

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Comunicación infrarroja Control Remoto – PIC.

Autor: Bily Hernández López

Tutor: Ing. Arnaldo Moreno Montes de Oca

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Comunicación infrarroja Control Remoto – PIC.

Autor: Bily Hernández López

E-mail: bhernandez@uclv.edu.cu

Tutores: Ing. Arnaldo Moreno Montes de Oca

Profesor, Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones

Facultad de Ing. Eléctrica. UCLV.

E-mail: arnaldomm@uclv.edu.cu

MSc. Carlos Bazán Prieto

Profesor, Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones

Facultad de Ing. Eléctrica. UCLV.

E-mail: cabazan@uclv.edu.cu

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

“La imaginación es más importante que el conocimiento.

El conocimiento es limitado.

La imaginación circunda el mundo.”

Albert Einstein.

DEDICATORIA

A mi madre, por saber guiar mis pasos en el camino de la vida.

A mi padre por su apoyo y sabios consejos.

A toda mi familia y amigos que han estado presentes en todo tipo de momentos.

AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores que influyeron en mi formación, en especial a mis tutores Arnaldo Moreno y Carlos Bazán y a Mario González por su gran ayuda.

A Dayana por ser mi inspiración y representar tanto para mí.

A todos mis amigos en especial a Yaily, Yohanna y René que han deseado tanto como yo estos resultados.

A mi compañero de tesis Ernesto por su ayuda y colaboración.

A todos gracias.

TAREA TÉCNICA

Búsqueda y revisión de la bibliografía asociada a la comunicación por control remoto utilizando rayos infrarrojos (IR).

Estudiar el protocolo de comunicación así como la codificación del control remoto a utilizar.

Diseñar aplicaciones para recibir e interpretar los comandos transmitidos por un mando a distancia.

Confeción y presentación del informe.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Actualmente la mayoría de los equipos electrodomésticos disponen de un control remoto que permite manejar sus funciones. La comunicación se realiza empleando luz infrarroja.

En el presente trabajo se muestra un análisis de las características fundamentales de la comunicación infrarroja así como la descripción de los protocolos más difundidos, utilizados por los mandos a distancias comerciales. Se estudian los receptores (IR) profundizando en las características del receptor/demodulador HS0038A2. Se realiza un estudio de controles remotos comerciales de los fabricantes SONY, SANYO, y LG. Se describe el hardware y el software para la detección y la obtención de la información transmitidas por los mismos. Finalmente se describen varias aplicaciones prácticas, empleando microcontroladores PICs, donde se integra este tipo de comunicación estudiada, como base de la aplicación.

Palabras claves: protocolos de comunicación infrarroja, receptor infrarrojo.

TABLA DE CONTENIDOS

<i>PENSAMIENTO</i>	i
<i>DEDICATORIA</i>	ii
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. COMUNICACIÓN INFRARROJA.....	4
1.1 El mando a distancia.....	4
1.1.1 Funcionamiento.....	6
1.2 Protocolo de comunicación.....	9
1.2.1 Protocolo NEC.....	10
1.2.2 Protocolo NEC extendido.....	12
1.2.3 Protocolo ITT.....	13
1.2.4 Protocolo JVC.....	17
1.2.5 Protocolo Nokia NRC17 (<i>Nokia Remote Control 17bits</i>).....	18
1.2.6 Protocolo Sony SIRC (<i>Sony Infra-Red Control</i>).....	22
1.2.7 Protocolo Philips Rc-5.....	25
1.2.8 Protocolo X-Sat.....	28

1.3	Receptores de infrarrojo.	29
1.3.1	El receptor integrado HS0028A.	31
1.3.1.1	Circuito de aplicación.	33
1.3.1.2	Formato de Datos Aceptados.....	34
CAPÍTULO 2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EQUIPOS COMERCIALES.		36
2.1	Descripción del método para la obtención de códigos.	36
2.1.1	Descripcion del circuito.	36
2.2	Discusión del mando LG.	37
2.3	Discusión mando SONY.	38
2.4	Discusión mando SANYO.	39
2.5	Algoritmos de recepción de códigos.....	40
2.5.1	Programa principal.	40
2.5.2	Funcion de interrupcion mando LG.	41
2.5.3	Funcion de atencion a la interrupcion mando SANYO.	42
2.5.4	Funcion de atencion a la interrupcion mando SONY.	43
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE APLICACIONES.....		45
3.1	Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de <i>display</i> de 7 segmentos.	45
3.1.1	Esquema circuital.	46
3.1.2	Diagrama en bloques y descripción del software.....	47
3.2	Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de <i>display</i> LCD.....	48
3.2.1	Esquema circuital.	48
3.2.2	Diagrama en bloques y descripción del software.	49

3.3 Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de mensaje a través de <i>display</i> LCD.	51
3.3.1 Esquema circuital.	51
3.3.2 Diagrama en bloques y descripción del software.	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
Conclusiones	56
Recomendaciones.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS	59
Anexo I Simulación comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de <i>display</i> de 7 segmentos.	59
Anexo II Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de <i>display</i> 7 segmento.	60
Anexo III Simulación comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación a través de <i>display</i> LCD.....	60
Anexo IV Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de <i>display</i> LCD.	61
Anexo V Simulación de recepción de teclas para la escritura de textos.	61
Anexo VI Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de texto a través de <i>display</i> LCD.	62

INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores han resultado ser el invento más novedoso dentro del mundo de la electrónica debido a su versatilidad y posibilidad de integración. Actualmente no se concibe ninguna aplicación industrial importante sin la presencia de este dispositivo por lo que su acercamiento a nuestras vidas es cada vez mayor. Su expansión es evidente, sobre todo, la de los microcontroladores PIC (*Peripheral Interface Control*), por la gran versatilidad, precio, fácil uso, variedad y posibilidad de trabajo con periféricos de la que disponen.

Actualmente se fabrican sistemas electrónicos muy avanzados, donde es imposible prescindir de un microcontrolador, así como de herramientas de software que permitan la gestión y el control de los mismos. La tendencia de la electrónica moderna, desde la aparición de la computadora personal (PC), es a incluir en los nuevos dispositivos alguna vía de comunicación con esta. En función de esto se han desarrollado interfaces como la RS-232, RJ-45, PCI, VGA y USB, cada una de ellas con características diferentes.

Al mismo tiempo la comunicación remota se ha vuelto una parte indispensable en el desarrollo de los equipos electrónicos como un valor agregado que ha facilitado la operabilidad y el manejo de los mismos. Dentro de estas formas de comunicación remota la comunicación por medio de rayos infrarrojos (IR) ha ocupado un papel protagónico por su sencillez y fiabilidad, todo esto permitido por su integración con los microcontroladores.

Con este trabajo se pretende hacer un estudio de este tipo de comunicación y sentar las bases para el posterior uso de la misma, la cual no se está explotando actualmente en la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

De lo anteriormente expuesto surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuáles protocolos de comunicación IR son los más difundidos y cuál de ellos se utilizará en este trabajo?

¿Cómo realizar la recepción y almacenamiento de los comandos emitidos por el control remoto?

¿Cómo realizar la interpretación de los comandos para utilizarlos en aplicaciones de mayor complejidad?

Atendiendo a estas interrogantes planteadas se desarrolla el presente trabajo. Los objetivos fundamentales son:

Hacer un estudio teórico de los protocolos empleados en la comunicación infrarroja.

Implementar una aplicación basada en un microcontrolador capaz de recibir y almacenar los comandos enviados por un control remoto.

Implementar una aplicación de mayor complejidad basada en un microcontrolador la cuál interprete los comandos almacenados.

Organización del informe

El presente informe se ha estructurado en tres capítulos que abordan las temáticas siguientes:

Capítulo I:

Se dedicará a realizar un estudio acerca de la teoría relacionada a la comunicación IR. Así como el estudio de los protocolos más difundidos, utilizados para la implementación de aplicaciones basadas en la misma.

Capítulo II:

Se dedicará a describir como se manejaron los detalles del protocolo para lograr la comunicación. Además se describirán las características del hardware y del software confeccionado.

Capítulo III:

Se dedicará a describir aplicaciones desarrolladas con el fin de ilustrar la utilización de la comunicación IR así como a la discusión de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1. COMUNICACIÓN INFRARROJA.

En este capítulo se realiza un estudio del funcionamiento del mando a distancia. Se describen los protocolos de comunicación más difundidos, utilizados por fabricantes de controles remotos comerciales. Además se abordan las características más generales de los receptores de infrarrojo, describiendo el receptor/demodulador HS0038A2, su circuito de aplicación y formato de datos aceptados.

1.1 El mando a distancia.

Un mando a distancia o control remoto es un dispositivo electrónico usado para realizar una operación remota o telemando sobre una máquina. El término se emplea para referirse al dispositivo utilizado para comunicarse con el televisor u otro tipo de equipo electrónico doméstico, como DVD, Hi-Fi y computadoras o para otras funciones como encender y apagar un interruptor, la alarma o abrir la puerta del estacionamiento. Los mandos a distancia para esos dispositivos contienen una matriz de botones para ajustar los distintos valores, como por ejemplo, el canal de televisión, el número de canción y el volumen. En la mayoría de los dispositivos modernos, el mando contiene todas las funciones de control, mientras que el propio equipo sólo dispone de los controles más primarios.

La comunicación entre un mando a distancia y su receptor se produce mediante un haz de luz infrarroja (IR). Cuya frecuencia está en el intervalo $0.3\text{THz} < f < 428.5\text{THz}$.(WIKIPEDIA, 2010b)

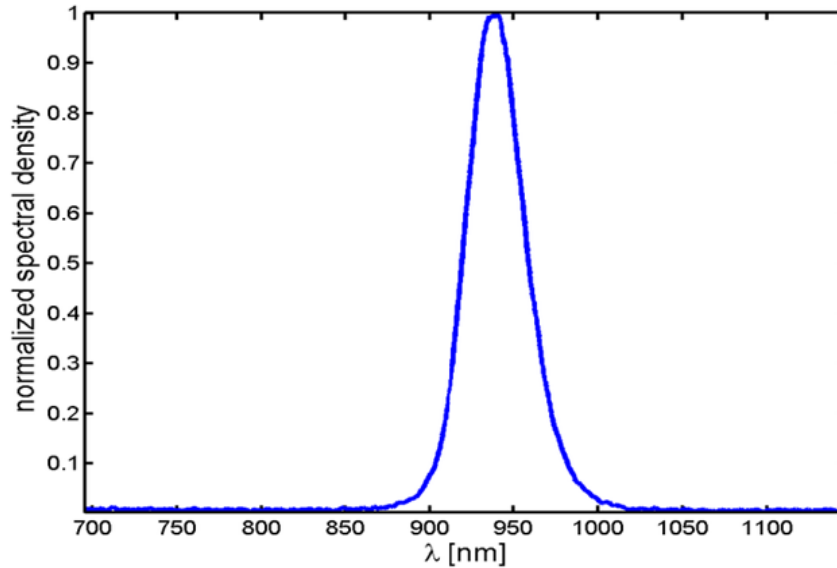


Figura 1.1. Espectro de emisión típico de un mando a distancia.

Esta, en el espectro se encuentra justo por debajo de la luz roja por lo que nuestros ojos no pueden verla pero sí que puede por ejemplo el CCD de una cámara digital. La naturaleza de la luz IR y de la luz visible es exactamente la misma, sólo cambia su frecuencia (WIKIPEDIA, 2010b).



Figura 1.2. Luz IR vista con el CCD de una cámara digital.

Para generar la emisión de dicha luz los mandos utilizan diodos de emisión infrarroja. Un mando a distancia de un sólo canal permite enviar una señal portadora, usada para accionar una determinada función. Para controles remotos multicanales, se necesitan procedimientos más sofisticados, uno de ellos consiste en modular la señal portadora con señales de

diferente frecuencia. Después de la demodulación de la señal recibida, se aplican los filtros de frecuencia apropiados para separar las señales respectivas. Hoy en día, se suelen usar métodos digitales. (Valcarce's, 2005)

Por lo general un mando a distancia está compuesto por:

- **Una carcasa.**
- **Una placa de circuito impreso**, donde se encuentran los componentes electrónicos.
- **Una fuente de alimentación**, generalmente dos baterías de 1,5 voltios.
- **Una botonera.** (Valcarce's, 2005)

1.1.1 Funcionamiento.

Cuando se presiona una tecla, el mando envía una secuencia de pulsos de luz IR que transportan un código de N bits que identifica la tecla pulsada. La secuencia de pulsos de luz se obtiene como muestra la figura 1.3. La señal $x(t)$ es la que genera en concreto el mando a distancia, en distintos mandos a distancia, dicha señal puede ser diferente.

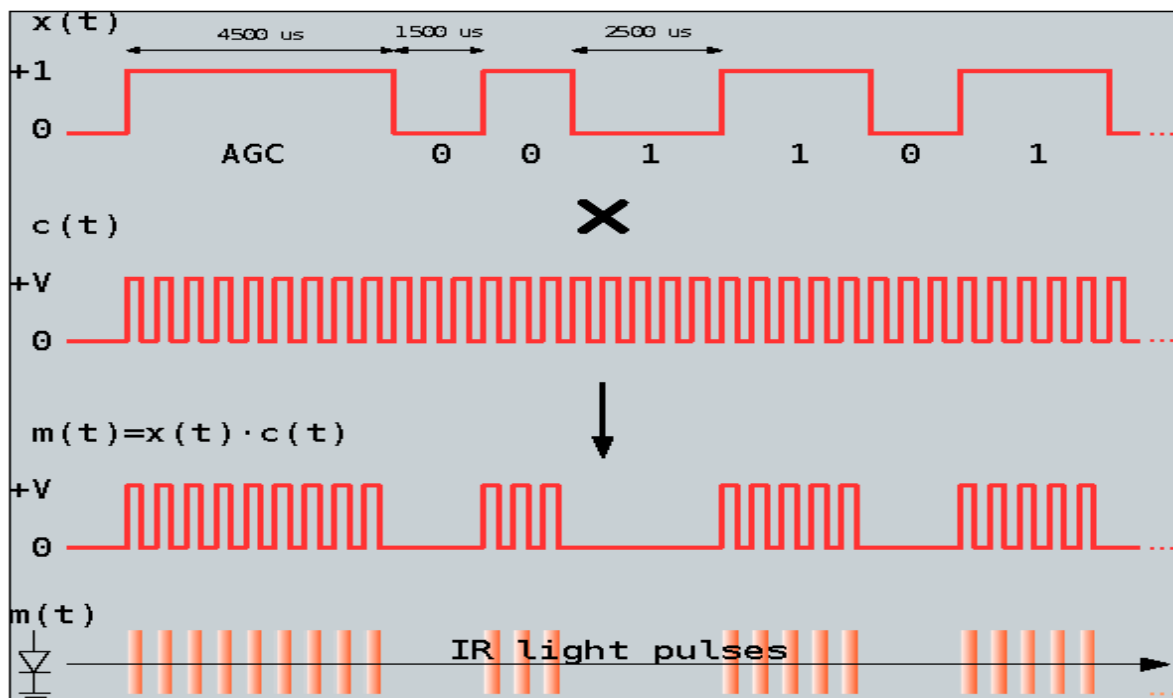


Figura 1.3. Señales generadas por el mando a distancia.

