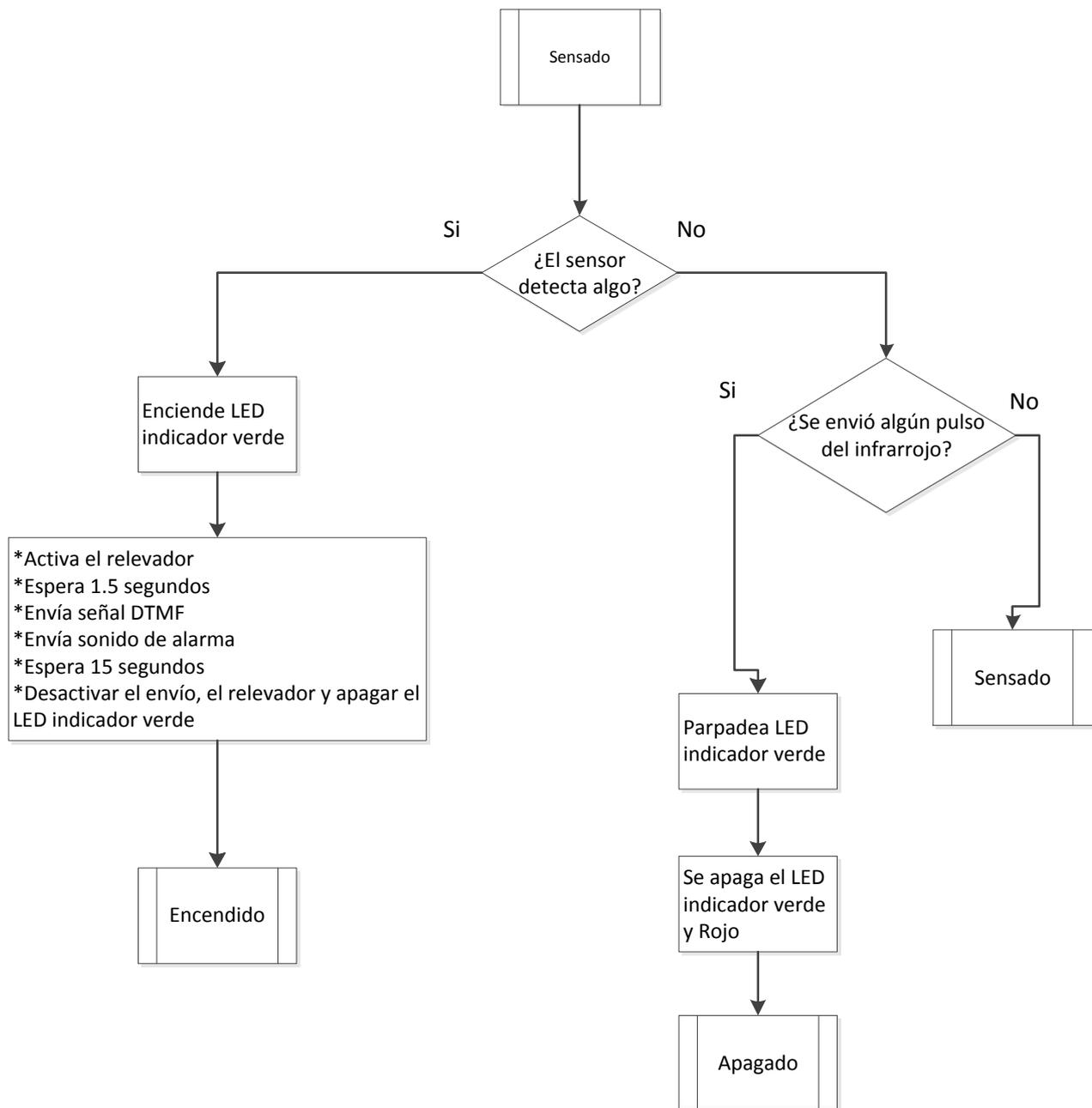


Figura 4.4 Diagrama de subrutina “Sensado”

En esta subrutina representada por el diagrama es como su nombre lo dice, de sensor. El PIC está esperando el momento en que el sensor envíe una señal, y al mismo

tiempo espera si existe algún pulso por el infrarrojo para apagar la alarma. Es tan rápido que parece que todo lo hace al mismo tiempo, pero en realidad no es así. Si el sensor detecta algo, le envía la señal al PIC, seguidamente se prende el LED indicador verde para informar que ya se detectó algo por parte del sensor. Después, se realiza el descolgado de la línea activando el relevador, se espera un momento y se envía la señal DTMF. Se espera un tiempo de 15 segundos y durante todo ese tiempo se envía un sonido por la línea, así si la persona contesta el teléfono escuchará el sonido emitido por la alarma.

La siguiente fase es desactivar el envío de la señal DTMF, desactivar el relevador y apagar al LED verde. Al final se regresa a la subrutina de Encendido que volverá al final a la subrutina de Sensado. Si el sensor no detecta nada pues simplemente estará regresando siempre a la subrutina de *Sensado*, al mismo tiempo que se detecta si existe un pulso o no del receptor infrarrojo. Si se envía un pulso del infrarrojo el PIC lo detecta y enseguida se dirige a la subrutina *Apagado*.

#### **4.5 Programación del PIC con PICBASIC**

En este apartado, se desarrolla la programación del PIC. Se tiene como base el diagrama de flujo del funcionamiento de la alarma. Ahora solo es plasmar el funcionamiento en un lenguaje de programación como es el lenguaje BASIC de PICBASIC.

El código final documentado se puede observar en el anexo A. El microcontrolador se programa con el código y ya está listo para poder operar de la forma correcta el hardware de la alarma. En el siguiente capítulo se realizan las pruebas correspondientes al hardware y a la programación del PIC.

# CAPÍTULO 5

## 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

En el capítulo de pruebas y resultados, se detallan las pruebas realizadas con el circuito de la alarma y con el circuito emisor infrarrojo. Se utilizó un osciloscopio especial para poder documentar adecuadamente las señales emitidas, así como su voltaje de operación y frecuencia. Cabe mencionar que el sensor infrarrojo que se utiliza para detectar el cruce de la puerta tiene un rango corto de detección, aproximadamente 10 centímetros, con un voltaje de alimentación a 12 volts. Este sensor puede ser sustituido por uno de mayor alcance o menor alcance según sean los requerimientos.

### 5.1 Pruebas de funcionamiento de la alarma con el transmisor infrarrojo

Aquí se podrá observar el funcionamiento del sistema de la alarma. Se realizan unas pruebas de encendido y apagado de la alarma, se ilustra cómo se encuentran físicamente los circuitos en el protoboard<sup>8</sup>.

Se observa en la figura 5.1 el circuito de la alarma completa.

---

<sup>8</sup> Protoboard es una palabra en inglés que significa “placa de pruebas” pero es mayormente conocida como protoboard.

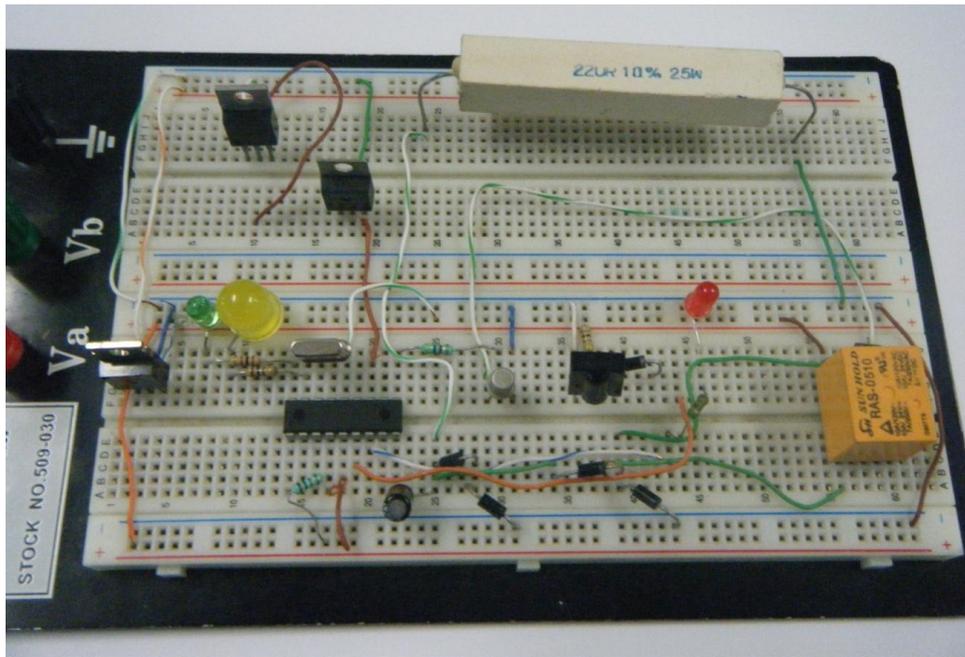


Figura 5.1 Diseño físico de la alarma completa

Y en la figura 5.2 el circuito del transmisor infrarrojo.

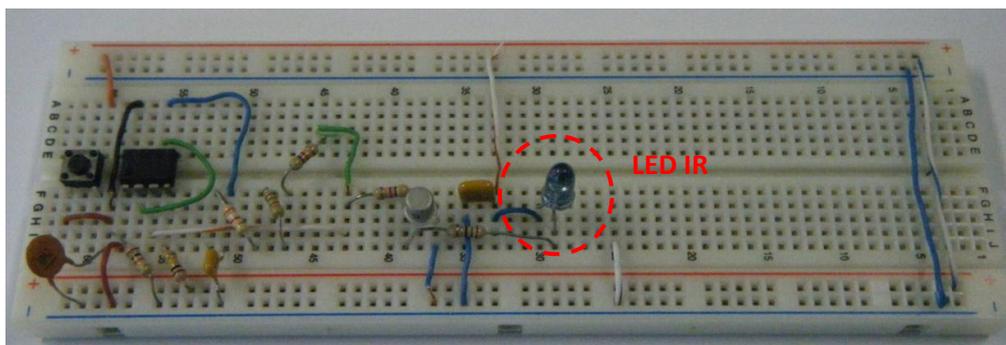
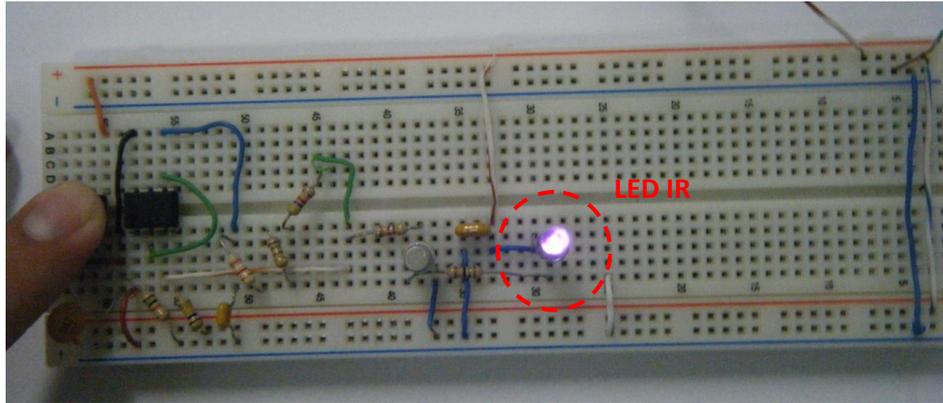


Figura 5.2 Circuito transmisor infrarrojo.

Se conecta el circuito transmisor o control infrarrojo a un voltaje de 5V. Se observa en la imagen que al mantener apretado el botón se envía la señal. Ver figura 5.3



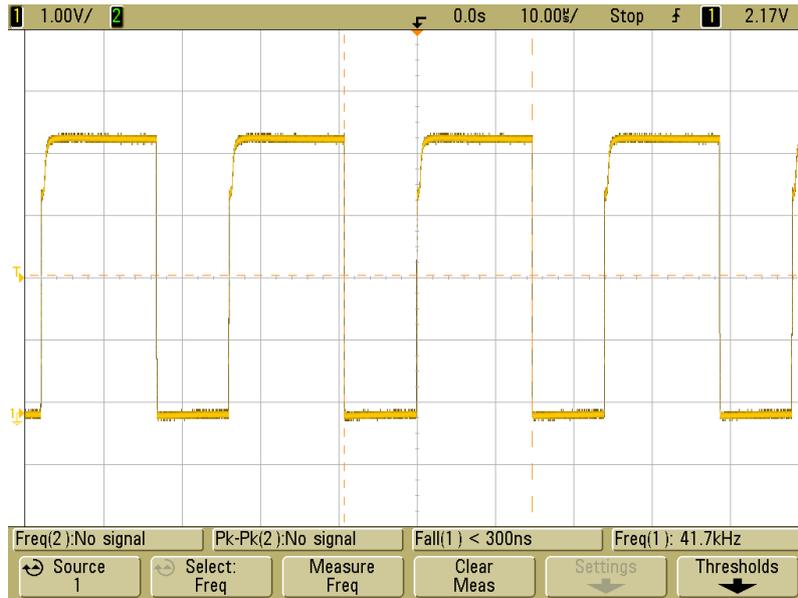
**Figura 5.3 Circuito transmisor infrarrojo encendido**

Ya se observó que se activa y desactiva el LED IR. Se puede comprobar que la señal emitida sea de 40 KHz. Para ello se utiliza un osciloscopio de marca Agilent Technologies a 300 MHz como se observa físicamente en la figura 5.4



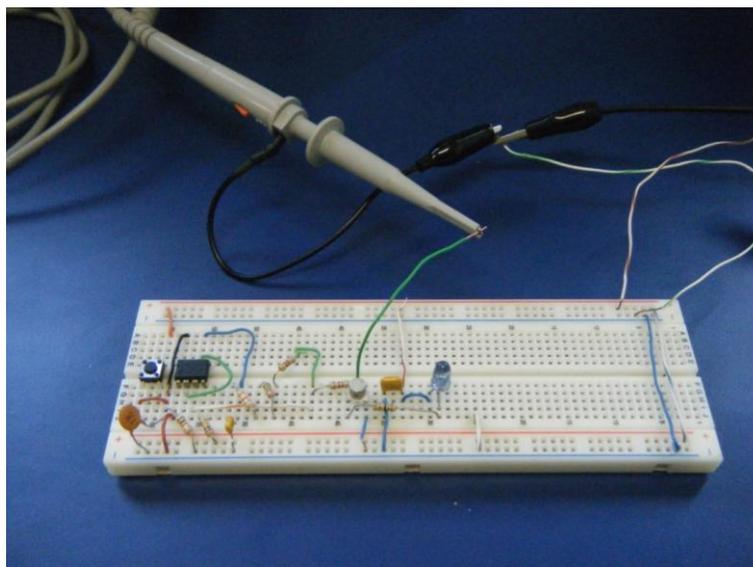
**Figura 5.4 Osciloscopio utilizado para documentar las señales**

Este osciloscopio trae la funcionalidad de obtener imágenes de las señales medidas y guardarlas en una memoria USB. Ya las imágenes obtenidas mediante el osciloscopio se ven de la siguiente forma, ver figura 5.5

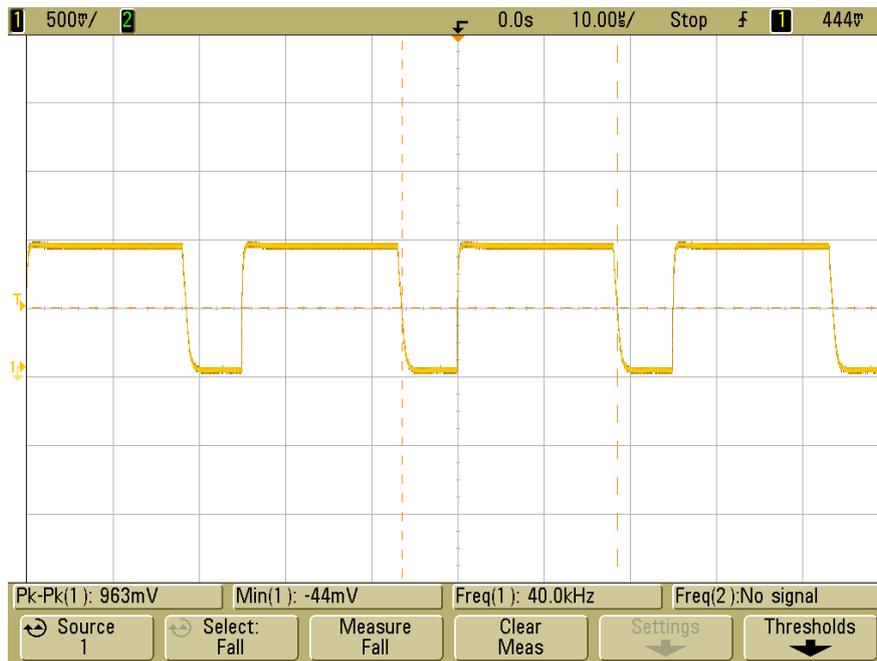


**Figura 5.5 Frecuencia y voltaje de la señal emitida por el transmisor**

Es una señal a 41.7 kHz como se aprecia en la figura, el receptor al estar cerca de los 40kHz lo acepta sin problema ya que tiene un rango de operación de  $\pm 5\%$ . Esta imagen fue tomada después de pasar por el transistor, ya que a la salida del Circuito temporizador sin pasar por el transistor el voltaje es menor. Se puede apreciar también la medición en las figuras 5.6 y 5.7 cuando sale la señal directamente del temporizador.

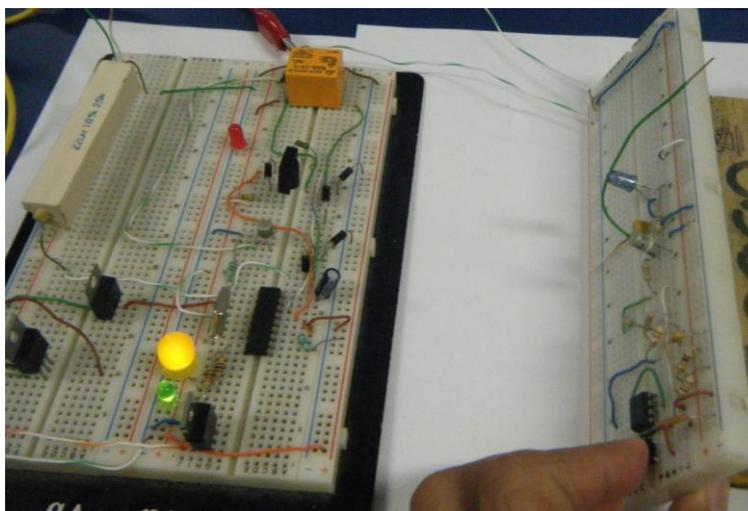


**Figura 5.6 Conexión del osciloscopio para medir la frecuencia**



**Figura 5.7 Frecuencia obtenida directamente del temporizador**

Ahora que ya se verificó que funcione correctamente el transmisor infrarrojo, se prueba directamente con el circuito receptor de la alarma. Se conecta la alarma a una fuente de 12V, y se manda un pulso con el infrarrojo, en este momento la alarma debe detectar el pulso y encender. Observar la figura 5.8. Durante las pruebas realizadas se logró transmitir a más de 4 metros de distancia entre el transmisor y la alarma.



**Figura 5.8 Prueba de encendido de la alarma**

Se puede comprobar al notar los LED's indicadores encendidos que la alarma opera satisfactoriamente. Se observa el LED indicador rojo encendido cuando la alarma está encendida en la figura 5.9.

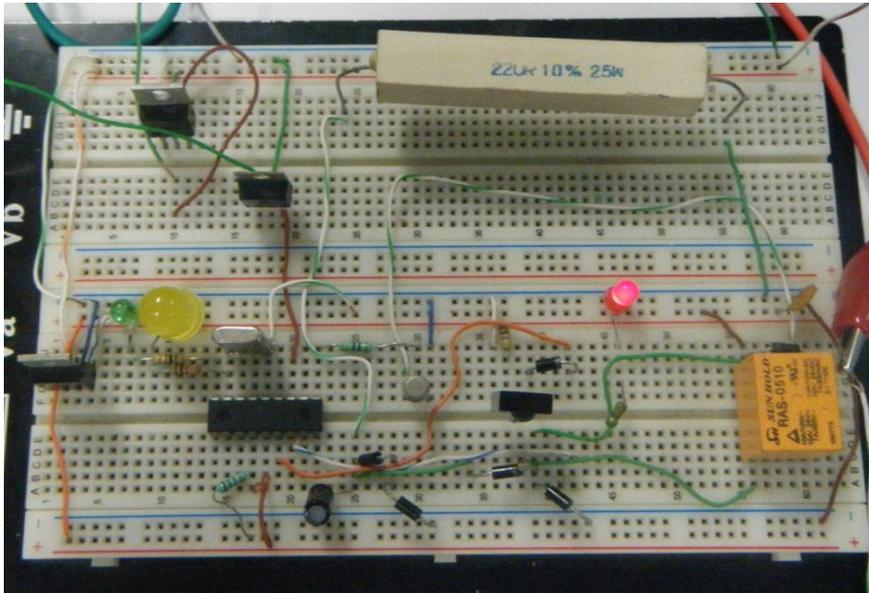


Figura 5.9 Alarma encendida

Ahora se prueba lo inverso, mandar otro pulso desde el emisor infrarrojo y verificar el apagado. Observar figura 5.10

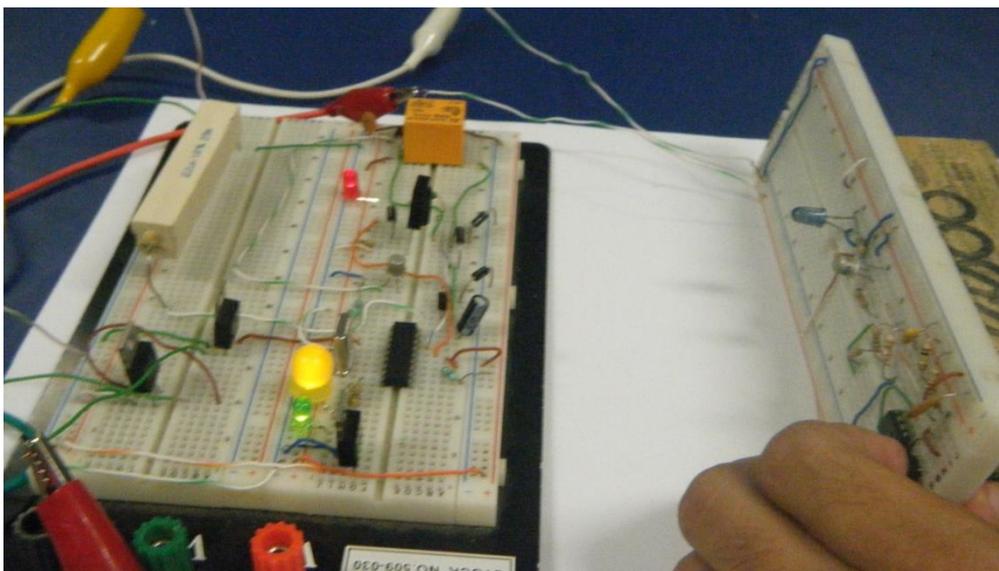


Figura 5.10 Prueba de apagado

De igual forma ha funcionado, se observó el parpadeo de los LED's indicadores, símbolo de que la alarma entra en el proceso de apagado.