La figura 1.3 muestra las señales necesarias para construir la señal final $m(t)$ que es la que apaga/enciende el LED IR. Obviamente, hace falta un circuito electrónico que genere todas esas señales y operaciones.

Descripción de las señales de la figura 1.3:

$X(t)$

Señal (eléctrica) moduladora. Es una señal eléctrica digital en banda base. Los bits van codificados en la señal de acuerdo con un determinado tipo de modulación digital (también llamado código de línea)(Equigua, 2001, WIKIPEDIA, 2010a)

Eje: PWM, Manchester, Manchester Diferencial, etc.

$C(t)$

Portadora eléctrica, que para la descripción es cuadrada en lugar de sinusoidal (que sería lo habitual), de frecuencia típicamente $f_0 = 38\text{kHz}$ (otros valores pueden ser 30kHz, 36kHz, 40kHz, 56kHz e incluso 455kHz).

$M(t)$

Señal (eléctrica) modulada, es el producto de las dos anteriores, esta es la señal que excita al diodo luminiscente (LED) de infrarrojos (IR).

Luz IR

Portadora óptica generada por un diodo luminiscente de infrarrojos (LED IR), se trata de una onda electromagnética modulada en amplitud o todo o nada, lo que da lugar a una secuencia de pulsos/destellos de luz cuyo espectro está centrado en 319.15THz ($\lambda = 940\text{nm}$) como muestra la figura 1.

Como se puede ver, la señal digital en banda base $x(t)$ es subida en frecuencia dos veces:

1. Cuando multiplicamos $x(t)$ por la portadora eléctrica $c(t)$. Esto hace que el espectro de $x(t)$ se desplace a f_0 (a esta banda le vamos a llamar "RF")
2. Cuando modulamos la luz del LED IR para generar una ráfaga de pulsos de luz IR (señal óptica modulada). Esto hace que el espectro de $m(t)$ se desplace a frecuencias ópticas ($\lambda = 940\text{nm}$).

La primera subida del espectro se hace para combatir la radiación IR ambiental que capta el fotodiodo PIN del receptor que en este caso representa ruido sobre la señal $m(t)$. Este ruido lo genera de manera natural cualquier objeto a temperatura $T > 0$ y muy especialmente las lámparas fluorescentes. Este ruido tiene una densidad espectral de potencia mucho mayor en baja frecuencia (DC) que en frecuencias en torno a 38kHz. Así pues, para evitar toda esta potencia de ruido se transmite la señal $x(t)$ en una banda de frecuencia en torno a f_0 donde la potencia de ruido es menor, luego en el receptor se filtra y baja a banda base. La segunda subida del espectro es algo inevitable porque se usa un LED IR para transmitir.

Los términos "óptico" o "eléctrico" no hacen referencia solamente a la diferencia de frecuencias (KHz frente a THz) de las señales, sino también a su distinta naturaleza:

- La portadora eléctrica es una corriente eléctrica oscilante, es decir, una onda electromagnética que mueve los electrones del metal conductor y provoca así una corriente eléctrica.
- La portadora óptica, en cambio, es una onda electromagnética que se propaga en el espacio libre y que no implica movimiento de electrones. Es imposible que exista una corriente eléctrica que pueda oscilar a frecuencias ópticas (THz) porque las cargas eléctricas no pueden vibrar tan rápido (el electrón tiene masa m_e y por tanto inercia) (Valcarce's, 2005).

1.2 Protocolo de comunicación.

En el campo de las telecomunicaciones, un protocolo de comunicaciones es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

Los protocolos de comunicación para la comunicación digital tienen características destinadas a asegurar un intercambio de datos fiable a través de un canal de comunicación imperfecto. Los protocolos de comunicación siguen ciertas reglas para que el sistema funcione apropiadamente (WIKIPEDIA, 2010c).

Los protocolos de comunicación diseñados para los controles remotos especifican dos puntos fundamentales:

1. El código de línea (secuencia de pulsos y espacios) que puede utilizar cualquiera de las siguientes formas de modulación digital para formar la señal $x(t)$.
 - La duración del pulso.
 - La duración del espacio (entre dos pulsos consecutivos).
 - La duración del pulso o espacio.
 - La posición del pulso dentro de un periodo de bit.
 - Los flancos de la señal (modulación Manchester, Manchester diferencial, AMI, etc.).

2. La estructura de la trama, en la cual se especifican características como:
 - El número de bytes.
 - Orden transmisión de los bytes dentro de la trama.
 - Orden de transmisión de los bits dentro de un byte.
 - Bytes de dirección y datos.
 - AGC.
 - Tiempo de bit.

La mayoría de los protocolos de comunicación IR presentan tres partes fundamentales en la estructura de las tramas.

1. AGC: Se encuentra al principio de la trama, con una duración considerablemente mayor a los tiempos de bits. Su función es la de servir como patrón de ajuste al circuito de AGC del receptor.
2. Dirección: Es el campo que contiene el código utilizado para identificar el dispositivo en específico con el que se desea la comunicación. Se transmite a continuación del AGC.
3. Dirección: Es el campo que contiene el código perteneciente a una tecla en particular, el cual es utilizado para realizar una función en específico. Se transmite seguido a la dirección.

1.2.1 Protocolo NEC.

Características:

- Longitud de la dirección de 8 bits.
- Longitud del comando de 8 bits.
- La dirección y el comando se transmiten dos veces para mayor confiabilidad.
- Modulación de la distancia del pulso (figura 1.4).
- Frecuencia de portadora 38kHz.
- Tiempo de bit 1.125ms o 2.25ms.

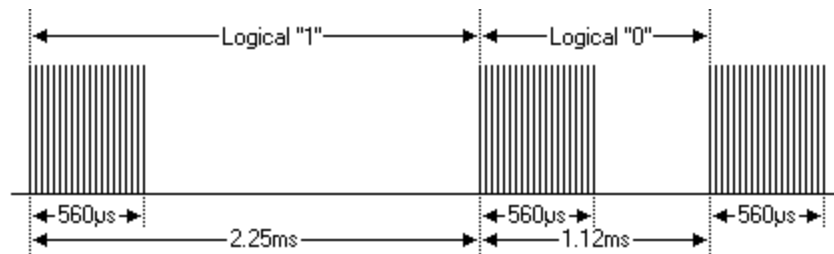


Figura 1.4. Modulación utilizada por el código de línea.

El protocolo NEC utiliza la codificación de la distancia del pulso para conformar los bits. Cada pulso es una ráfaga larga de portadora de 560µs, 38kHz (cerca de 21 ciclos). Un 1

lógico toma 2.25ms para ser transmitido, mientras que un 0 lógico es solamente la mitad de ese tiempo (1.125ms). El tiempo de utilización recomendado de la portadora es 1/4 o 1/3 del tiempo de bit.

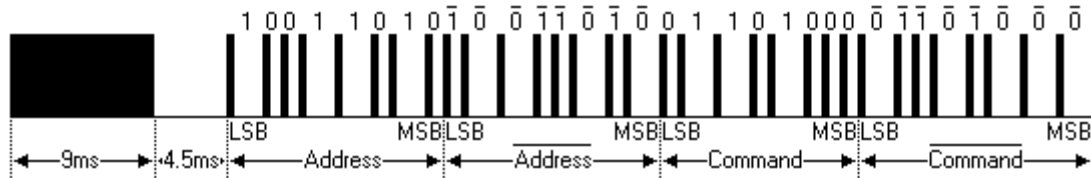


Figura 1.5. Estructura de la trama para el protocolo NEC.

La figura 1.5 muestra un tren de pulsos típico del protocolo NEC. Con este protocolo el LSB se transmite primero. En este caso se transmite la dirección \$59 y el comando \$16. Un mensaje es comenzado por una ráfaga de 9ms de AGC, que es utilizada para fijar la ganancia de los receptores IR. Esta ráfaga de AGC es seguida por un espacio de 4.5ms, que a su vez es seguido por la dirección y el comando. La dirección y el comando se transmiten dos veces. La segunda vez todos los bits se invierten y se pueden utilizar para la verificación del mensaje recibido. El tiempo total de la transmisión es constante porque cada bit se repite con su longitud invertida.

Un comando se transmite solamente una vez, incluso cuando la tecla en el mando a distancia sigue presionada. Cada 110ms el código de la repetición se transmite mientras siga estando oprimida la tecla, como se puede observar en la figura 1.6. Este código de la repetición es simplemente un pulso de 9ms de AGC seguido por un espacio de 2.25ms de duración y una ráfaga de 560µs de duración como muestra la figura 1.7 (Micropic, 2007).

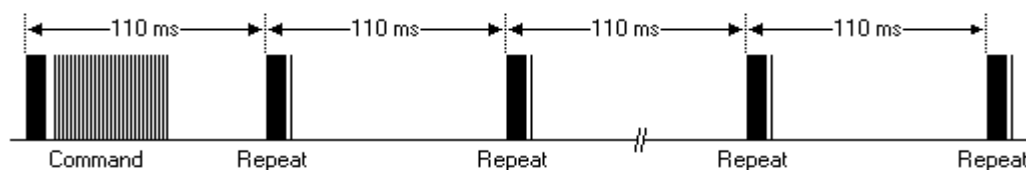


Figura 1.6. Secuencia de comandos para una tecla que no se libera.

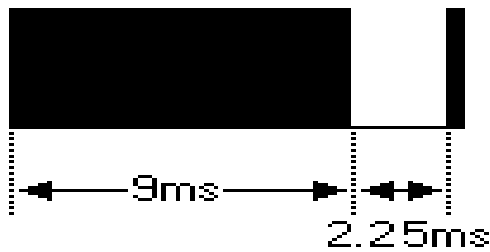


Figura 1.7. Estructura de la trama para una tecla que no se libera.

1.2.2 Protocolo NEC extendido.

Como muestra la figura 1.8, el protocolo NEC extendido sacrifica la redundancia de la dirección, ampliando la misma de 256 valores posibles a aproximadamente 65000 diversos valores. De esta manera la gama de dirección es extendida a partir de 8 bits a 16 bits sin cambiar ninguna otra característica del protocolo. La redundancia del comando todavía se preserva. Por lo tanto cada dirección puede todavía manejar 256 comandos distintos.

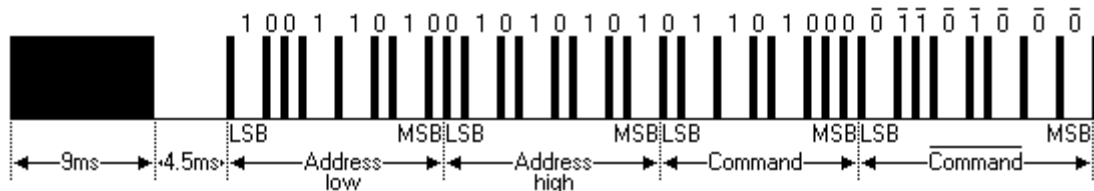


Figura 1.8. Estructura de la trama para el protocolo NEC extendido.

Los primeros 256 valores de dirección del protocolo extendido son inválidos porque están en direcciones normales del protocolo NEC. Siempre que el octeto bajo sea la negación exacta del octeto alto no es una dirección valida extendida.(SB-Projects, 2001d)

Ejemplos de Comandos:

Tabla 1.1. Lista de comandos no extendido para el VCR Fisher 530.

NEC Message	Key Function
-------------	--------------

\$68-\$00	Play
\$68-\$01	Rec
\$68-\$02	Audio Dub
\$68-\$03	FrameAdv
\$68-\$04	Slow
\$68-\$05	Quick
\$68-\$06	Cue
\$68-\$07	Review
\$68-\$08	FF
\$68-\$09	Rew
\$68-\$0A	Stop
\$68-\$0B	Pause/Still
\$68-\$0C	Up key
\$68-\$1E	Down key

1.2.3 Protocolo ITT.

A diferencia de otros protocolos este no utiliza una frecuencia portadora modulada para enviar los mensajes IR. Un solo comando es transmitido con un total de 14 pulsos con una anchura de 10 μ s cada uno. El comando es codificado variando la distancia entre los pulsos. Este protocolo es muy confiable y su consumo de energía es mínimo asegurando una larga vida a las baterías. Una desventaja de este protocolo es que acciona a veces comandos falsos, por ejemplo cuando se pone una computadora portátil con un puerto activo de IRDA cerca del receptor IR. Muchos fabricantes utilizaron este protocolo en Europa. Entre ellos se encuentran: Greatz, Schaub-Lorenz, Finlux, Luxor, Salora, También Nokia oceánico y algunos más.