La primera fase de pruebas fue satisfactoria, a continuación se realizan más pruebas de otra índole.

## 5.2 pruebas del funcionamiento del sensado y transmisión de la señal DTMF.

En esta fase se realizaron pruebas del funcionamiento del sensor con la alarma, y también se verificó la transmisión DTMF al momento en que el sensor envía la señal al PIC.

Se conecta el sensor a la alarma, se enciende la alarma y probamos activando el sensor. La respuesta de la alarma debe ser la de detectar enseguida la información enviada por el sensor y proceder al proceso de descolgado de la línea y transmitir la señal DTMF. Observar la figura 5.11

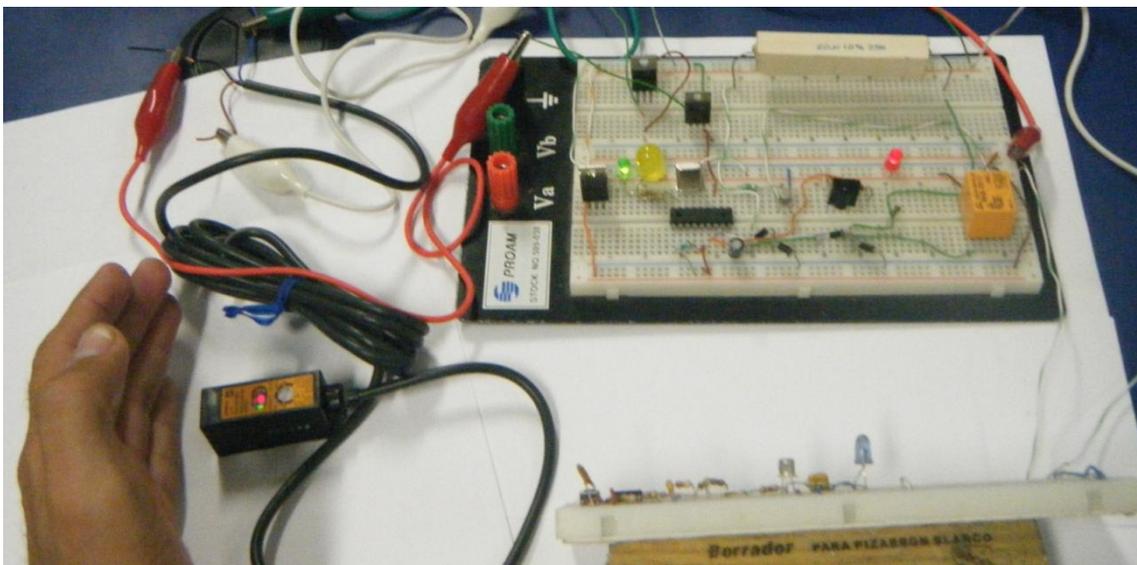
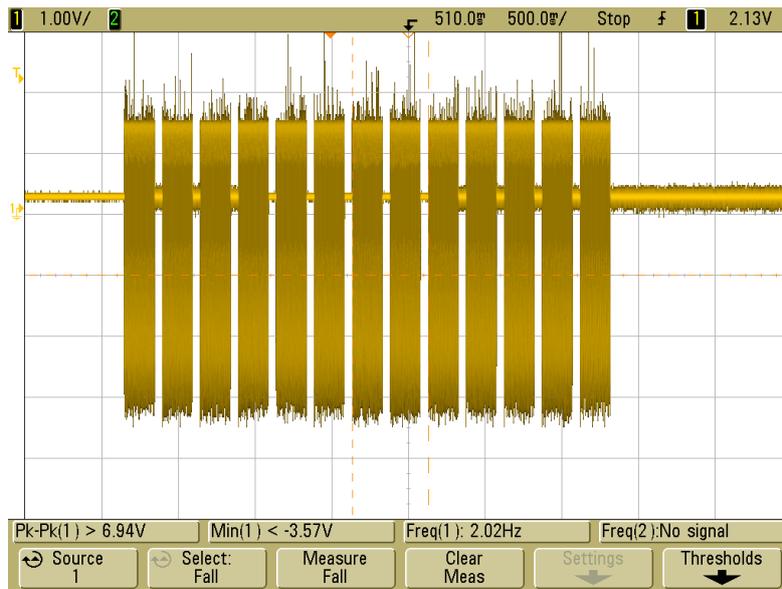


Figura 5.11 Prueba del sensor

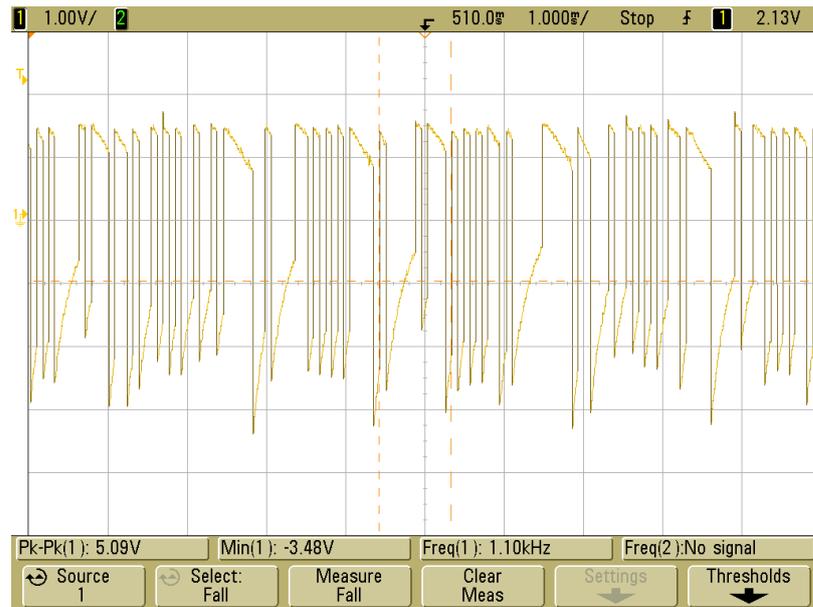
La alarma recibe la información del sensor y envía la señal DTMF, esto se puede saber ya que el LED indicador verde esta encendido, recordar que este LED se activa al momento de enviar la señal DTMF.

Para comprobar que el envío es correcto se utiliza el osciloscopio. Preparamos el osciloscopio y se puede observar que efectivamente la alarma envía la señal DTMF y se puede observar en la figura 5.12



**Figura 5.12 Frecuencia DTMF enviada**

La imagen muestra el número enviado con las respectivas frecuencias. En la figura hay 13 ráfagas que corresponden al número 0449831145546 asignado a un equipo celular, entonces cada ráfaga corresponde a un dígito individual.



**Figura 5.13 Frecuencia DTMF con mayor detalle**

Se realiza un zoom en la imagen para observar más a detalle la señal, como en la figura 5.13.

Estas figuras fueron obtenidas después de pasar por el capacitor, que es el filtro, pero también se puede capturar la señal cuando sale directamente del PIC y hacer una comparativa. Observarlas figuras 5.14 y 5.15

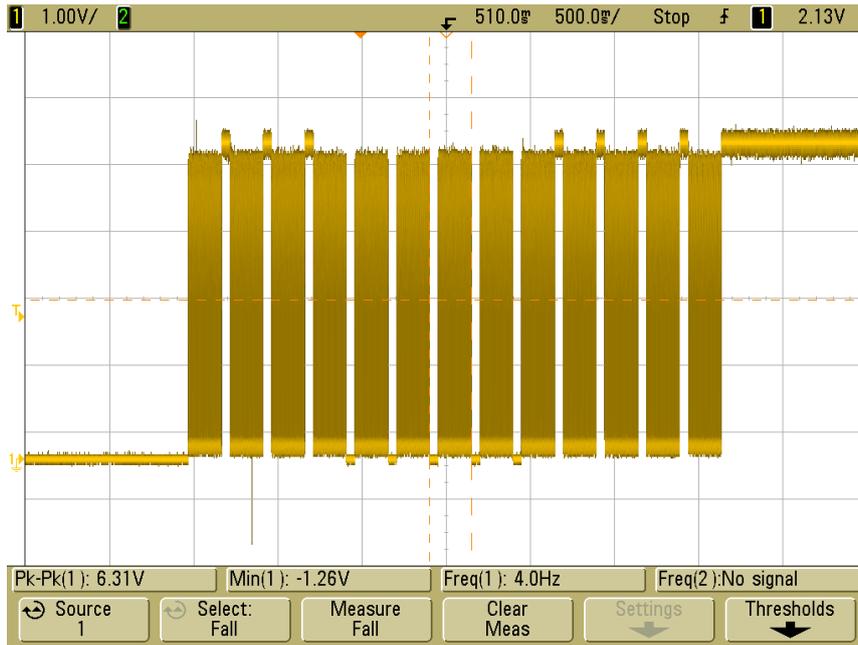


Figura 5.14 Frecuencia DTMF obtenida directamente a la salida del PIC

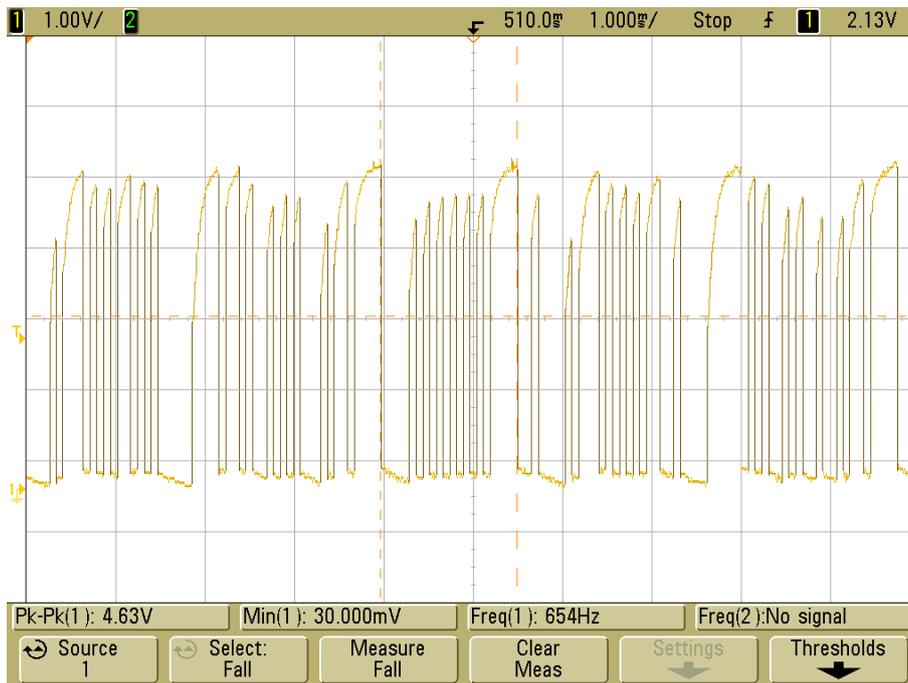
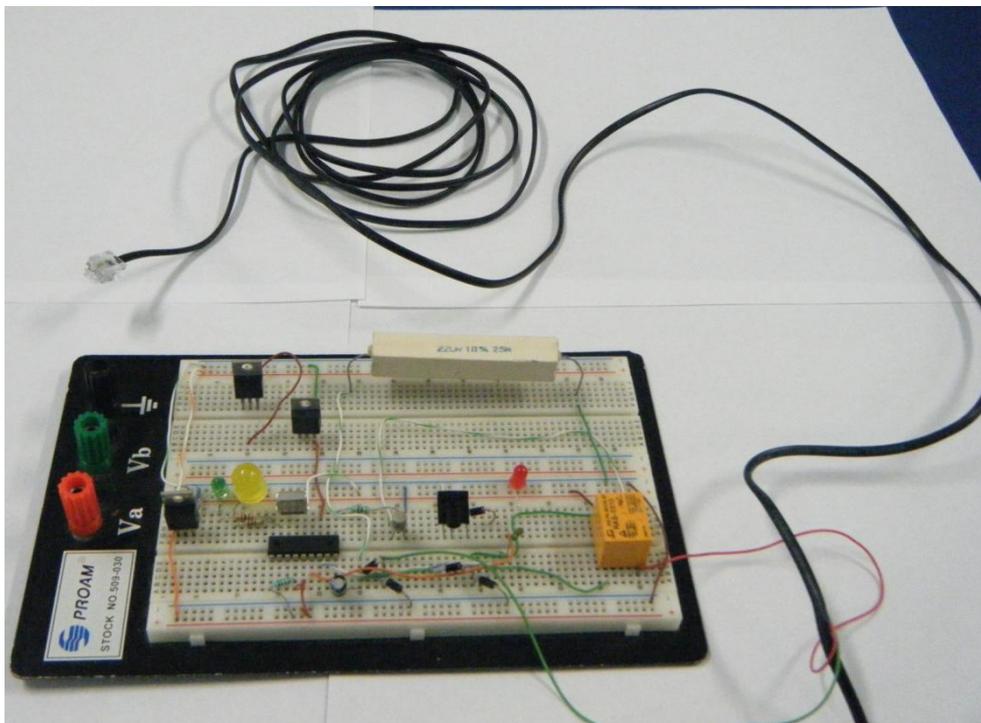


Figura 5.15 Frecuencia obtenida directo del PIC con detalle

La señal que se obtiene directamente del pin del PIC es más ruidosa, y como resultado no existe la confiabilidad de que la señal pueda ser interpretada correctamente por el filtro del proveedor del servicio telefónico. Por eso es importante el capacitor, ya que el capacitor elimina el ruido, la señal es confiable y las frecuencias podrán ser interpretadas correctamente por el proveedor de servicios telefónicos. Ahora se conecta la línea telefónica al circuito, se puede observar en la figura 5.16



**Figura 5.16 Alarma conectada con cable telefónico**

Al descolgar la línea telefónica por el relevador, el voltaje pasa de 48 V a 6.5 V aproximadamente, voltaje suficiente para enviar la señal DTMF.

En esta fase las pruebas han sido satisfactorias y la señal se ha enviado correctamente a través de la línea telefónica y ha llegado al celular.

## CONCLUSIONES

A continuación se enlistan las conclusiones más importantes del proyecto realizado. Las conclusiones se obtuvieron a través de la experiencia adquirida durante el desarrollo del software, hardware, y sobre todo de las pruebas de los dispositivos diseñados y construidos.

El empleo de los microcontroladores en la domótica es un hecho en la actualidad. Existe una gran variedad de aplicaciones de los “micros” en esta área. Una aplicación común son los sistemas de alarma, donde el empleo permite reducir el costo y permitir a un mayor espectro de la población poder adquirir sistemas de alarma.

Después de la realización de este trabajo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Es factible construir un sistema de alarma que funcione a través de la vía telefónica, enviando señales DTMF desde un microcontrolador.
- La señal DTMF obtenida directamente del PIC es ruidosa por “naturaleza”, por lo que es necesario agregar filtros como es el capacitor utilizado para mejorar la calidad de la señal, de lo contrario se da el caso que el proveedor de servicios telefónicos no reconozca la señal DTMF satisfactoriamente.
- El sistema de alarma funciona perfectamente si se utiliza sobre línea telefónica de TELMEX (esto en el país de México), pero no sucede así en otra compañía de telefonía como CABLEMAS (en el estado de Quintana Roo). Esto sucede porque la alarma está diseñada para operar en telefonía analógica, y CABLEMAS utiliza telefonía digital.
- La transmisión infrarroja se realizó con un temporizador LM555 a 40 KHz, aunque también existen otros dispositivos que te permiten generar esa frecuencia, no tiene que ser necesariamente un temporizador. La fórmula utilizada teóricamente da 40kHz, pero en la práctica este valor variaba dependiendo del voltaje de entrada utilizado, por lo que se tuvo que ajustar el valor de las resistencias para obtener un valor muy cercano a 40kHz con 5 V de entrada. El valor final es de 41.7kHz

aproximadamente. El receptor tiene un rango de aceptación por lo que no hubo problema.

- Se pueden implementar muchos tipos de sensores diferentes al PIC, de tal forma que se pueden controlar distintas variables como temperatura, iluminación, humedad, entre muchas otras y así informar cuando se cumplan ciertas condiciones.
- Los componentes del sistema de alarma no necesariamente tienen que ser iguales a los implementados en este proyecto, se pueden obtener otros componentes similares que tengan las mismas funciones y que sean más económicos.
- El precio relativo de la alarma ronda los \$300. Esto incluye los componentes utilizados y la mano de obra, ya la instalación se cargaría aparte. Esto significa un precio accesible, un sistema altamente confiable, cómodo y se puede adaptar a las necesidades del cliente

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cristóbal Romero Morales, Francisco Vázquez Serrano, Carlos de Castro Lozano, (2007). *Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes* (Segunda edición). Madrid, España: RA-MA
- [2] Arroyo Cabrera Roberto, C. B. (2007). *Sistema de Control Vía Telefónica*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- [3] Angulo Usategui, J. M., & Angulo Martínez, I. (2003). *Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones primera parte* (Tercera edición ed.). Madrid: Mc-Graw Hill.
- [4] Angulo Usategui, J. M., Romero Yesa, S., & Angulo Martinez, I. (2006). *Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones segunda parte* (Segunda edición ed.). Madrid: Mc Graw Hill.
- [5] SISTEMAS, L. (2007). *LEAL SISTEMAS*. Recuperado el AGOSTO de 2010, de <http://www.lealsistemas.com.ar/index.php>
- [6] Driscoll, R. F. (1999). *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. México: PRENTICE HALL.

# ANEXOS

# ANEXO A

## CÓDIGO COMPLETO EN PICBASIC PRO

```
*****
' PUERTO A: 0 LED INDICADOR DE SENSADO, 1 LED INDICADOR DE MARCACION
' PUERTO B: 0 SENSADO DE ACTIVACION O DESACTIVACION DE ALARMA
' 1 LED INDICADOR DE ACTIVACION O DESACTIVACION DE ALARMA
' 4 PIN TRANSMISOR DE DTMF A LA LINEA TELEFONICA
' 5 PIN PARA DESCOLGAR LA LINEA TELEFONICA CON EL RELEVADOR
' 6 PIN DE SENSADO PARA REALIZAR LA LLAMADA
' <pines Libres> PUERTO A: 2,3,4 -- - -- PUERTO B: 2,3,7,8
*****

'INICIO

*****

include "modedefs.bas" '----Se agrega una Librería
x VAR BYTE '----Se declara a "x" como una variable de tipo byte
HIGH PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 1
PAUSE 3000 '----Se espera 3000 ms
LOW PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 0
LOW PORTB.1 '----Se cambia el estado del puerto B1 a 0
*****

'INICIA SUBPROCESO DE APAGADO

*****

APAGADO:

LOW PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 0
LOW PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 0
IF PORTB.0 = 1 THEN '----Si el puerto B.0 es igual a 1
GOTO APAGADO '----Se direcciona al subproceso "APAGADO"
```

```

ENDIF '----Se termina la decisión "IF"
IF PORTB.0 = 0 THEN '----AL haber un pulso se activa La alarma
PORTB.1 = 1 '----Se cambia el estado del puerto B1 a 1
PAUSE 500 '----Se espera medio segundo
GOTO ENCENDIDO '---- Se direcciona al subproceso ENCENDIDO
ENDIF

```

```

GOTO APAGADO

```

```

*****

```

```

'INICIA SUBPROCESO DE ENCENDIDO

```

```

*****

```

```

ENCENDIDO:

```

```

'----Se realiza el parpadeo con Los LED's indicadores

```

```

HIGH PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 1

```

```

HIGH PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 1

```

```

PAUSE 2000 '----Se espera 2 segundos

```

```

LOW PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 0

```

```

LOW PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 0

```

```

*****

```

```

'INICIA SUBPROCESO DE SENSADO

```

```

*****

```

```

SENSADO:

```

```

HIGH PORTA.0 '----Se cambia el estado del puerto A0 a 1

```

```

IF PORTB.6=0 THEN '----Si el sensor no detecta nada, entra a La condición

```

```

IF PORTB.0 = 0 THEN '----Si detecta un pulso del infrarrojo, inicia el proceso
para apagarse.

```

```

***Se realiza un parpadeo para indicar el cambio de estado***

```

```

HIGH PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 1

```

```

PAUSE 500 '----Se espera medio segundo

```

```

LOW PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 0

```

```

PAUSE 500 '----Se espera medio segundo
HIGH PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 1
PAUSE 500 '----Se espera medio segundo
LOW PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 0
PAUSE 1000 '----Se espera un segundo
PORTB.1 = 0 '----Se cambia el estado del puerto B1 a 0
GOTO APAGADO '----Se direcciona al subproceso APAGADO
ENDIF
ENDIF

IF PORTB.6=1 THEN '----Si se activa el sensor se activa el proceso de enviar
                    La señal DTMF

HIGH PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 1
PAUSE 500 '----Se espera medio segundo
HIGH PORTB.4 '----Activa el relevador
PAUSE 1500 '----Se espera 1500 ms
DTMFOUT PORTB.3,[0,4,4,9,8,3,1,1,4,5,5,4,6] '----Envía La señal DTMF
PAUSE 5000 '----Se espera 5 segundos
    FOR x = 1 TO 25'----Se inicia un ciclo de 1 a 25
        SOUND PORTB.0 '----Envía un sonido por La línea telefónica
    NEXT '----Se termina el ciclo
    PAUSE 4000 '----Se espera 4 segundos

LOW PORTA.1 '----Se cambia el estado del puerto A1 a 0
LOW PORTB.4 '----Se cambia el estado del puerto B4 a 0
LOW PORTB.3 '----Se cambia el estado del puerto B3 a 0
PAUSE 1000 '----Se espera 1 segundo
GOTO ENCENDIDO '----Se direcciona al subproceso ENCENDIDO
ENDIF
GOTO SENSADO '----Se direcciona al subproceso SENSADO
END