Características:

- Solamente 14 pulsos IR muy cortos por mensaje.
- Codificación de la distancia del pulso (figura 1.9).
- Vida larga de la batería.
- Dirección de 4 bits y longitud del comando de 6 bits.
- Tiempo de calibración propia, permitiendo solamente un simple oscilador RC en el transmisor.
- Comunicación rápida, un mensaje toma de 1.7ms a 2.7ms para ser transmitido.

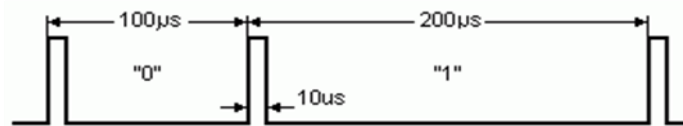


Figura 1.9. Modulación utilizada por el código de línea.

Un mensaje IR es transmitido enviando 14 pulsos. Cada pulso es de 10µs de largo. Tres diversos intervalos de tiempo entre los pulsos se utilizan para conseguir el mensaje: 100µs para una 0 lógico, 200µs para un 1 lógico y 300µs para los delimitadores de la trama.

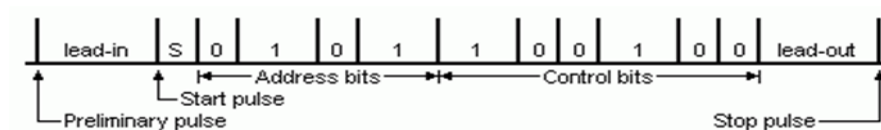


Figura 1.10. Estructura de la trama para el protocolo ITT.

El pulso preliminar es utilizado por el receptor para fijar la ganancia del amplificador. Entonces sigue un intervalo delimitador de 300µs, después del cual se transmite el pulso de comienzo. El primer bit enviado es siempre un 0 lógico, que tiene una duración de intervalo de 100µs. Este bit de comienzo se puede utilizar para calibrar la sincronización del receptor. Después del bit de comienzo siguen 4 bits (el MSB primero) que representan la dirección del mensaje. Después un total de 6 bits (el MSB primero) para la transmisión del

comando. Un comando que sea válido debe seguir esta palabra del comando. Finalmente otro intervalo delimitador de 300 μ s sigue antes del último pulso de parada.

El software de recepción puede verificar la validez del mensaje recibido mediante la siguiente comprobación. El intervalo del pulso de salida debe ser 3 veces más de largo que el tiempo del bit de comienzo que tiene una duración de 100 μ s. Los tiempos de bits no deben estar apagados por más de un $\pm 20\%$ de la longitud del bit de comienzo para el 0 lógico o 2 por la longitud del bit de comienzo para el 1 lógico.

Dirección y comando:

Un mensaje del control remoto se divide en dos grupos una dirección de 4 bits y un comando de 6 bits. Por la convención la gama de direcciones se extiende de la 1 a la 16, y los comandos se extienden a partir de la 1 a la 64. Antes de que se envíen la dirección y el comando, se resta 1 de ambos valores para conseguirlos en el rango de 0 a 15 y de 0 a 63.

Las direcciones se utilizan en pares. Un par de direcciones es un valor de 1 a 8 (0 a 7 realmente), y su parte contraria invertida de 16 a 9 (15 a 8 realmente).

Se transmite el valor más bajo de la dirección en el primer tiempo una vez que se presiona una tecla. El valor de dirección de todos los mensajes subsecuentes será el valor invertido de esta primera dirección hasta que se libera la tecla. Esto permite al receptor interpretar los códigos de la repetición correctamente. Los mensajes se repiten cada 130ms mientras la tecla sigue presionada (SB-Projects, 2001b).

Comandos Predefinidos:

Tabla 1.2. Lista de comandos para al protocolo ITT.

Command	Function
1	
2	Stand-by
3	TV
4	Ideal

Command	Function
33	
34	
35	-/--
36	Audio

5	Up
6	Down
7	Mute
8	P+
9	P-
10	Left / Bilingual
11	Right
12	
13	
14	Last
15	
16	
17	1
18	2
19	3
20	4
21	5
22	6
23	7
24	8
25	9

37	Video
38	Clock
39	
40	
41	
42	
43	Brightness +
44	Brightness -
45	Saturation +
46	Saturation -
47	Volume +
48	Volume -
49	
50	S
51	Red / Memory
52	Green
53	Contrast
54	Blue / Brightness
55	Yellow / Saturation
56	
57	

26	0
27	
28	Zoom
29	
30	X
31	
32	Info

58	
59	Menu
60	Auto
61	Text
62	OK / Prog
63	
64	C

1.2.4 Protocolo JVC.

Características:

- Dirección de 8 bits.
- Longitud del comando de 8 bits.
- Modulación de la distancia del pulso (figura 1.11).
- Frecuencia portadora de 38kHz.
- Tiempo del bit de 1.05ms o de 2.10ms.

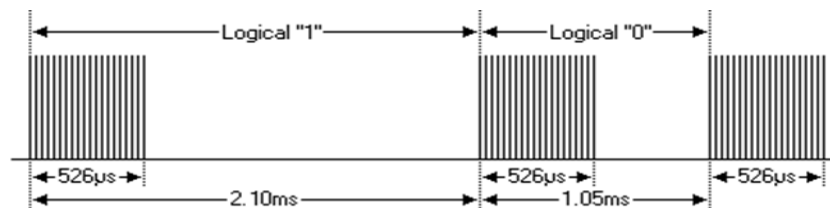


Figura 1.11. Modulación utilizada por el código de línea.

El protocolo JVC utiliza la codificación de la distancia del pulso de los bits. Cada pulso es una ráfaga larga de la portadora de 526µs (38kHz cerca de 20 ciclos). Un 1 lógico toma 2.10ms para ser transmitido (equivalente a 80 ciclos), mientras que un 0 lógico es solamente 1.05ms (equivalente a 40 ciclos). El ciclo útil recomendado de la portadora es de 1/4 o 1/3 del tiempo de bit.



Figura 1.12. Estructura de la trama para el protocolo JVC.

La figura 1.12 muestra un tren de pulsos típico del protocolo JVC. Con este protocolo el LSB se transmite primero. En este caso se transmite la dirección \$59 y el comando \$35. Un mensaje es comenzado por una ráfaga de 8.4ms de AGC (equivalente a 320 ciclos), que es utilizada para fijar la ganancia del receptor IR. Esta ráfaga de AGC entonces es seguida por un espacio de 4.2ms (equivalente a 160 ciclos), que a su vez es seguido por la dirección y el comando. El tiempo total de la transmisión es variable debido a la variabilidad de los tiempos de bit.

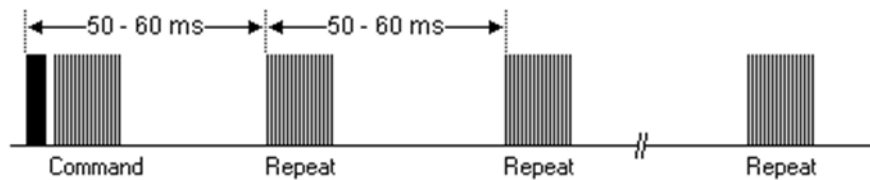


Figura 1.13. Secuencia de comandos para un tecla sin liberar.

La figura 1.13 muestra la secuencia enviada por una tecla que permanece sin liberar, el comando IR se transmite cada 50 a 60ms mientras la tecla en el telecontrol se mantiene presionada. Solamente el primer comando es precedido por el pre-pulso de 8.4ms y su espacio de acompañamiento de 2.4ms. De esta manera el receptor puede determinar si una tecla está presionada por primera vez o está mantenida (SB-Projects, 2001c).

1.2.5 Protocolo Nokia NRC17 (*Nokia Remote Control 17bits*).

El protocolo Nokia utiliza 17 bits para transmitir los comandos IR lo que explica el nombre adaptado por el mismo. Este es implementado por empresas como Nokia, Finlux y Salora.

Características:

- Comando de 8 bits.
- Dirección de 4 bits.
- Longitud del sub-código de 4 bits.
- Codificación bifásica (figura 1.14).
- Frecuencia de portadora de 38kHz.
- Tiempo constante del bit de 1ms.

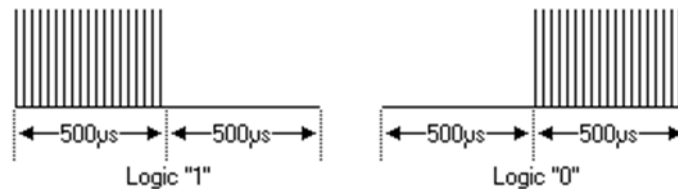


Figura 1.14. Modulación utilizada por el código de línea.

El protocolo utiliza codificación NRZ (*Non Return to Zero*) bifásica para la modulación de una frecuencia portadora IR de 38kHz. Todos los bits son de longitud igual a 1ms, con la mitad del tiempo del bit modulado por una ráfaga de portadora de 38kHz y la otra mitad sin presencia de portadora. El 1 lógico es representado por una ráfaga de portadora en la primera mitad del tiempo del bit. Un 0 lógico es representado por una ráfaga en la segunda mitad del tiempo del bit.

La figura 1.15 muestra un tren de pulsos típico de un mensaje NRC17. Este ejemplo transmite el comando \$5C, la dirección \$6 y el sub-código \$1.

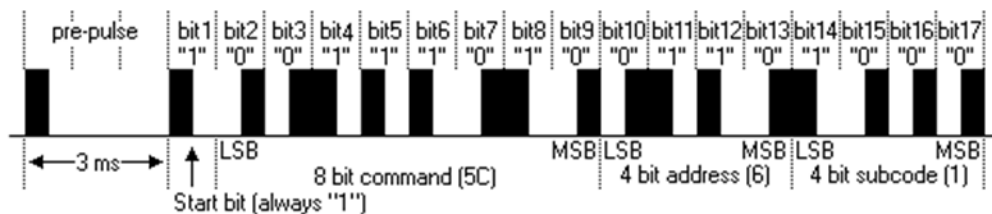


Figura 1.15. Estructura de la trama para el protocolo Nokia NRC17.

Al primer pulso se le llama el pre-pulso, y se compone de una ráfaga de 500µs seguida por una pausa de 2.5ms, dando un total de 3 veces el tiempo del bit. Entonces el bit de

comienzo se transmite, que es siempre una 1 lógico. Este pulso se puede utilizar para calibrar el tiempo del bit en el lado del receptor pues el tiempo de la ráfaga es exactamente la mitad del tiempo del bit. Los 8 bits siguientes representan el comando IR, que se envía con el LSB primero. El comando es seguido por una dirección de dispositivo de 4 bits. Finalmente un sub-código de 4 bits se transmite, que se puede considerar como extensión a los bits de la dirección. Un mensaje consiste en un pre-pulso de 3ms y 17 bits de 1ms cada uno. Esto agrega hasta un total de 20ms por mensaje.

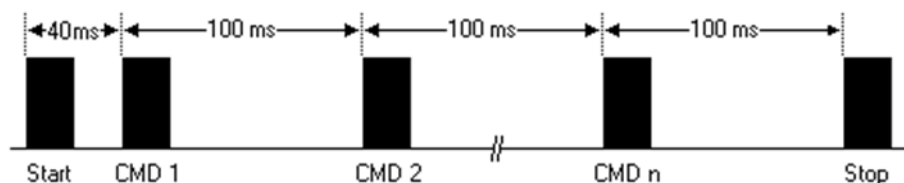


Figura 1.16. Secuencia de comandos para un tecla sin liberar.

Cada vez que una tecla se presiona en el mando a distancia un mensaje de comienzo se transmite que contiene un comando de \$FE y un dirección/sub-código de \$FF. El mensaje real se envía 40ms más adelante, y se repite cada 100ms mientras sigue presionada la tecla en el mando a distancia. Cuando se libera la tecla un mensaje de parada terminará la secuencia. El mensaje de parada también utiliza el comando \$FE y la dirección /sub-código \$FF. Cada secuencia se puede tratar como una sola secuencia en el extremo del receptor debido a los mensajes del comienzo y de la parada. (SB-Projects, 2001e)

Comandos Predefinidos:

La dirección de los comandos se aplica a los receptores análogos solamente.

Tabla 1.3. Lista de comandos para el protocolo Nokia NRC17.

NRC17 Command	CTV Address: \$A Sub-code: \$4	SAT Address: \$C Sub-code: \$0
\$00	0 / Extern	0 / Extern
\$01	1	1

\$02	2	2
\$03	3	3
\$04	4	4
\$05	5	5
\$06	6	6
\$07	7	7
\$08	8	8
\$09	9	9
\$0C	Stand-by	Stand-by
\$0E	Up key	Up key
\$0F	Down key	Down key
\$28	Mute	Mute
\$29	Ideal	Reveal
\$2A	Alternate	Alternate
\$2D	Index	Index
\$2E	Right key	Right key
\$2F	Left key	Left key
\$33	Text	Text
\$35	Stop	Stop
\$38	Size	Size
\$3C	Red (OK)	Red

\$3D	Green (Sound)	Green
\$3E	Yellow (Picture)	Yellow
\$3F	Blue (Extra)	
\$70	TV	TV/SAT

1.2.6 Protocolo Sony SIRC (*Sony Infra-Red Control*).

Existen 3 versiones del protocolo:

- 1- Versiones de 12-bit.
- 2- Versiones de 15-bit.
- 3- Versiones de 20-bit.

Las versiones 15-bit y 20-bit se diferencian en el número de bits transmitidos en la secuencia de comando.

Características:

- Versión de 12bits.
- Longitud de dirección 5-bit.
- Longitud de comando 7-bit.
- Modulación del ancho del pulso.
- Frecuencia portadora de 40kHz.
- Tiempo del bit de 1.2ms o de 0.6ms.

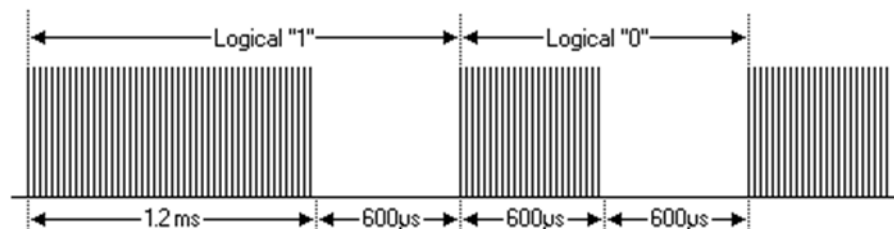


Figura 1.17. Modulación utilizada por el código de línea.

El protocolo SIRC utiliza una codificación del ancho del pulso de los bits. El pulso que representa un 1 lógico es una ráfaga de 1.2ms de portadora de 40kHz, mientras que el ancho de la ráfaga para un 0 lógico es de 0.6ms. Todas las ráfagas son separadas por un intervalo vacío de 0.6ms.

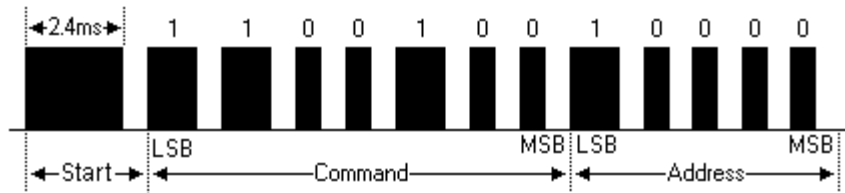


Figura 1.18. Estructura de la trama para el protocolo Sony SIRC.

La figura 1.18 muestra un tren de pulsos pertenecientes al protocolo de SIRC en el cual el LSB se transmite primero. La ráfaga del comienzo es siempre de 2.4ms seguido por un espacio estándar de 0.6ms. Aparte de señalar el comienzo de un mensaje de SIRC esta ráfaga también se utiliza para ajustar la ganancia del receptor IR. Entonces el comando de 7 bits es transmitido, seguido por la dirección del dispositivo de 5 bits. En este caso se transmite la dirección 1 y el comando 19. Los comandos se repiten cada 45ms mientras la tecla en el mando a distancia se mantiene presionada (SB-Projects, 2001g).

Ejemplos de Comandos:

La tabla 1.4 contiene la lista de algunos mensajes enviados por los mandos a distancia de Sony usando el protocolo de 12-bit.

Tabla 1.4. Lista de comandos para el protocolo Sony SIRC.

Address	Device	Command	Function
1	TV	0	Digit key 1
2	VCR 1	1	Digit key 2
3	VCR 2	2	Digit key 3
6	Laser Disc Unit	3	Digit key 4
12	Surround Sound	4	Digit key 5

16	Cassette deck / Tuner
17	CD Player
18	Equalizer

5	Digit key 6
6	Digit key 7
7	Digit key 8
8	Digit key 9
9	Digit key 0
16	Channel +
17	Channel -
18	Volume +
19	Volume -
20	Mute
21	Power
22	Reset
23	Audio Mode
24	Contrast +
25	Contrast -
26	Colour +
27	Colour -
30	Brightness +
31	Brightness -
38	Balance Left
39	Balance Right



1.2.7 Protocolo Philips Rc-5.

Características:

- Dirección de 5 bits.
- Longitud del comando de 6 bits (7 bits para RC5X).
- Codificación bifásica.
- Frecuencia portadora de 36 kHz.
- Tiempo constante del bit de 1.778ms (64 ciclos de 36 kHz).

Todos los bits son de longitud igual a 1.778 ms para este protocolo, con la mitad del tiempo de bit modulado por una ráfaga de portadora de 36 kHz y la otra mitad sin presencia de portadora. Un cero lógico es representado por una ráfaga en la primera mitad del tiempo de bit. Un 1 lógico es representado por una ráfaga en la segunda mitad del tiempo de bit (Palazzesi, 2009).

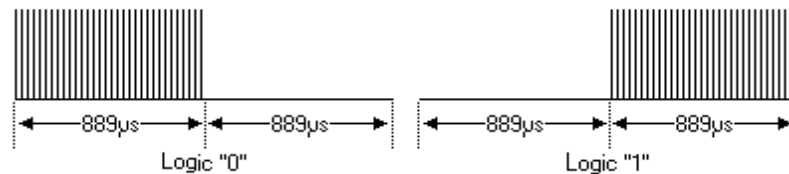


Figura 1.19. Modulación utilizada por el código de línea.

La figura 1.20 muestra un tren de pulsos típico de un mensaje Rc-5. Este ejemplo transmite el comando \$35 y la dirección \$05.

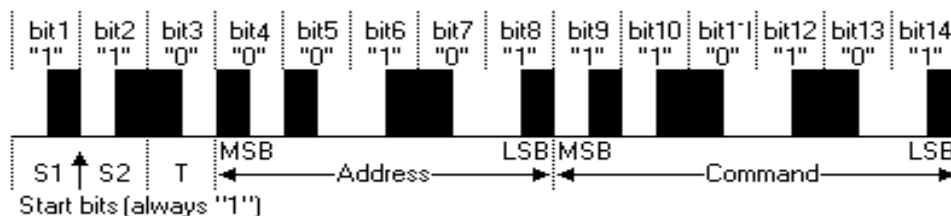


Figura 1.20. Estructura de la trama para el protocolo Philips Rc-5.

Los primeros dos pulsos son los pulsos del inicio (ambos un 1 lógico). Debido a esto transcurre la mitad del tiempo de bit antes de que el receptor note el comienzo del mensaje. El protocolo Rc-5 extendido utiliza solamente un bit de inicio. El bit S2 es transformado al bit-6 de comando previendo un total de 7 bits de comando. El valor de S2 se debe invertir para conseguir el 7mo bit de comando.

El 3er bit es un bit de palanca. Se invierte este bit cada vez que una tecla se presiona repetitivamente. De esta manera el receptor puede distinguir entre una tecla que mantiene oprimida, o que se presione en varias ocasiones. Los 5 bits siguientes representan la dirección del dispositivo IR que se envía con el MSB primero. La dirección es seguida por un comando de 6 bits, enviado otra vez con el MSB primero. Un mensaje consiste en un total de 14 bits, que agrega hasta una duración total de 25 ms. Mientras sigue habiendo una tecla oprimida el mensaje será repetido cada 114 ms. El bit de palanca conservará el mismo nivel lógico durante todos estos mensajes repetidos, esto hace posible que el software del receptor se adapte fácilmente a modificaciones futuras (SB-PROJECTS, 2001f, Canello, 2009).

Comandos Predefinidos:

Tabla 1.5. Lista de comandos para el protocolo Philips Rc-5.

RC-5 Address	Device	RC-5 Command	TV Command	VCR Command
\$00 - 0	TV1	\$00 - 0	0	0
\$01 - 1	TV2	\$01 - 1	1	1
\$02 - 2	Teletext	\$02 - 2	2	2
\$03 - 3	Video	\$03 - 3	3	3
\$04 - 4	LV1	\$04 - 4	4	4
\$05 - 5	VCR1	\$05 - 5	5	5

\$06 - 6	VCR2
\$07 - 7	Experimental
\$08 - 8	Sat1
\$09 - 9	Camera
\$0A - 10	Sat2
\$0B - 11	
\$0C - 12	CDV
\$0D - 13	Camcorder
\$0E - 14	
\$0F - 15	
\$10 - 16	Pre-amp
\$11 - 17	Tuner
\$12 - 18	Recorder1
\$13 - 19	Pre-amp
\$14 - 20	CD Player
\$15 - 21	Phono
\$16 - 22	SatA
\$17 - 23	Recorder2
\$18 - 24	
\$19 - 25	
\$1A - 26	CDR

\$06 - 6	6	6
\$07 - 7	7	7
\$08 - 8	8	8
\$09 - 9	9	9
\$0A - 10	-/--	-/--
\$0C - 12	Standby	Standby
\$0D - 13	Mute	
\$10 - 16	Volume +	
\$11 - 17	Volume -	
\$12 - 18	Brightness +	
\$13 - 19	Brightness -	
\$20 - 32	Program +	Program +
\$21 - 33	Program -	Program -
\$32 - 50		FastRewind
\$34 - 52		Fast Forward
\$35 - 53		Play
\$36 - 54		Stop
\$37 - 55		Recording

\$1B - 27	
\$1C - 28	
\$1D - 29	Lighting
\$1E - 30	Lighting
\$1F - 31	Phone

1.2.8 Protocolo X-Sat.

Características:

- Dirección de 8 bits.
- Longitud del comando de 8 bits.
- Modulación de la distancia del pulso.
- Frecuencia portadora de 38kHz.
- Tiempo de bit de 1ms o 2ms.

Como muestra la figura 1.21 el protocolo X-Sat utiliza la codificación de la distancia del pulso de los bits. Cada pulso es una ráfaga larga de portadora de 526 μ s, 38 kHz (cerca de 20 ciclos). Un 1 lógico toma 2.0 ms para ser transmitido, mientras que un 0 lógico tiene solamente un 1.0ms de duración.

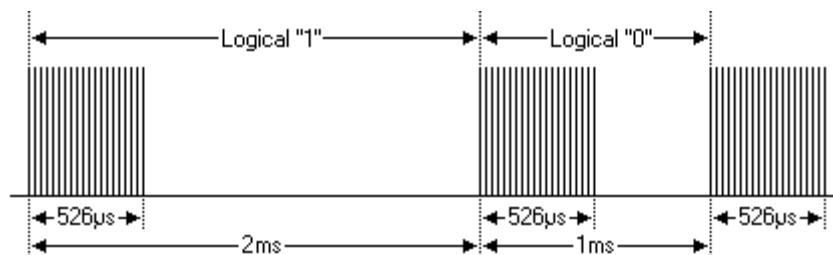


Figura 1.21. Modulación utilizada por el código de línea.

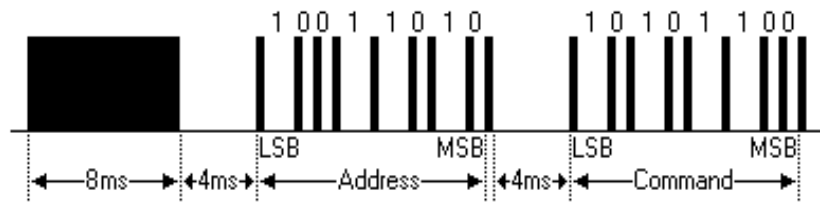


Figura 1.22. Estructura de la trama para el protocolo X-Sat.

La figura 1.22 muestra un tren de pulsos típico del protocolo X-Sat. En dicho protocolo el LSB se transmite primero. En este caso se transmite la dirección \$59 y comando \$35. Un mensaje es comenzado por una ráfaga de 8ms de AGC, que es utilizada para fijar la ganancia del receptor IR. Esta ráfaga de AGC entonces es seguida por un espacio de 4ms, que a su vez es seguido por la dirección y el comando. Una característica peculiar del protocolo X-Sat es el espacio de 4ms entre la dirección y el comando. El tiempo total de la transmisión es variable debido a la variabilidad de los tiempos de bits.

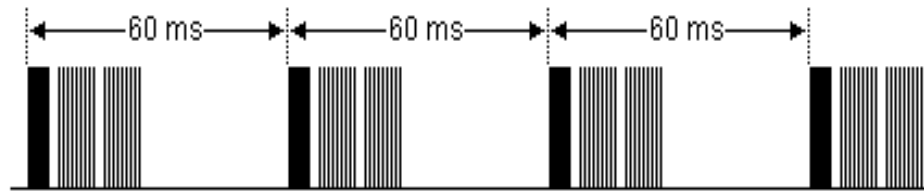


Figura 1.23. Secuencia de comandos para una tecla sin liberar.

Como muestra la figura 1.23 comando IR es repetido cada 60ms mientras la llave en el telecontrol se mantiene oprimida (SB-PROJECTS, 2001h).

1.3 Receptores de infrarrojo.

Los receptores de infrarrojos codificados integran en un solo chip el elemento sensible al infrarrojo una lente un filtro de espectro y toda la lógica necesaria para distinguir señales moduladas a una determinada frecuencia (SB-Projects, 2001a).

El receptor debe deshacer todas las operaciones que ha hecho el transmisor para poder recuperar los bits transmitidos. Esto se hace en 3 fases:

- Un fotodiodo PIN convierte la señal luminosa incidente en la señal eléctrica modulada $m(t)$. Esto representa la primera bajada en frecuencia, desde las frecuencias ópticas (THz) a las frecuencias eléctricas (kHz).
- Mediante un amplificador integrador y un filtro de pasa banda, se elimina la portadora eléctrica $c(t)$ y se recupera la señal en banda base $x(t)$ original. Esto representa la segunda bajada en frecuencia, desde "RF" hasta banda base.
- Teniendo en cuenta la modulación digital que el mando emplea, se procede a demodular la señal en banda base $x(t)$ para recuperar los bits enviados. A partir de la secuencia de bits enviados sabremos qué tecla del mando ha sido pulsada.

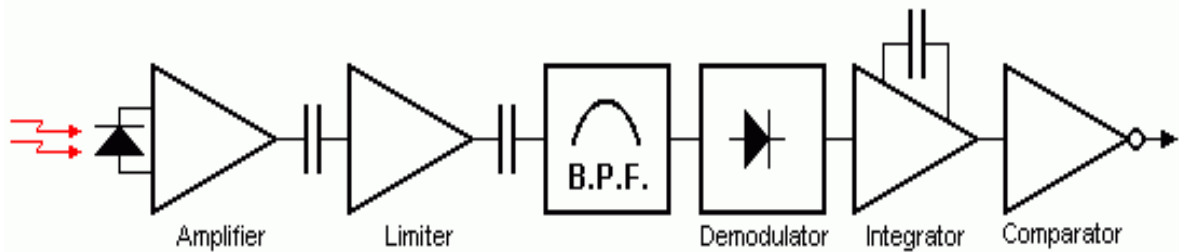


Figura 1.24. Diagrama en bloques del receptor de IR.