```

# ANEXO B

## DATASHEETS DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS



## IR383

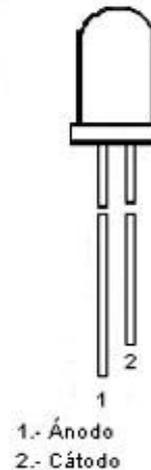


**Descripción:** Diodo emisor infrarrojo de 5 mm azul transparente.

**Modelo:** IR383

**Rangos Máximos (Ta = 25° C)**

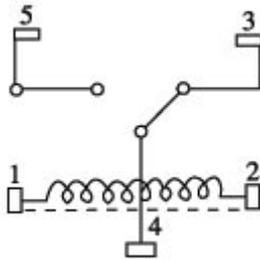
Parámetro	Símbolo	Valores	Unidad
Corriente continua en sentido directo	$I_F$	50	mA
Corriente pico en sentido directo (ancho de pulso= 100µS)	IFP	1.0	A
Tensión inversa	VR	5	V
Rango de temperatura de operación	Topr	-40 ~ +85	° C
Rango de temperatura almacenaje	Tstg	-40~ +85	°C
Temperatura de soldeo	Tsol	260	°C
Potencia de disipación a (o abajo) de 25°C	Pd	100	mW



### Características opto-electrónicas

Características	Símbolo	Condición de prueba	Mín.	Tipo	Máx.	Unidad
Voltaje en sentido directo	VF	IF=20mA	-	1.2	1.5	V
		IF=100mA	-	1.4	1.85	
Corriente de fuga inversa	IR	VR= 5V	-	-	10	µA
Longitud de onda espectral pico	λP	IF= 20mA	-	940	-	nm
Ancho de banda espectral	Δλ	IF= 20	-	45	-	nm
Angulo para alta intensidad	2θ	IF= 20mA	-	20	-	Grados (°)

## RAS - RELEVADOR COMPACTO DE 1P/2T



### CARACTERÍSTICAS

#### ORDER CODE

RAS-12-10-A

□: 1c  
A: 1a  
B: 1b  
M: Automobile Relay

10: 10A  
15: 15A  
20: 20A (M type)

COIL VOLTAGE

TYPE

03: DC 3V  
05: DC 5V  
06: DC 6V  
09: DC 9V  
12: DC 12V  
18: DC 18V  
24: DC 24V  
36: DC 36V  
48: DC 48V

- Seguridad aprobada UL, CUR y TUV
- Corriente alta disponible arriba de 15 A, y uno especial de 20 A para uso en automóviles.
- Tipo de sello epóxico y libre de flux.
- Satisface todos los requerimientos de uso en automóviles y aplicaciones eléctricas en casa.

### GRADO DE LA BOBINA

Voltaje Nominal (VDC)	Resistencia de la Bobina ( $\Omega$ ) (+/- 10%)	Consumo de Energía (W)	Corriente Nominal (mA) (+/- 10%)	Voltaje para el Accionamiento (VDC)	Voltaje de Ruptura (VDC)	Voltaje Máximo Permitido (VDC)
5 V	69 $\Omega$	0.36W	72mA	75% Max.	10% Min.	130%
6 V	100 $\Omega$		60mA			
9 V	225 $\Omega$		40mA			
12 V	400 $\Omega$		30mA			
24 V	1600 $\Omega$		15mA			

### FUNCIONAMIENTO

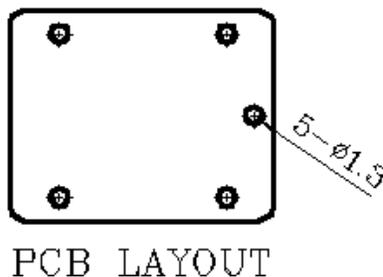
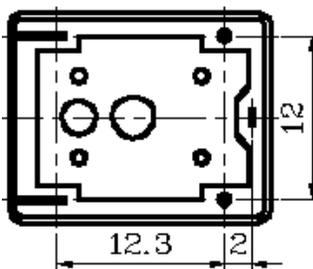
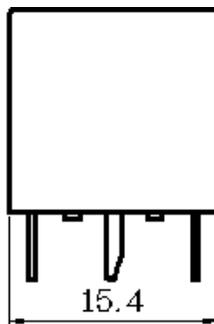
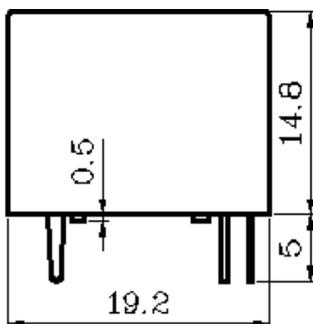
ITEM TIPO	10 A	15 A	20 A
Resistencia de Contacto	50m $\Omega$ Máx. (valor inicial)		
Tiempo de Operación	10mseg Máx.		
Tiempo de liberación	5mseg Máx.		
Fuerza del Dieléctrico Entre bobina y contacto Entre contacto	AC 1500V (1min)		
	AC 750V (1min)		
Resistencia de aislamiento	100M $\Omega$ Min. (DC 500V)		
Temperatura de Operación Ambiente	-30°C ~ +80°C		
Humedad	35% to 85% RH		
Resistencia de Vibración	10G (10~55Hz) (Amplitud dual:1.5mm)		
Resistencia de Choque	10G		
Expectativa de Vida Mecánicamente Eléctricamente	10,000,000 ops. min. (1800 ops./h)		
	100,000 ops. Min. (1200 ops./h)		
Peso	9.5g(aprox.)		

**GRADO DE CONTACTO**

ITEM TIPO	10 A	15 A	20 A
Promedio de Corriente Transmitida	AC 120V 10A AC 250V 7A DC 24V 10A	AC 120V 15A AC 250V 7A DC 24V 10A	AC 120V 10A AC 250V 7A DC 24V 10A
Corriente Máx. Permitida	15 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	15A
Voltaje Máx. Permitido	AD 240V DC 110V		
Corriente Máx.. (continua)	10 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
Material de Contacto	Aleación de plata		

**DIMENSIONES**

(UNIDAD: mm)



## 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

### High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

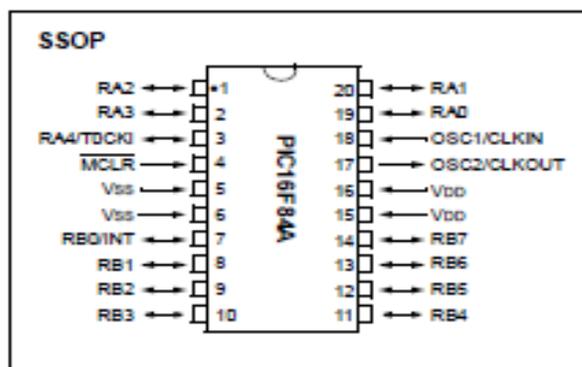
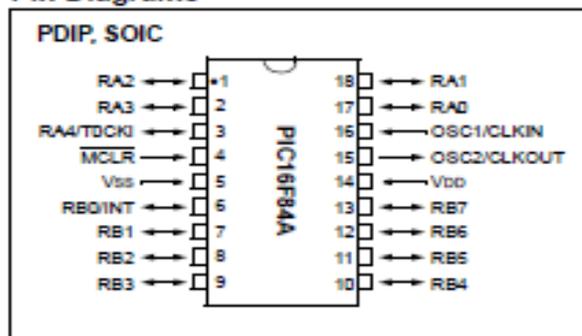
### Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

### Special Microcontroller Features:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

### Pin Diagrams



### CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 µA typical standby current @ 2V

# PIC16F84A

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the operation of the PIC16F84A device. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

The PIC16F84A belongs to the mid-range family of the PICmicro® microcontroller devices. A block diagram of the device is shown in Figure 1-1.

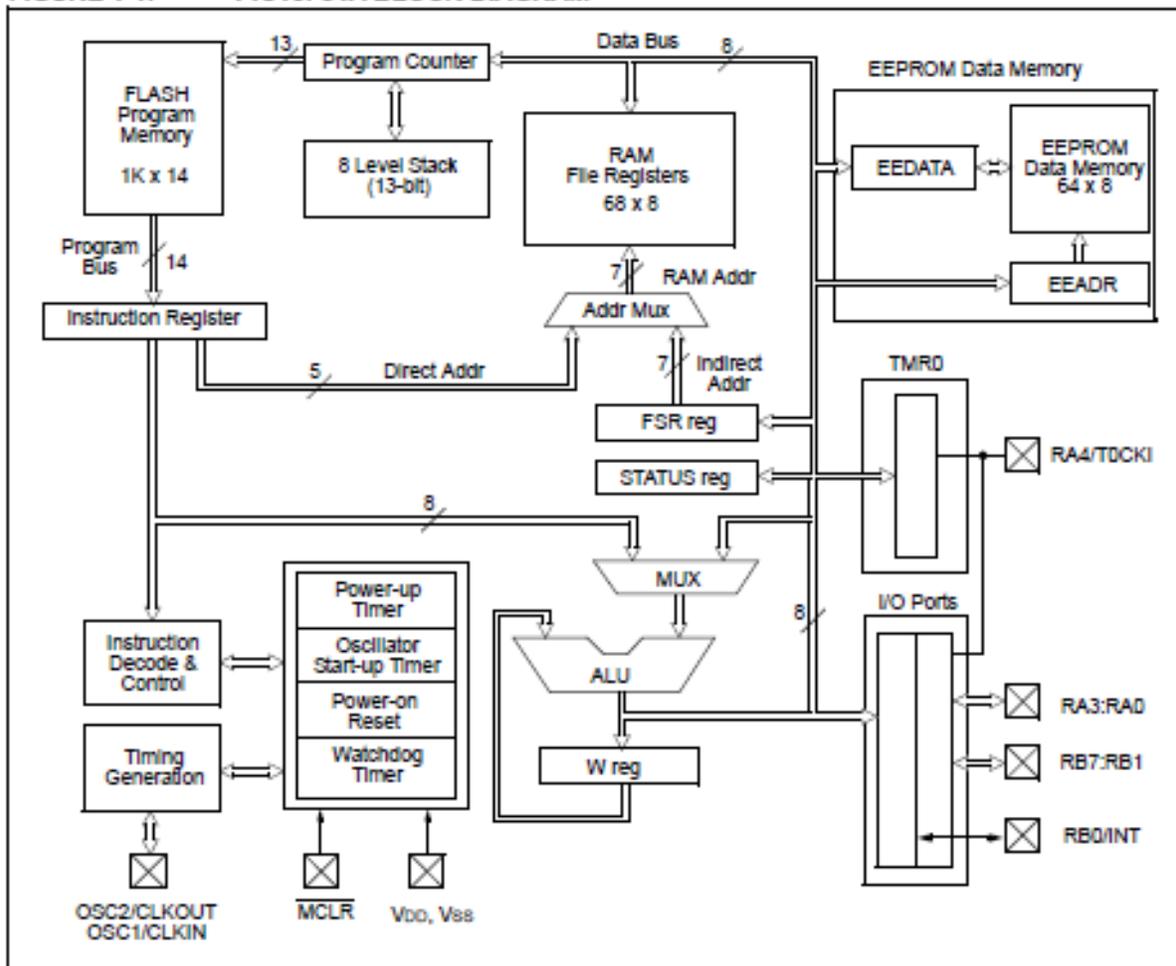
The program memory contains 1K words, which translates to 1024 instructions, since each 14-bit program memory word is the same width as each device instruction. The data memory (RAM) contains 68 bytes. Data EEPROM is 64 bytes.