En la figura 1.24 se muestra un diagrama en bloques típico de un receptor IR. La señal IR recibida es tomada por el diodo de detección IR (diodo PIN) mostrado en el lado izquierdo del diagrama. Esta señal es amplificada y limitada por las 2 primeras etapas. El limitador actúa como un circuito de AGC para conseguir un nivel constante del pulso sin importar la distancia a la que se encuentre el control remoto. Como se puede ver solamente la señal de CA se envía al filtro de pasa banda. El filtro de pasa banda se sintoniza a la frecuencia de modulación de la unidad, presente en una gama de frecuencias de 30kHz a 60kHz para electrónica de consumidor. Las etapas siguientes son un detector, un integrador y un comparador. El propósito de estos tres bloques es detectar la presencia de la frecuencia de la modulación. Si esta frecuencia está presente la salida del comparador será tirada a un nivel bajo.

Todos estos bloques se integran en un solo componente electrónico. Hay muchos y diversos fabricantes de estos componentes en el mercado. Y la mayoría de los dispositivos están disponibles en varias versiones cada uno de las cuales se sintoniza a una frecuencia particular de la modulación.

Como se puede observar el amplificador está fijado a un nivel muy alto de ganancia. Por lo tanto el sistema tiende a comenzar a oscilar muy fácilmente. La colocación de un capacitor grande, por lo menos de $22\mu\text{F}$, cerca de las conexiones de energía del receptor es obligatoria para eliminar ruido de las líneas de energía. Las hojas de datos recomiendan un resistor de 330 ohmios en serie con la fuente de alimentación para desacoplar la fuente de alimentación del resto del circuito.

Hay varios fabricantes de receptores IR en el mercado. Siemens, Vishay y Telefunken son los surtidores principales en Europa. Siemens tiene su serie SFH506-xx, donde xx denota la frecuencia de la modulación de 30, 33, 36, 38, 40 o 56kHz. Telefunken tiene su TFMS5xx0 y la serie TK18xx, donde xx indica otra vez la frecuencia de la modulación a la que el dispositivo se sintoniza. Al parecer estas piezas han llegado a ser obsoletas ahora y son substituidas por la serie del producto de Vishay TSOP12xx, TSOP48xxy TSOP62xx (SB-Projects, 2001a).

El integrado entrega en su terminal V_{out} la señal $x(t)$ original. Queda la tercera tarea: decodificar y recuperar los bits enviados. Esto lo podemos hacer mediante un circuito hardware o bien mediante software corriendo en un microcontrolador (lo más habitual). También podemos muestrear la señal de V_{out} con la tarjeta de sonido del PC y decodificar por software en la PC (V., 2004).

1.3.1 El receptor integrado HS0028A.

La figura 1.24 muestra el chip HS0038A2 de Telefunken esta serie de receptores integrados en miniatura es específica para mandos a distancia infrarrojos. Existen diferentes versiones según la frecuencia f_0 de portadora del mando. El diodo PIN y el preamplificador están ensamblados dentro de un marco de plomo, la armazón de la cápsula está diseñada para actuar como filtro IR para evitar errores por radiaciones externas no deseadas. La señal de salida puede ser entregada directamente a un microprocesador. El HS0038A2 es el receptor IR estándar para el mando a distancia, soportando todos los códigos de transmisión enviados por un control (Telefunken, 2000).

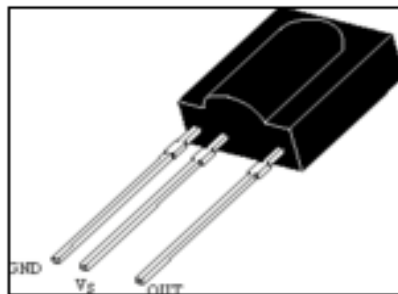


Figura 1.24. Receptor integrado HS0038A2.

Características:

- Fotodetector y preamplificador en un solo paquete.
- Filtro interno para la frecuencia PCM (*Pulse Code Modulation*).
- Un blindaje mejorado contra perturbaciones del campo eléctrico externo.
- Compatibilidad con tecnologías TTL y CMOS
- Salida activa en nivel bajo.
- Bajo consumo de energía.
- Alta inmunidad a la luz ambiente.
- Posible transmisión de datos continuos de (800 bit/s).
- Tamaño de ráfaga conveniente ≥ 10 ciclos/ráfaga.

Diagrama en bloques:

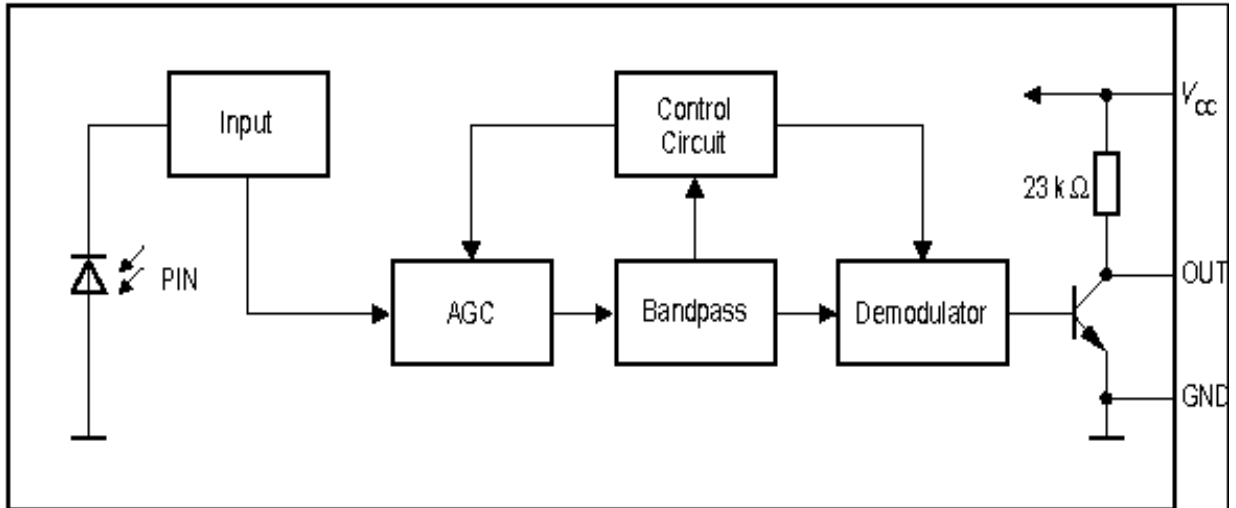


Figura 1.25. Diagrama en bloques del receptor integrado HS0038A2.

La figura 1.25 muestra el diagrama en bloques del receptor HS0038A2, el control automático de ganancia (AGC, *Automatic Gain Control*) ajusta el nivel de señal entregado al demodulador. Esto explica porqué casi todos los mandos envían al principio un pulso de larga duración (pulso de AGC). Lo hacen para estabilizar el circuito de AGC antes de la recepción de la secuencia de bits (Telefunken, 2000).

1.3.1.1 Circuito de aplicación.

Para acoplar un mando a distancia a nuestro proyecto basado en microcontrolador, tan sólo necesitamos el chip receptor de IR correspondiente a la frecuencia del mando empleado y conocer además:

- La modulación digital (código de línea) que usa el mando para poder demodular $x(t)$ y recuperar los bits enviados.
- El código binario de cada tecla del mando para poder saber qué tecla ha sido pulsada.

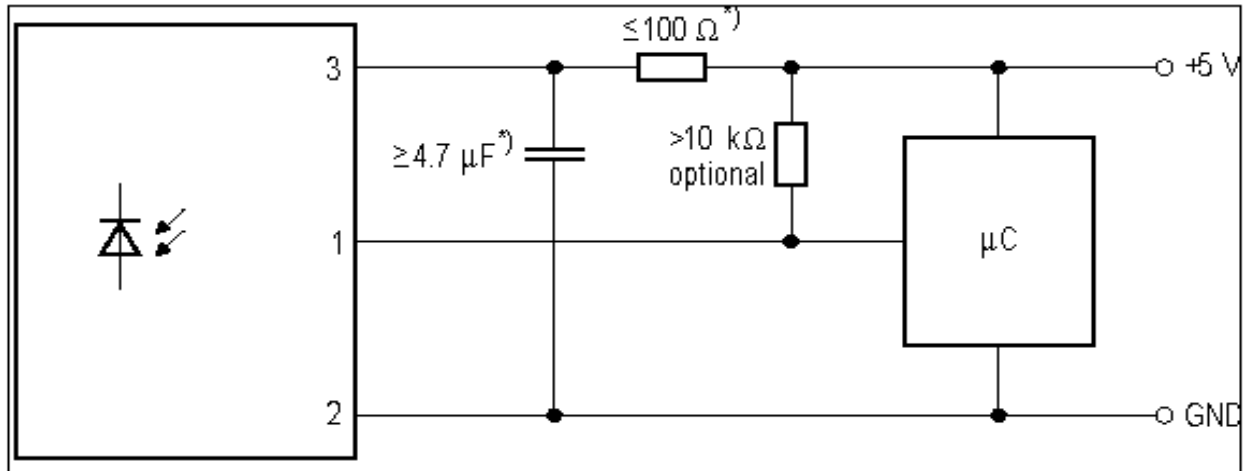


Figura 1.26. Circuito de aplicación práctico para conexión con microprocesador.

Para decodificar lo normal es usar la interrupción de temporizador y quizás también la interrupción externa. La figura 1.26 muestra cómo conectar el chip a un microcontrolador, las resistencias y condensadores que aparecen son opcionales (Carletti, 2007).

1.3.1.2 Formato de Datos Aceptados.

El circuito del HS003A2 se diseña de manera tal que no de cómo salida pulsos debido a señales de disturbio. Un filtro pasa banda, una etapa integradora y un control automático de ganancia se utiliza para suprimir tales disturbios. La marca distintiva entre las señales de dato y las señales de disturbio son, la frecuencia de portadora, la longitud de la ráfaga y el ciclo útil (Telefunken, 2000).

La señal de datos debe cumplir las condiciones siguientes:

- La frecuencia portadora debe estar cerca de 38 kHz.
- La longitud de la ráfaga debe ser 10 ciclos /ráfaga o más de larga.
- Después de cada ráfaga la cuál está entre 10 y 70 ciclos es necesario un tiempo ocioso de al menos 14 ciclos.
- Para cada ráfaga que sea de longitud mayor a 1.8 ms es necesario un tiempo ocioso en la secuencia de datos. Este tiempo ocioso debe ser por lo menos 4 veces más extenso que la ráfaga.
- Hasta 800 ráfagas cortas por segundo se pueden recibir continuamente.

Algunos ejemplos para el formato de datos conveniente son:

Código NEC (pulso repetitivo), código NEC (datos repetidores), Toshiba Micom Format, y

Código Sharp.

CAPÍTULO 2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PARA EQUIPOS COMERCIALES.

En este capítulo se describe el método para la obtención de los códigos transmitidos por distintos controles remotos comerciales, así como el circuito utilizado para ello. Se realiza el análisis de los resultados obtenidos, identificando a que protocolo pertenece cada una de las tramas obtenidas para los diferentes mandos a distancia. Se describe el algoritmo para la detección, obtención y almacenamiento de la información transmitida.

2.1 Descripción del método para la obtención de códigos.

Con el objetivo de comprobar de manera práctica la información con que se dispone brindada por las distintas fuentes consultadas se realizó un análisis de las tramas correspondientes a una serie de mandos a distancia de los fabricantes SONY, SANYO y LG. Para lo cual fue necesario el uso de varias herramientas como el circuito de la figura 2.1, el osciloscopio digital RIGOL-DS1000 (Technologies, 2007) y la PC.

2.1.1 Descripción del circuito.

La figura 2.1 muestra el circuito empleado para la obtención de los códigos pertenecientes a los controles remotos utilizados, el mismo está basado en el receptor/demodulador integrado HS0038A2.

Conectando la punta de pruebas del osciloscopio en los puntos A y GND se obtiene la señal tal y como se le presenta a la entrada del microprocesador, con un desfasaje de 180° debido a al amplificador de salida en configuración emisor común presente en el integrado. Conectando la punta de pruebas entre los puntos B y GND se obtiene la señal tal y como se muestra en la descripción del protocolo, de esta manera se facilita el análisis de las

muestras obtenidas. El LED se utiliza como indicador visual de la presencia de las señales en el receptor.

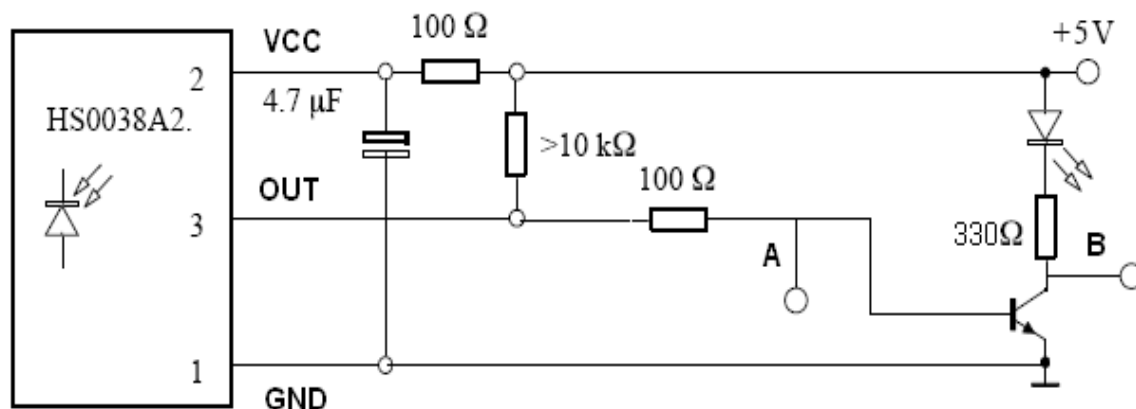


Figura 2.1. Circuito para la obtención de los códigos.

2.2 Discusión del mando LG.

Las figuras 2.2 y 2.3 muestran dos tramas capturadas utilizando el circuito anteriormente descrito, las mismas pertenecen a la tecla (#7) de un mando a distancia LG. Del análisis realizado se concluye que tienen una total correspondencia con la descripción brindada por el Protocolo NEC tanto en la estructura de la trama para un simple envío como para una secuencia de envíos pertenecientes a una tecla sin liberar.

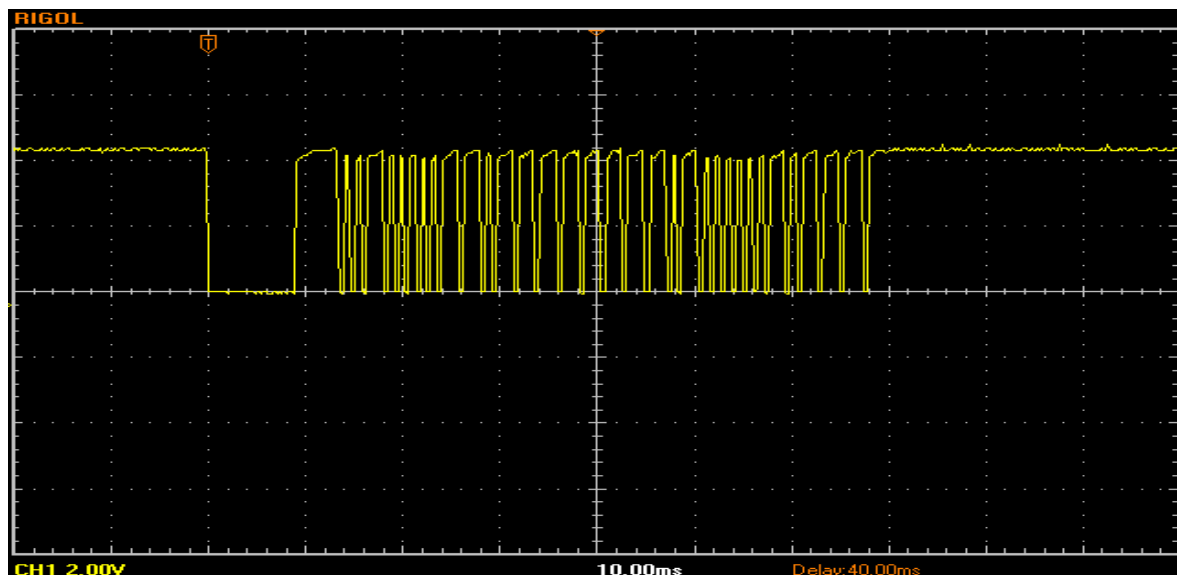


Figura 2.2. Trama obtenida perteneciente al control remoto LG.

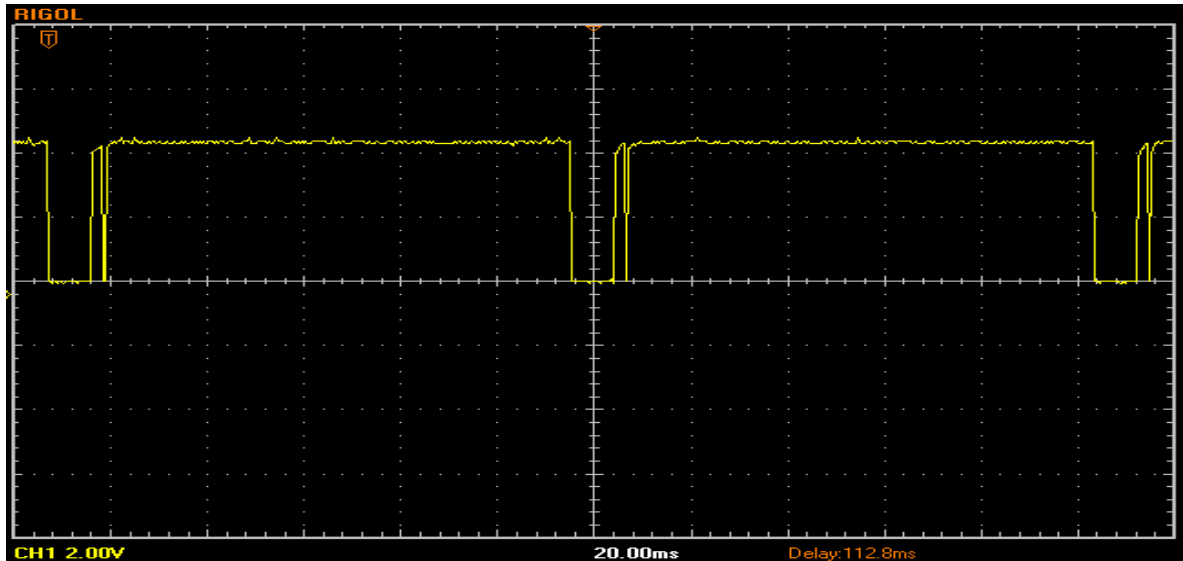


Figura 2.3. Trama obtenida perteneciente al control remoto LG para una tecla que no se libera.

2.3 Discusión mando SONY.

La figura 2.4 muestra una trama enviada por un mando a distancia perteneciente a un TV SONY la misma corresponde a la tecla (#1) de dicho control remoto, haciendo un breve análisis podemos concluir que su estructura tiene total correspondencia con la descrita por el Protocolo SIRC de SONY versión de 12 bits.

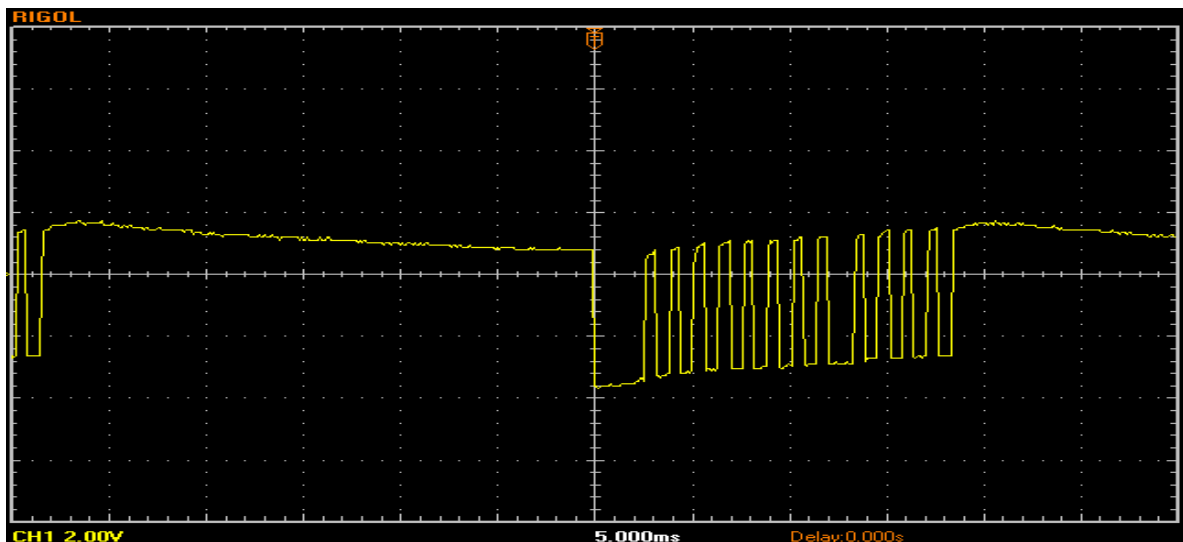


Figura 2.4: Trama obtenida perteneciente al control remoto SONY.

2.4 Discusión mando SANYO.

La figura 2.5 muestra una trama perteneciente a un mando a distancia de un TV SANYO, la misma se corresponde a la tecla (CCD). Haciendo un breve análisis se concluye que su estructura se corresponde con la descrita por el Protocolo X-Sat. Analizando la figura 2.6 se puede corroborar la completa correspondencia con el ya mencionado protocolo para una secuencia perteneciente a una tecla que se mantiene presionada.

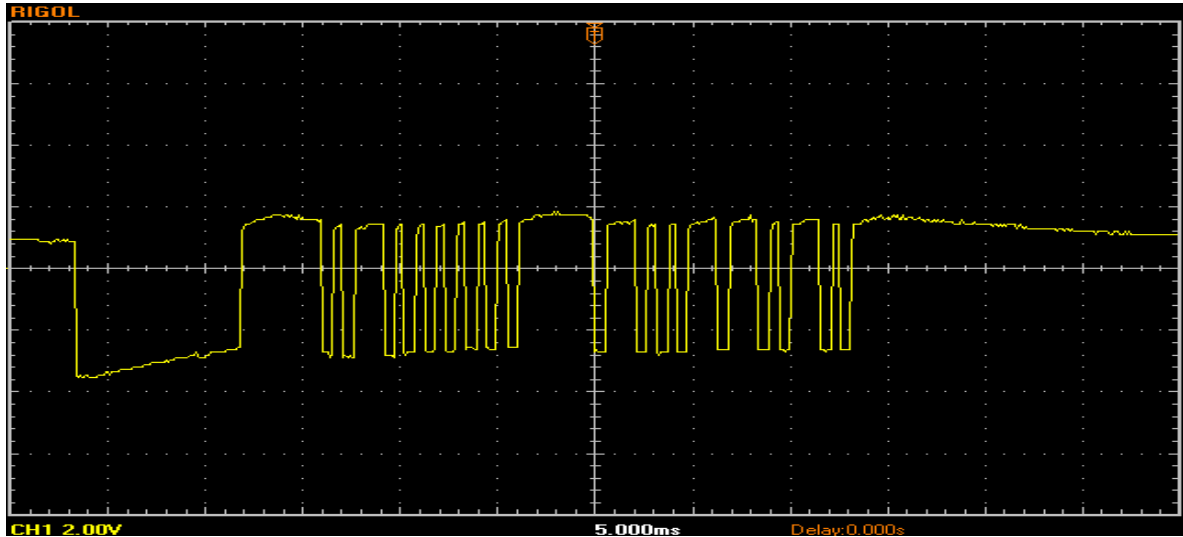


Figura 2.5. Trama obtenida perteneciente al control remoto SANYO.

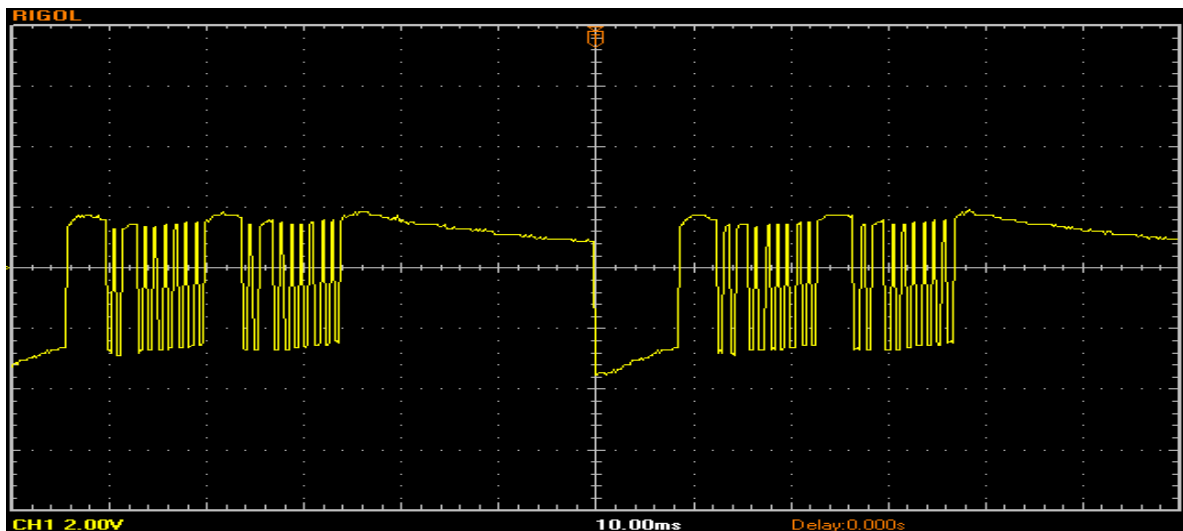


Figura 2.6. Trama obtenida perteneciente al control remoto SANYO para una tecla que no se libera.

2.5 Algoritmos de recepción de códigos.

Este epígrafe está dedicado a la descripción del algoritmo diseñado para la recepción de los códigos pertenecientes a los controles remotos analizados en el epígrafe anterior.

Para este programa principal se describe su diagrama en bloques y la subrutina de atención a la interrupción particular para cada control remoto, diseñadas para el microcontrolador PIC16F870 (Microchip, 2003a), conectando la salida del receptor IR a la entrada de interrupción externa (RB0) del PIC.

Para la confección y puesta a punto del software se utilizaron las herramientas MPLAB de Microchip y el compilador C PCWH de *Custom Computer Services* (Microchip, 2003b, Services, 2007).

2.5.1 Programa principal.

El diagrama en bloques del software se muestra en la figura 2.7, donde la condición VERDADERO indica que siempre el flujo del programa continuará hacia la función OBTENCIÓN. A continuación se explican las funciones utilizadas en la aplicación.

- Función INICIALIZACION: se configura el Puerto B como entrada para ser usado como receptor de la señal proveniente del receptor/decodificador infrarrojo por el pin RB0 utilizado para la interrupción externa del microcontrolador. Se configura el pin RA0 como salida para mostrar si ocurre un error en la trama, inicializa la variable global (primerBorde) utilizada para detectar el inicio de la trama y establecer el sincronismo, configura el (*timer 0*) como temporizador, con un prescalador de 32, configura la interrupción externa por flanco de subida y habilita las interrupciones externa y global.
- Función OBTENCIÓN: esta función se encarga de la extracción de los datos útiles almacenados previamente en la variable (trama) en la función de atención a la interrupción y los guarda en la variable (Data) para su posterior uso.