There are also 13 I/O pins that are user-configured on a pin-to-pin basis. Some pins are multiplexed with other device functions. These functions include:

- External interrupt
- Change on PORTB interrupt
- Timer0 clock input

Table 1-1 details the pinout of the device with descriptions and details for each pin.

FIGURE 1-1: PIC16F84A BLOCK DIAGRAM



# PIC16F84A

TABLE 1-1: PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS <sup>(3)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0	17	17	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port.  Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
RA1	18	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	3	3	I/O	ST	
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin.  Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	
RB5	11	11	12	I/O	TTL	
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
V <sub>SS</sub>	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V <sub>DD</sub>	14	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input    O = Output    I/O = Input/Output    P = Power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

## Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

### DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

### FEATURES

- Turn-off time less than 2 $\mu$ s
- Max. operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C

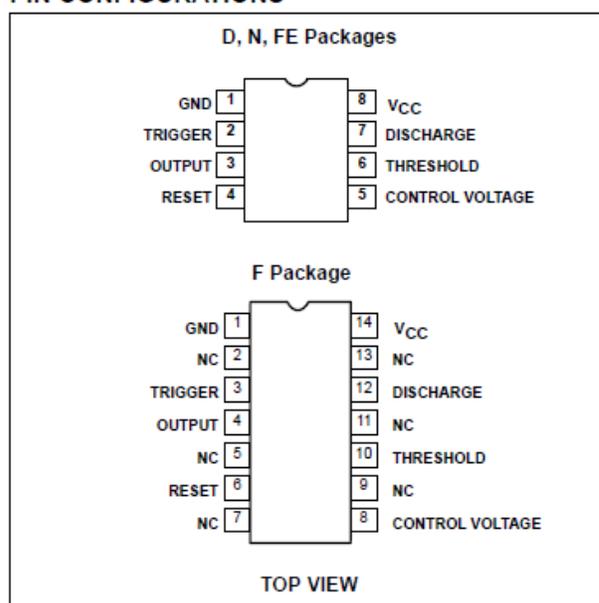
### APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

### ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA555D	0174C
8-Pin Hermetic Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CFE	
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555CN	0404B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555N	0405B
8-Pin Hermetic Cerdip	-55°C to +125°C	SE555FE	
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	NE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CF	0581B

### PIN CONFIGURATIONS



## Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply voltage		
	SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+16	V
P <sub>D</sub>	Maximum allowable power dissipation <sup>1</sup>	600	mW
T <sub>A</sub>	Operating ambient temperature range		
	NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
T <sub>STG</sub>	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T <sub>SOLD</sub>	Lead soldering temperature (10sec max)	+300	°C

## NOTES:

- The junction temperature must be kept below 125°C for the D package and below 150°C for the FE, N and F packages. At ambient temperatures above 25°C, where this limit would be derated by the following factors:

D package 160°C/W  
 FE package 150°C/W  
 N package 100°C/W  
 F package 105°C/W

## Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

## DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_{CC}$	Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
$I_{CC}$	Supply current (low state) <sup>1</sup>	$V_{CC}=5\text{V}$ , $R_L=\infty$ $V_{CC}=15\text{V}$ , $R_L=\infty$		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
$t_M$ $\Delta t_M/\Delta T$ $\Delta t_M/\Delta V_S$	Timing error (monostable) Initial accuracy <sup>2</sup> Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A=2\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 50 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
$t_A$ $\Delta t_A/\Delta T$ $\Delta t_A/\Delta V_S$	Timing error (astable) Initial accuracy <sup>2</sup> Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A, R_B=1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$ $V_{CC}=15\text{V}$		4 0.15	6 500 0.6		5 0.3	13 500 1	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
$V_C$	Control voltage level	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
$V_{TH}$	Threshold voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
$I_{TH}$	Threshold current <sup>3</sup>			0.1	0.25		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
$V_{TRIG}$	Trigger voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	4.8 1.45	5.0 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
$I_{TRIG}$	Trigger current	$V_{TRIG}=0\text{V}$		0.5	0.9		0.5	2.0	$\mu\text{A}$
$V_{RESET}$	Reset voltage <sup>4</sup>	$V_{CC}=15\text{V}$ , $V_{TH}=10.5\text{V}$	0.3		1.0	0.3		1.0	V
$I_{RESET}$	Reset current	$V_{RESET}=0.4\text{V}$		0.1	0.4		0.1	0.4	mA
	Reset current	$V_{RESET}=0\text{V}$		0.4	1.0		0.4	1.5	mA
$V_{OL}$	Output voltage (low)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{SINK}=10\text{mA}$ $I_{SINK}=50\text{mA}$ $I_{SINK}=100\text{mA}$ $I_{SINK}=200\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{SINK}=8\text{mA}$ $I_{SINK}=5\text{mA}$		0.1 0.4 2.0 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2.0 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
$V_{OH}$	Output voltage (high)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{SOURCE}=200\text{mA}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$	13.0 3.0	12.5 13.3 3.3		12.75 2.75	12.5 13.3 3.3		V V V
$t_{OFF}$	Turn-off time <sup>5</sup>	$V_{RESET}=V_{CC}$		0.5	2.0		0.5	2.0	$\mu\text{s}$
$t_R$	Rise time of output			100	200		100	300	ns
$t_F$	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

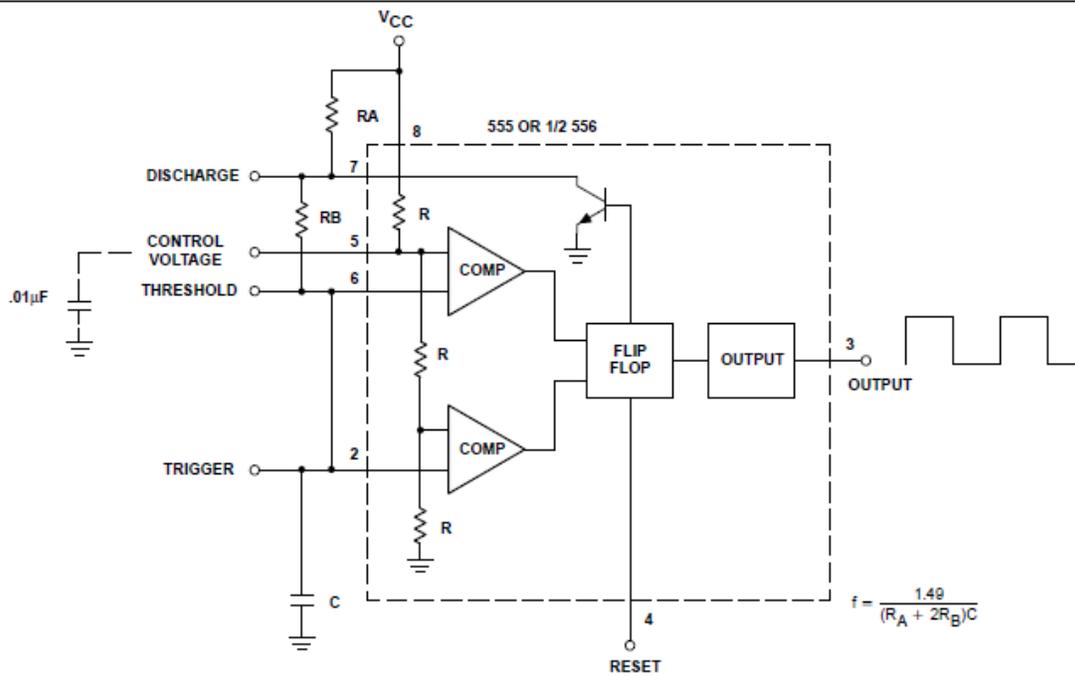
## NOTES:

- Supply current when output high typically 1mA less.
- Tested at  $V_{CC}=5\text{V}$  and  $V_{CC}=15\text{V}$ .
- This will determine the max value of  $R_A+R_B$ , for 15V operation, the max total  $R=10\text{M}\Omega$ , and for 5V operation, the max. total  $R=3.4\text{M}\Omega$ .
- Specified with trigger input high.
- Time measured from a positive going input pulse from 0 to  $0.8 \times V_{CC}$  into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

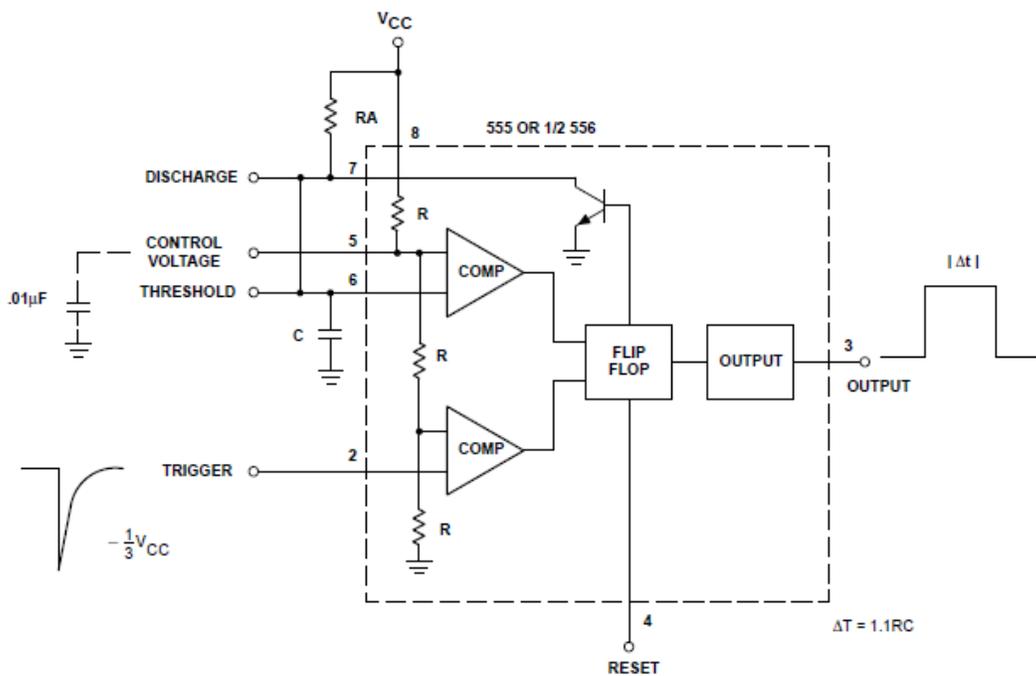
Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS