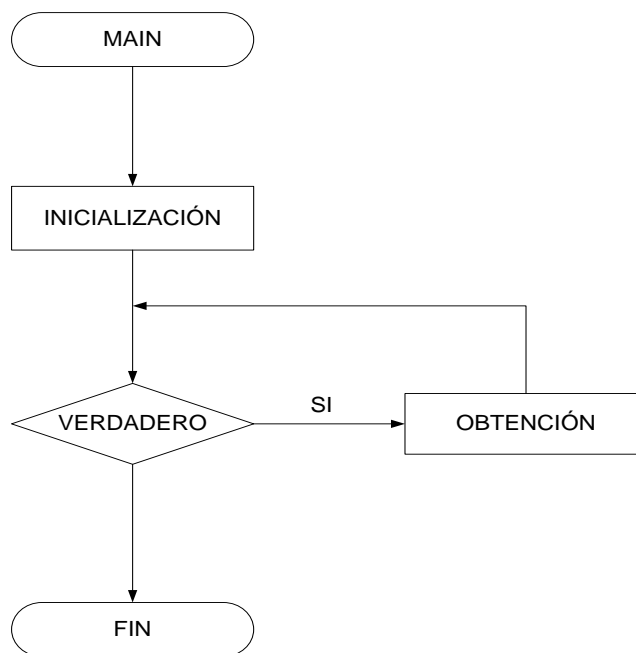


Figura 2.7. Diagrama en bloque del programa principal.

2.5.2 Funcion de interrupcion mando LG.

La función de atención a la interrupción (DETECCION) para el mando LG carga el (*timer* 0) con el valor inicial cero, posteriormente detecta si es el primer borde es el que ha llegado y se sincroniza con la trama. Seguidamente pasa a temporizar las distancias entre bordes para definir si pertenecen a un 0 o un 1 lógicos o al espacio correspondiente el pulso de ajuste del AGC. Después de definido el valor del bit recibido se llama a la función (*SHIFT_RIGHT*), para su colocación en la posición correcta dentro de la trama temporal y se incrementa el contador de bordes. Al llegar el borde 34 se carga el valor almacenado en la trama temporal a la variable (trama) que será la utilizada por el resto del programa y se restablecen los valores iniciales de las demás variables quedando preparadas para la detección de la trama siguiente. La función (*OUTPUT_HIGH*) es utilizada para visualizar si uno de los bits llega errado y por lo tanto la trama no es válida.

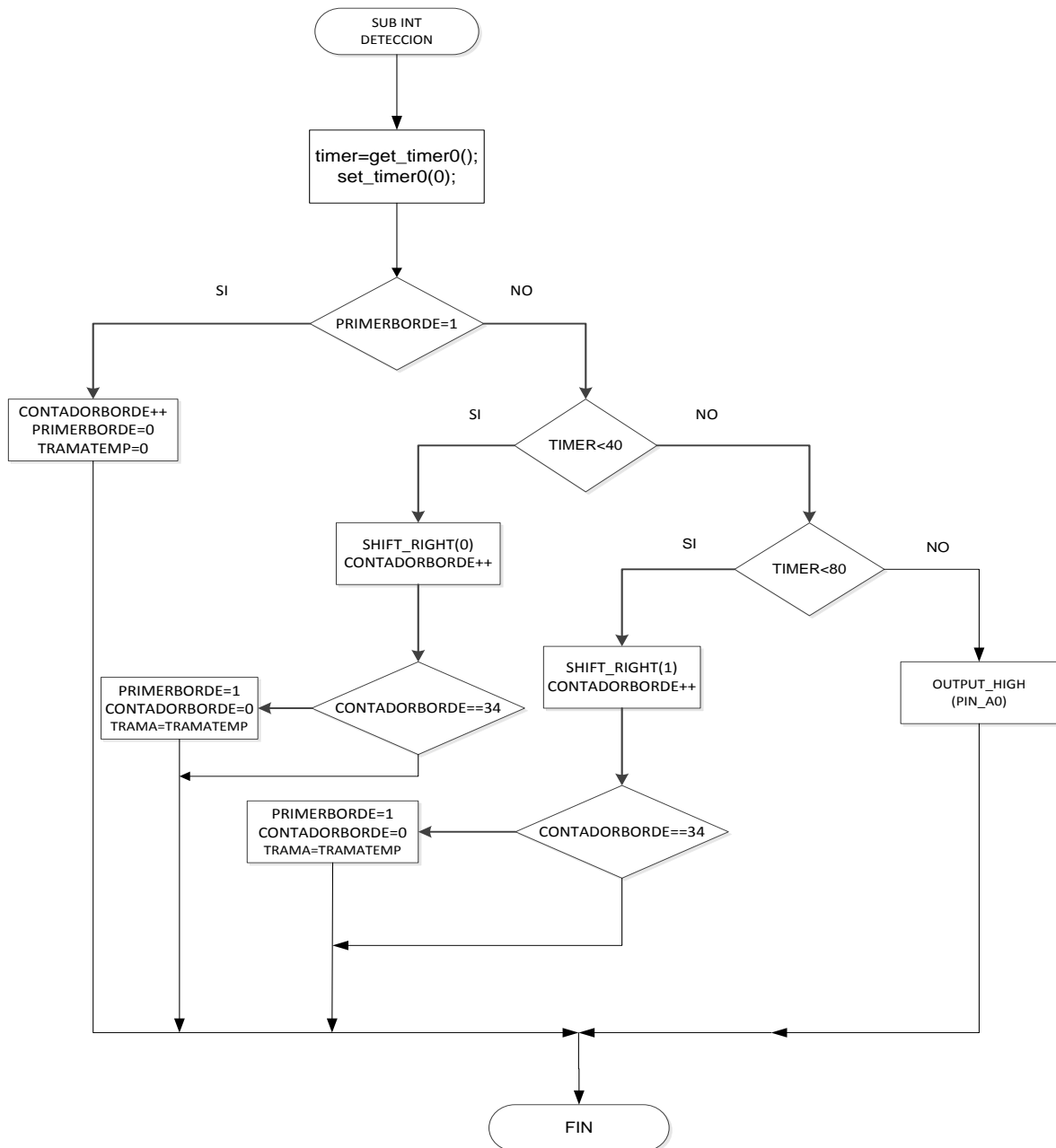


Figura 2.8. Diagrama en bloque interrupción mando LG.

2.5.3 Funcion de atencion a la interrupcion mando SANYO.

La función de atención a la interrupción para el mando SANYO sigue un algoritmo idéntico a la del mando LG solo diferenciándose en el uso de datos particulares a esta trama como el número de bordes y las distancias a temporizar por el (*timer 0*).

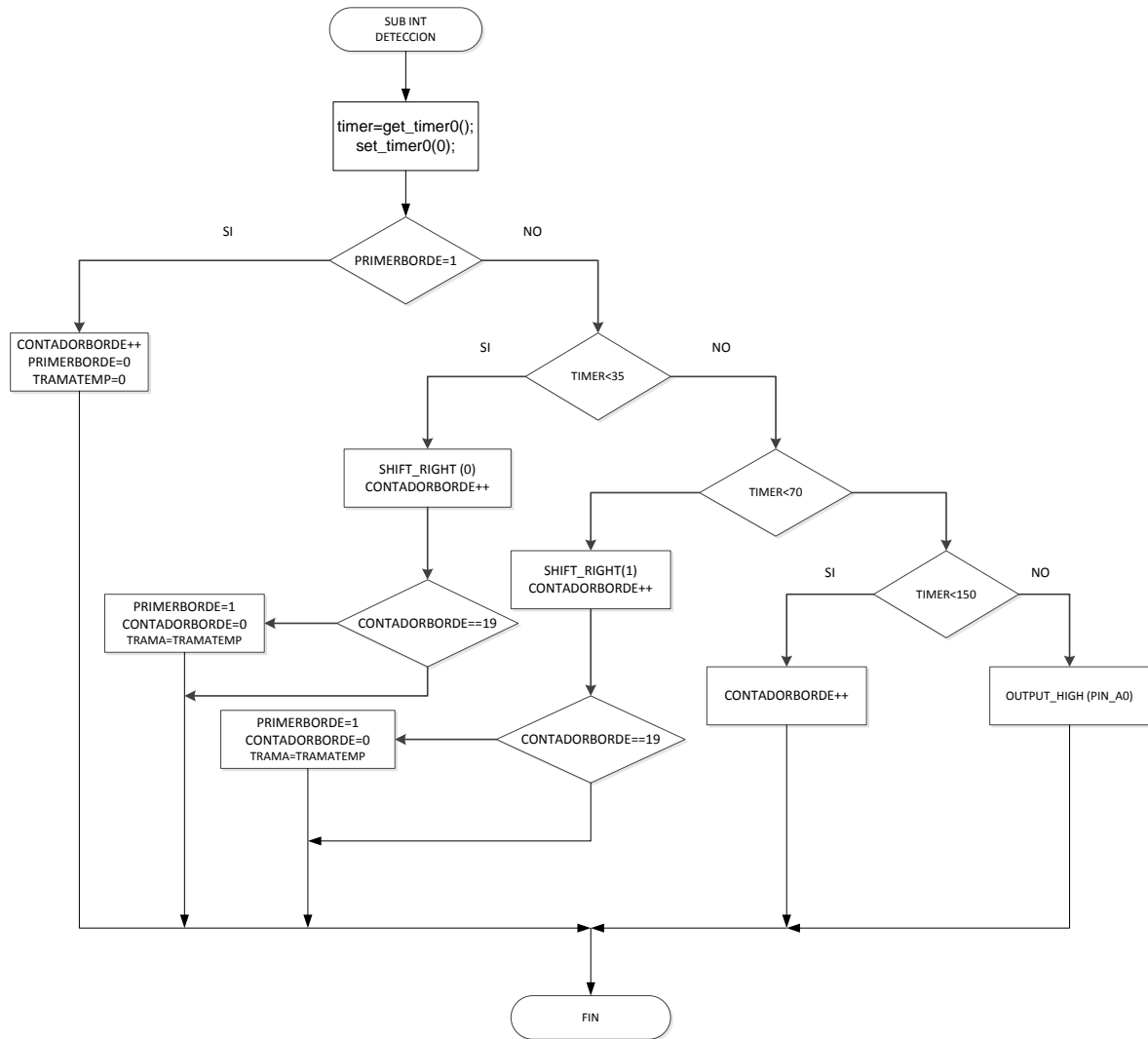


Figura 2.9. Diagrama en bloque interrupción mando SANYO.

2.5.4 Funcion de atencion a la interrupcion mando SONY.

La función de atención a la interrupción para el mando SONY sigue un algoritmo semejante a las funciones de los mandos LG y SANYO, pero con diferencias marcadas como la ausencia del identificador del pulso de AGC puesto a que, por la inversión de los pulsos con respecto a los demás estructuras de tramas y la consecuente detección de los pulsos por borde de bajada no es necesario el empleo del mismo. Otro aspecto importante es el desplazamiento utilizado para colocar los bits de datos en un solo byte, ya que al tener 12 bits para dirección y datos no tiene correspondencia con los formatos de datos definidos en el lenguaje C.

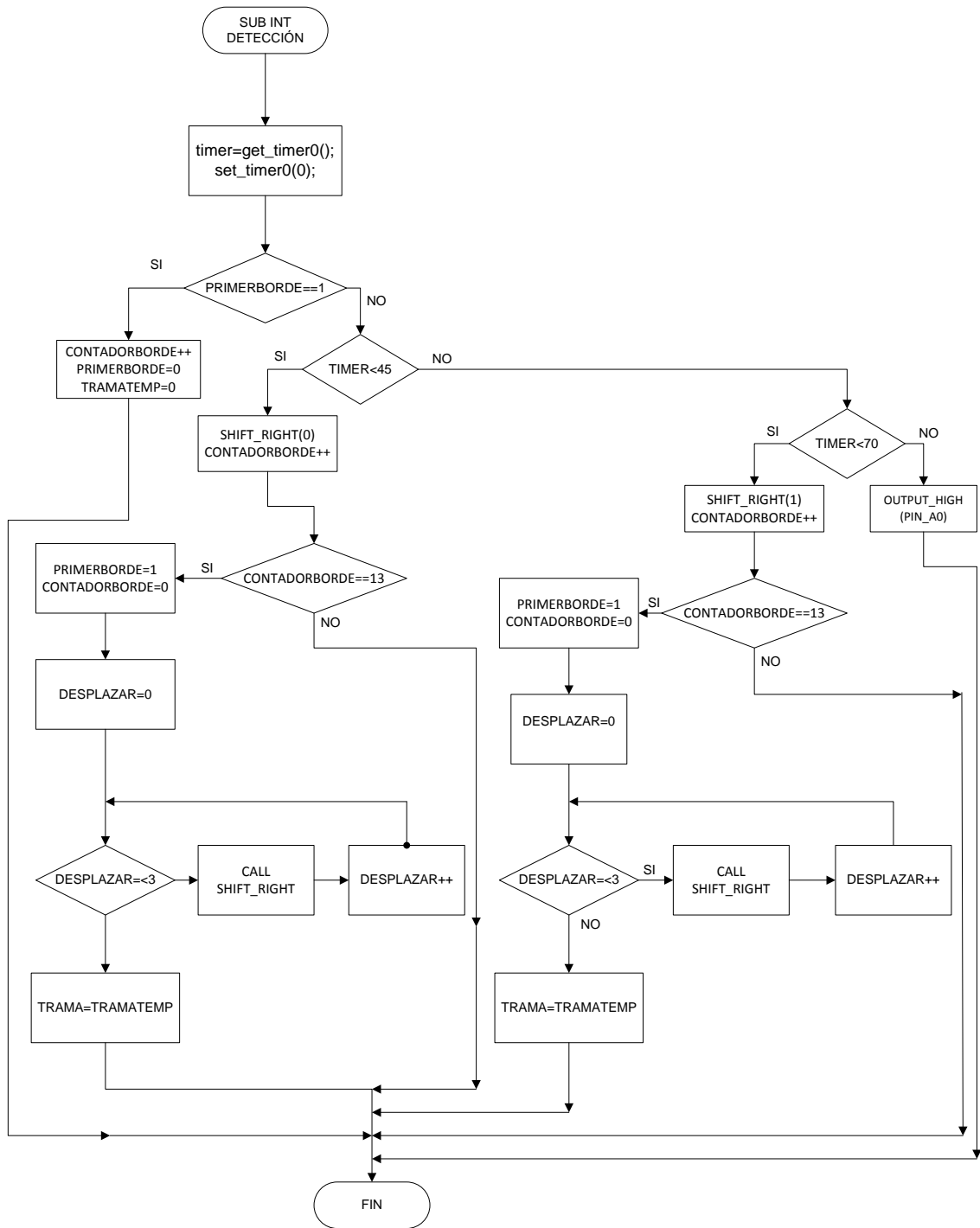


Figura 2.8. Diagrama en bloque interrupción mando SONY.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE APLICACIONES.