Astable Operation



Monostable Operation

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS

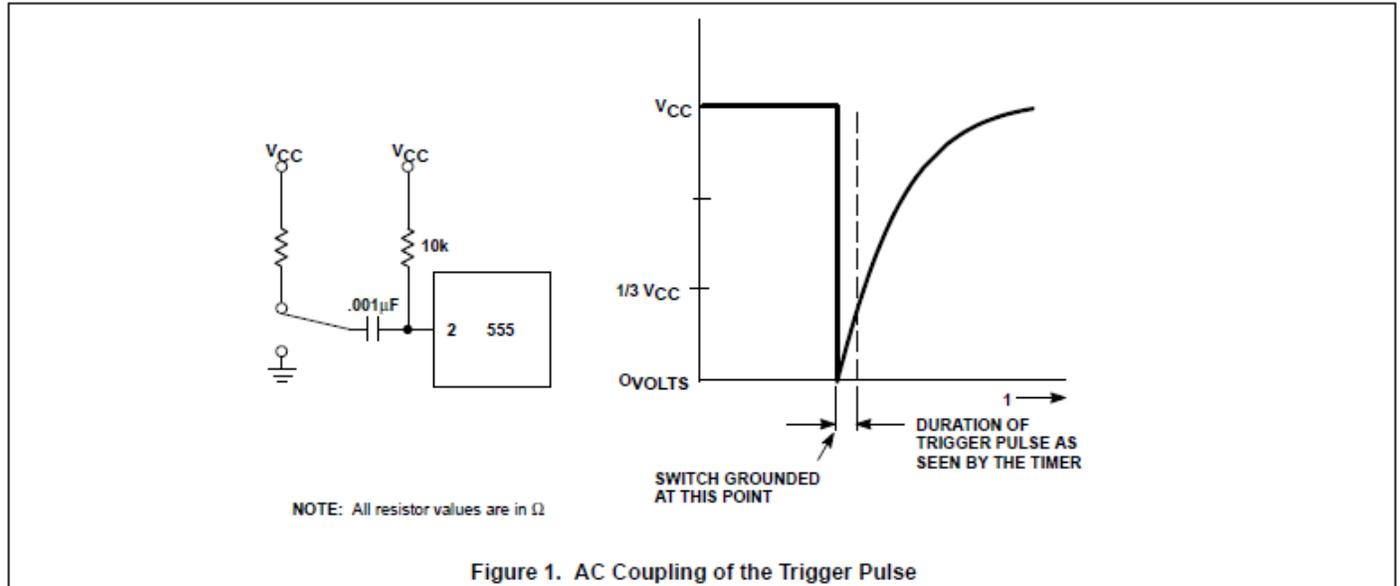


Figure 1. AC Coupling of the Trigger Pulse

Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 1, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q<sub>15</sub> on the base of Q<sub>16</sub>, controlling the state of the bi-stable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

Another consideration is the "turn-off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches 2/3 V<sub>CC</sub> to turn the output low. To explain further, Q<sub>1</sub> at the threshold input turns on after reaching 2/3 V<sub>CC</sub>, which then turns on Q<sub>5</sub>, which turns on Q<sub>6</sub>. Current from Q<sub>6</sub> turns on Q<sub>16</sub> which turns Q<sub>17</sub> off. This allows current from Q<sub>19</sub> to turn on Q<sub>20</sub> and Q<sub>24</sub> to given an output low. These steps cause the 2µs max. delay as stated in the data sheet.

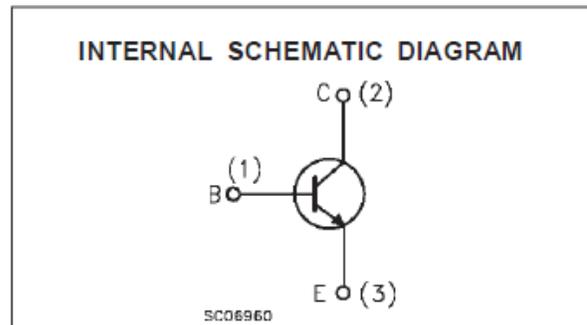
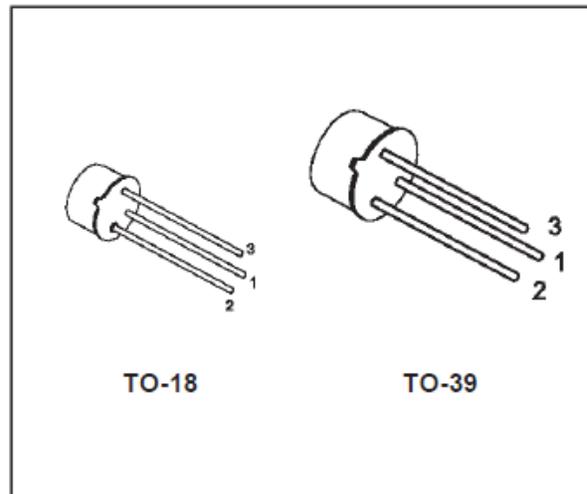
Also, a delay comparable to the turn-off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q<sub>10</sub> is on and turns on Q<sub>11</sub> which turns on Q<sub>15</sub>. Q<sub>15</sub> turns off Q<sub>16</sub> and allows Q<sub>17</sub> to turn on. This turns off current to Q<sub>20</sub> and Q<sub>24</sub>, which results in output high. When the trigger is released, Q<sub>10</sub> and Q<sub>11</sub> shut off, Q<sub>15</sub> turns off, Q<sub>16</sub> turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.

## HIGH SPEED SWITCHES

### DESCRIPTION

The 2N2219A and 2N2222A are silicon planar epitaxial NPN transistors in Jedec TO-39 (for 2N2219A) and in Jedec TO-18 (for 2N2222A) metal case. They are designed for high speed switching application at collector current up to 500mA, and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltage.

☰ 2N2219A approved to CECC 50002-100,  
 2N2222A approved to CECC 50002-101  
 available on request.



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	75	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	40	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	6	V
$I_C$	Collector Current	0.8	A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$ for 2N2219A for 2N2222A at $T_{case} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$ for 2N2219A for 2N2222A	0.8	W
		0.5	W
		3	W
		1.8	W
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 200	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Max. Operating Junction Temperature	175	$^\circ\text{C}$

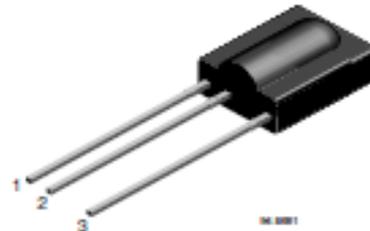
## IR Receiver Modules for Remote Control Systems

### Description

The TSOP12.. - series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.

The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP12.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.

This component has not been qualified according to automotive specifications.



### Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- Improved shielding against electrical field disturbance
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Low power consumption
- Lead (Pb)-free component
- Component in accordance to RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC



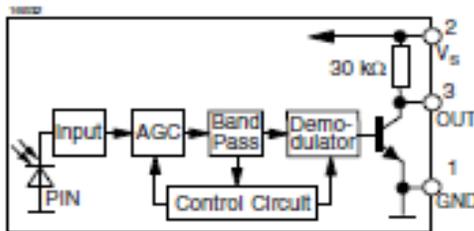
### Special Features

- Improved immunity against ambient light
- Suitable burst length  $\geq 10$  cycles/burst

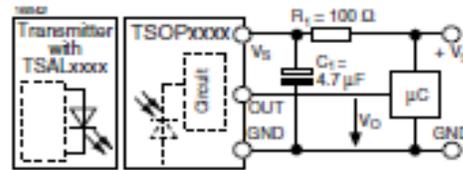
### Parts Table

Part	Carrier Frequency
TSOP1230	30 kHz
TSOP1233	33 kHz
TSOP1236	36 kHz
TSOP1237	36.7 kHz
TSOP1238	38 kHz
TSOP1240	40 kHz
TSOP1256	56 kHz

### Block Diagram



### Application Circuit



$R_1$  and  $C_1$  recommended to suppress power supply disturbances.

The output voltage should not be hold continuously at a voltage below  $V_O - 3.3$  V by the external circuit.



**Absolute Maximum Ratings**

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 2)	$V_S$	- 0.3 to + 6.0	V
Supply Current	(Pin 2)	$I_S$	5	mA
Output Voltage	(Pin 3)	$V_O$	- 0.3 to + 6.0	V
Output Current	(Pin 3)	$I_O$	5	mA
Junction Temperature		$T_J$	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		$T_{amb}$	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	( $T_{amb} \leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	$P_{tot}$	50	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10\text{ s}$ , > 1 mm from case	$T_{sd}$	260	$^{\circ}\text{C}$

**Electrical and Optical Characteristics**

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Supply Current (Pin 2)	$V_S = 5\text{ V}$ , $E_v = 0$	$I_{SD}$	0.8	1.2	1.5	mA
	$V_S = 5\text{ V}$ , $E_v = 40\text{ klx}$ , sunlight	$I_{SH}$		1.5		mA
Supply Voltage (Pin 2)		$V_S$	4.5		5.5	V
Transmission Distance	$E_v = 0$ , test signal see fig. 1, IR diode TSAL6200, $I_F = 400\text{ mA}$	$d$		35		m
Output Voltage Low (Pin 3)	$I_{OCL} = 0.5\text{ mA}$ , $E_o = 0.7\text{ mW/m}^2$ , $f = f_o$ , test signal see fig. 1	$V_{OCL}$			250	mV
Minimum Irradiance (30 - 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pl} - 5/f_o < t_{po} < t_{pl} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\text{ min}}$		0.35	0.5	$\text{mW/m}^2$
Minimum Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pl} - 5/f_o < t_{po} < t_{pl} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\text{ min}}$		0.4	0.6	$\text{mW/m}^2$
Maximum Irradiance	$t_{pl} - 5/f_o < t_{po} < t_{pl} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\text{ max}}$	30			$\text{W/m}^2$
Directivity	Angle of half transmission distance	$\theta_{1/2}$		$\pm 45$		deg



Typical Characteristics ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

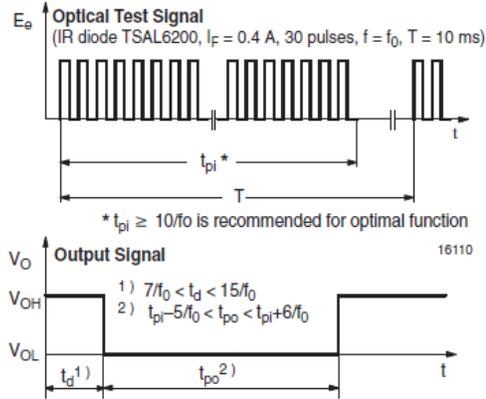


Figure 1. Output Function

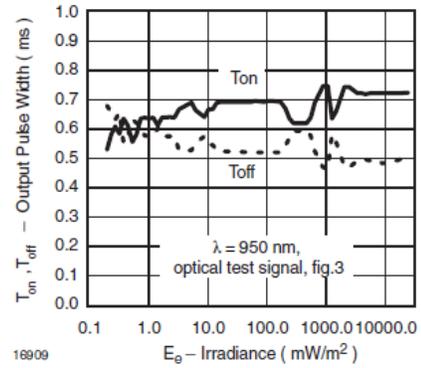


Figure 4. Output Pulse Diagram

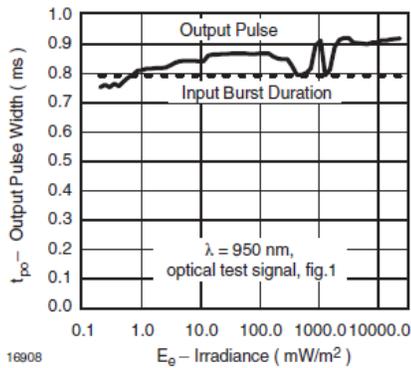


Figure 2. Pulse Length and Sensitivity in Dark Ambient

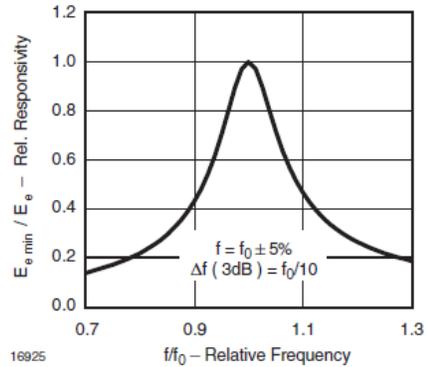


Figure 5. Frequency Dependence of Responsivity

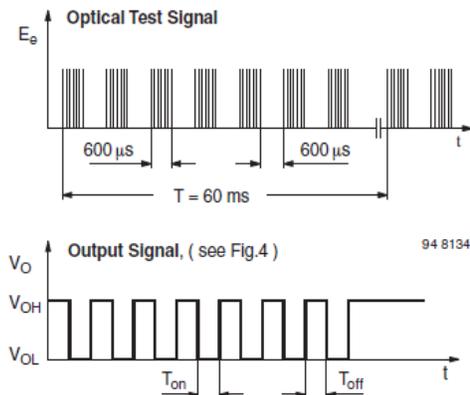


Figure 3. Output Function

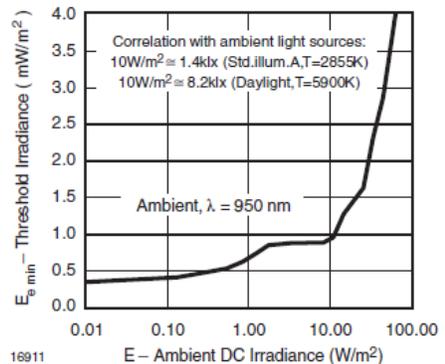


Figure 6. Sensitivity in Bright Ambient

# OMRON

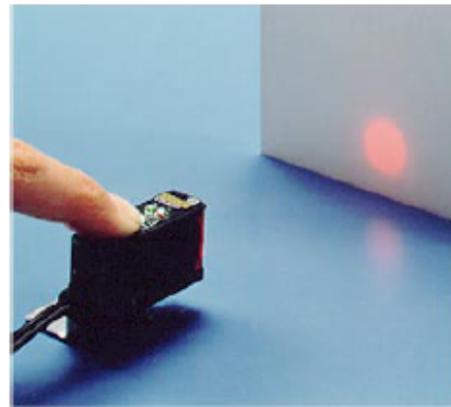
Sensing distance			Supply voltage	Output
			12 to 24 VDC	 80 mA
2, 5 m	2 m	10, 30 cm		

## Photoelectric Sensor

## E3S

### General-purpose Miniature Sensors

- Short response time: 3 ms.
- Easy adjustment of sensitivity and optical axis with STABILITY and LIGHT indicators.
- Wire-selectable operation mode.
- Mutual interference protective circuit eliminates cross talk (reflective sensor only).



### Ordering Information

Appearance	Sensing method	Sensing distance	Model	
			NPN output	PNP output
Horizontal 	Through-beam (separate)	2 m	E3S-2E4	E3S-2B4
		5 m	E3S-5E4 E3S-5E4S E3S-5E4S1	E3S-5B4 E3S-5B4S
	Retroreflective	2 m	E3S-R2E4	E3S-R2B4
	Diffuse reflective	10 cm	E3S-DS10E4	E3S-DS10B4
		30 cm	E3S-DS30E4 E3S-DS30E4S E3S-DS30E4S1	E3S-DS30B4 E3S-DS30B4S
Vertical 	Through-beam (separate)	2 m	E3S-2E41	E3S-2B41
		5 m	E3S-5E41	E3S-5B41
	Retroreflective	2 m	E3S-R2E41	E3S-R2B41
	Diffuse reflective	10 cm	E3S-DS10E41	E3S-DS10B41
		30 cm	E3S-DS30E41	E3S-DS30B41

## Specifications

### ■ Ratings/Characteristics

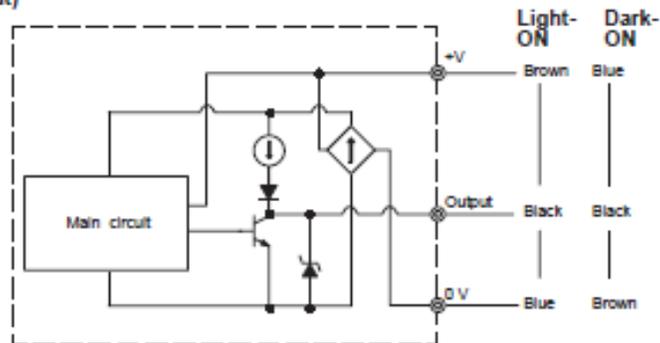
Item			E3S-2□□	E3S-5□□	E3S-R2□□	E3S-DS10□□
Power supply voltage			12 VDC -10% to 24 VDC +10%, ripple (p-p): 10% max.			
Current consumption			50 mA max.		40 mA max.	
Sensing distance			2 m	5 m	0.1 to 2 m (with E30-R1 reflector)	10 cm
Differential travel			---			20% max. of sensing distance
Standard objects			Opaque (7 mm)	Opaque (11 mm)	Opaque (30 mm)	5 x 5 cm white mat paper
Control output	DC solid-state	Load	Load current: Models with suffix -E4: 80 mA max. Models with suffix -B4: 100 mA max.			
		Voltage output	2 V max.			
Response time (ON, OFF)			3 ms max.		1 ms max.	
Operation mode			Wire-selectable			
Indicators			Light indicator (red), stability indicator (green)			
Enclosure rating	IEC 144		IP65	IP67	IP65	
	NEMA		1, 2, 12	1, 3, 4X, 6, 12	1, 2, 12	
Housing material			Plastic	Metal	Plastic	
Light source			Infrared LED			
Ambient temperature			Operating: -25 to 55 °C			

Item			E3S-DS30□□	E3S-5□4S(1)	E3S-DS30□4S(1)
Power supply voltage			12 VDC -10% to 24 VDC +10%, ripple (p-p): 10% max.		
Current consumption			40 mA max.	70 mA max.	
Sensing distance			30 cm	5 m	30 cm
Differential travel			20% max. of sensing distance	---	20% max. of sensing distance
Standard objects			10 x 10 cm white mat paper	Opaque (11 mm)	10 x 10 cm white mat paper
Control output	DC solid-state	Load	Load current: Models with suffix -E4: 80 mA max. Models with suffix -B4: 100 mA max.		
		Voltage output	2 V max.		
Response time (ON, OFF)			1 ms max.	3 ms max.	1 ms max.
Operation mode			Wire-selectable	Switch selectable	
Indicators			Light indicator (red), stability indicator (green)		
Enclosure rating	IEC 144		IP67		
	NEMA		1, 3, 4X, 6, 12		
Housing material			Metal		
Light source			Infrared LED		
Ambient temperature			Operating: -25 to 55 °C		

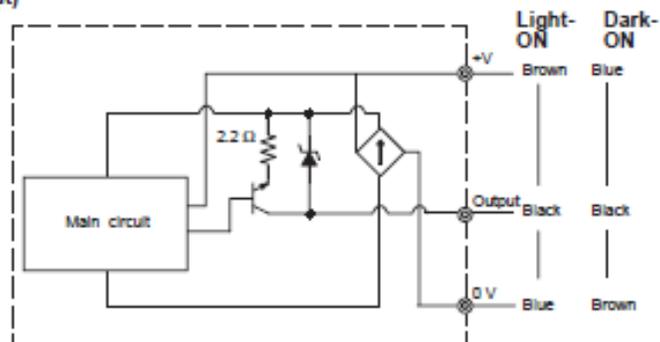
## Operation

### ■ Output Circuits

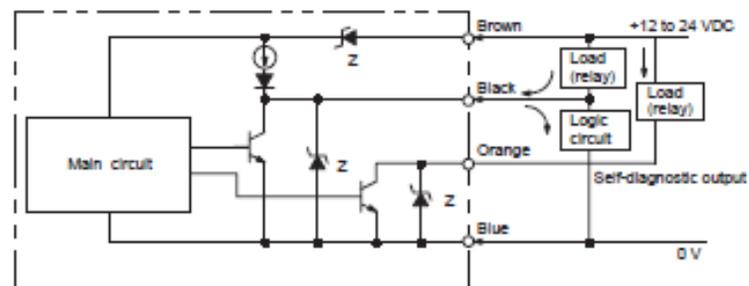
-E4 Type (NPN Output)



-B4 Type (PNP Output)



-E4S(1) Type

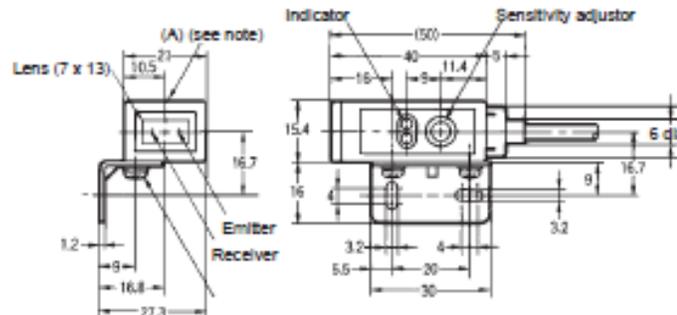
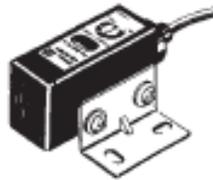


Z: Zener diode

\*The color of the code for the self-diagnostic output is orange for models whose model number suffix is S1.

**E3S-DS10E(B)4**

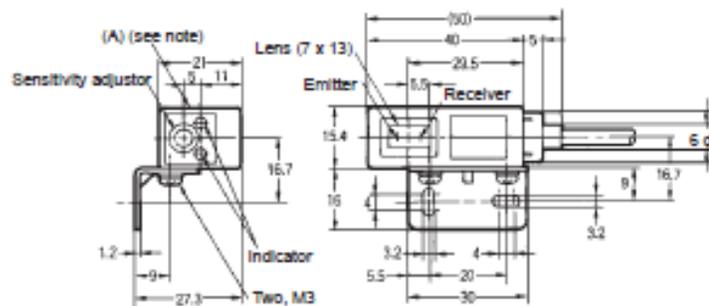
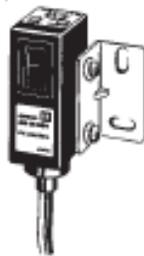
Cord: 4-mm dia., 18/0.12, 3-conductor  
 Standard length: 2 m  
 Weight: approx. 80 g



Note: A mounting bracket can be attached to side A.

**E3S-DS10E(B)41**

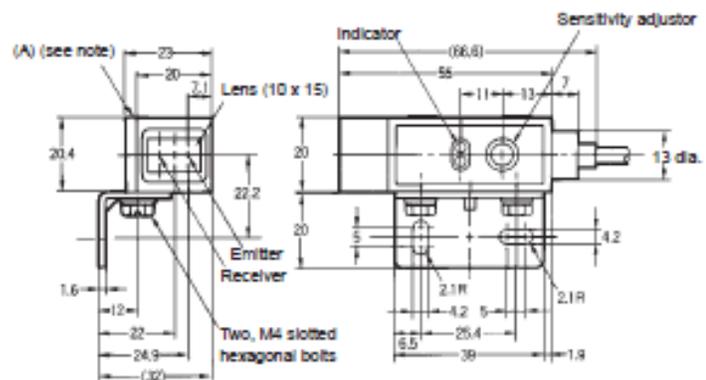
Cord: 4.5-mm dia., 18/0.12, 3-conductor  
 Standard length: 2 m  
 Weight: approx. 80 g



Note: A mounting bracket can be attached to side A.

**E3S-R2E(B)4**  
**E3S-DS30E(B)4**

Cord: 4-mm dia., 18/0.12, 3-conductor  
 Standard length: 2 m  
 Weight: approx. 165 g



Note: A mounting bracket can be attached to side A.