En este capítulo se describen tres aplicaciones que utilizan lo referente a la comunicación infrarrojo estudiada en los capítulos anteriores, empleando el PIC 16F870. Una de ellas utiliza un *display* de 7 segmentos para la visualización de los datos, en las dos restantes se emplea el *display* LCD JY162-1 (DatasheetArchive, 2006).

En cada aplicación se describe el esquema circuital (hardware) y el diagrama en bloques del programa de la aplicación (software).

Para la confección y puesta a punto del software se utilizaron las herramientas MPLAB de Microchip y el compilador C PCWH de *Custom Computer Services*. Para la simulación de las aplicaciones se utilizó la herramienta Proteus de *Labcenter Electronics*.

3.1 Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* de 7 segmentos.

En esta aplicación se emplea el control remoto SANYO el cual fue analizado en el capítulo 2. La aplicación esta concebida de la siguiente manera: Al energizar el circuito, este permanece a la espera de la señal con el *display* apagado, al recibir la señal perteneciente a uno de las teclas que está identificada como uno de los números en la matriz del mando a distancia, este lo visualiza en el *display* hasta que se presione una nueva tecla.

Para la simulación de esta aplicación se usó el generador *FILE* del Proteus que permite generar la forma de onda deseada especificando los niveles de voltajes en cada tiempo que se requiera. Esta forma de onda se muestra en la gráfica de la figura 3.1.

El Anexo I muestra la simulación para una trama, en el se pueden ver la forma de onda de la señal que llega al terminal de recepción del microcontrolador y la visualización de la tecla correspondiente a la misma. El Anexo II muestra la aplicación práctica en funcionamiento.

3.1.1 Esquema circuital.

La figura 3.1 muestra el hardware que permite implementar esta aplicación. Los datos son recibidos por el terminal (RB0) usado por el microcontrolador como terminal para la interrupción externa, el LED conectado el pin (RB2) es el utilizado para la visualización de ocurrencia de error el la trama.

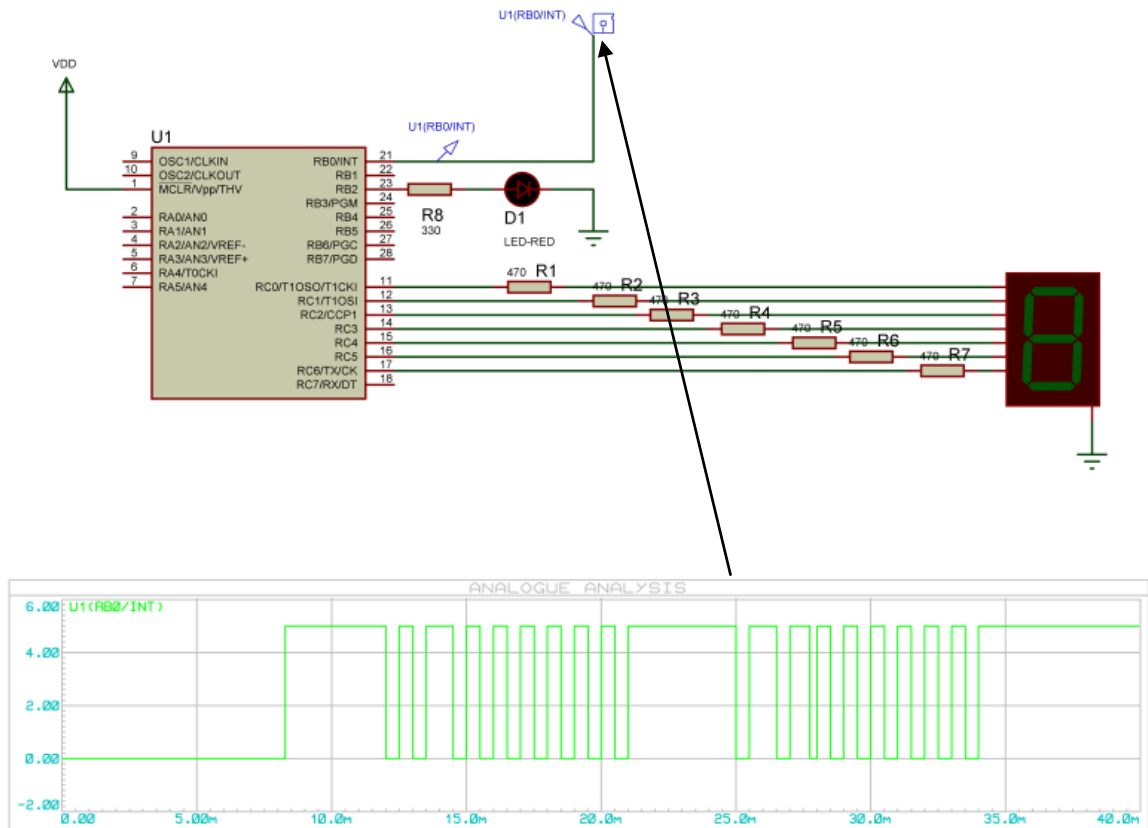


Figura 3.1. Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* de 7 segmentos.

3.1.2 Diagrama en bloques y descripción del software.

El diagrama en bloques del software se muestra en la figura 3.2 y a continuación se describe cada función utilizada en la aplicación.

- Función INICIALIZACIÓN: se configura el Puerto B como entrada para ser usado como receptor de la señal proveniente del receptor/decodificador infrarrojo por el pin RB0 utilizado para la interrupción externa del microcontrolador. Se configura el pin RA0 como salida para mostrar si ocurre un error en la trama, inicializa la variable global (primerBorde) utilizada para detectar el inicio de la trama y establecer el sincronismo, configura el (*timer 0*) como temporizador, con un prescalador de 32, configura la interrupción externa por flanco de subida y habilita las interrupciones externa y global.
- Función OBTENCIÓN: esta función se encarga de la extracción de los datos útiles almacenados previamente en la variable (trama) en la función de atención a la interrupción y los guarda en la variable (Data) para su posterior uso.
- Función DISPLAY7SEG: esta función es la encargada de la conversión de los datos almacenados en la variable (Data) al código 7 segmentos. Y posteriormente los transfiere al puerto de salida (Puerto C) donde está conectado el *display*.

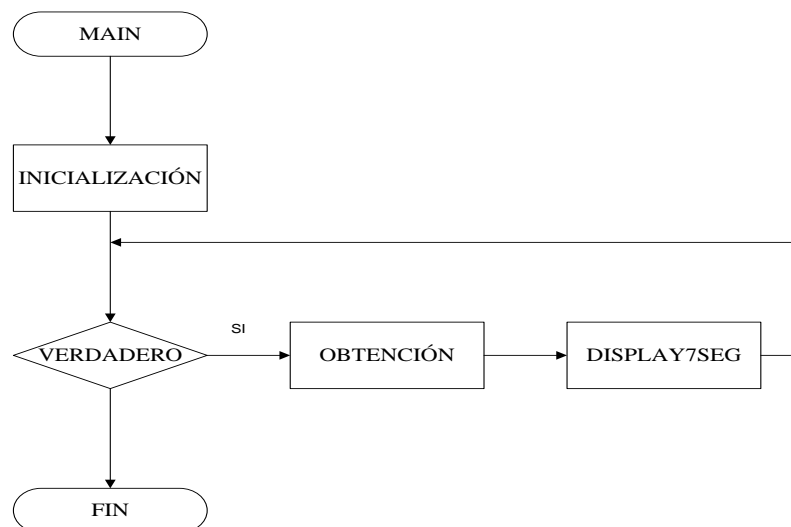


Figura 3.2. Diagrama en bloques de la comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* 7 segmentos.

3.2 Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de *display* LCD.

Esta aplicación consiste en identificar la tecla que se presiona en el control remoto y visualizar un mensaje de presentación seguido de la identificación perteneciente a la tecla presionada, en un *display* LCD. El identificador de la tecla presionada permanecerá en el *display* hasta que se presione una nueva tecla.

El Anexo III muestra la simulación correspondiente a la recepción de una trama identificada como la tecla #8 y la aplicación práctica se puede ver en el Anexo IV.

3.2.1 Esquema circuital.

Los terminales (RC2) y (RC3) están conectados con los terminales, E y RS del *display* LCD y se utilizan para controlar el funcionamiento del *display* y los 4 bits altos del Puerto B se utilizan para enviar al *display* el código del carácter a visualizar por los terminales D4-D7. Como el *display* LCD utiliza para la visualización de los caracteres el código ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) de los mismos, es necesario realizar la conversión del dato recibido. El resto de las conexiones tienen que ver con la alimentación de los elementos que conforman el hardware y están explícitas en el esquema circuital, figura 3.3.

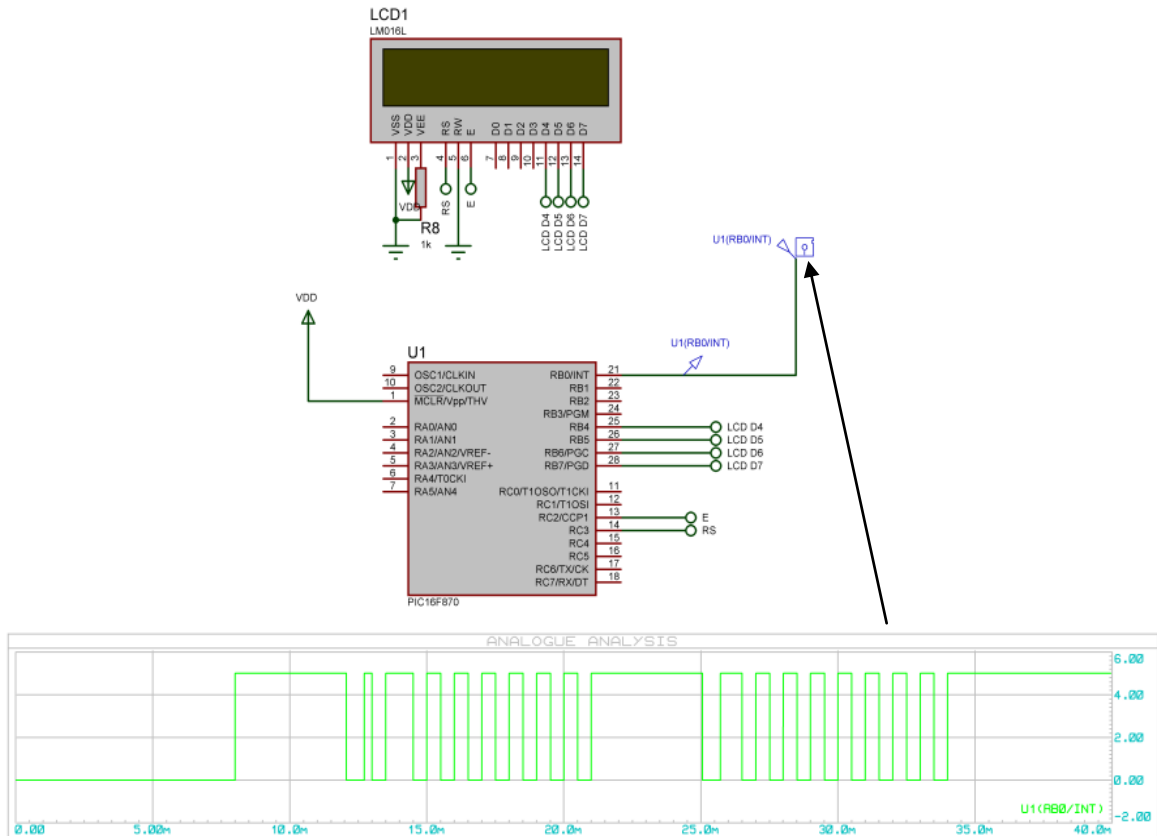


Figura 3.3. Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de *display* LCD.

3.2.2 Diagrama en bloques y descripción del software.

El diagrama en bloques del software se muestra en la figura 3.4 y a continuación se describe cada función utilizada en la aplicación.

- **Función INICIALIZACIÓN:** se configura el pin RB0 como entrada para ser usado como receptor de la señal proveniente del receptor/decodificador infrarrojo, utilizando la interrupción externa del microcontrolador, y el nible alto del Puerto B así como los pines RC2 y RC3 como salidas para el envío de datos y comandos hacia el display. Se configura el pin RA0 como salida para mostrar si ocurre un error en la trama. Se inicializa la variable global (*primerBorde*) utilizada para detectar el inicio de la trama y establecer el sincronismo, configura el (*timer 0*) como temporizador, con un prescalador de 32, configura la interrupción externa por flanco de subida y habilita las interrupciones externa y global.

- Función **OBTENCIÓN**: esta función se encarga de la extracción de los datos útiles almacenados previamente en la variable (trama) en la función de atención a la interrupción y los guarda en la variable (Data) para su posterior uso.
- Función **INILCD**: esta función inicializa el *display* y lo deja habilitado para mostrar mensajes. Para ello se sigue una secuencia establecida por el fabricante en la hoja de datos del *display* LCD (DatasheetArchive, 2006).
- Función **CHARSET**: esta función escribe en la posición seleccionada del *display* LCD el contenido de una variable o el valor de una contante.
- Función **DISPLAYLCD**: esta función realiza la conversión del contenido de la variable (Data) a código ASCII y la pasa a la variable (tecla) la cual utiliza la función **CHARSET** para visualizar el carácter.

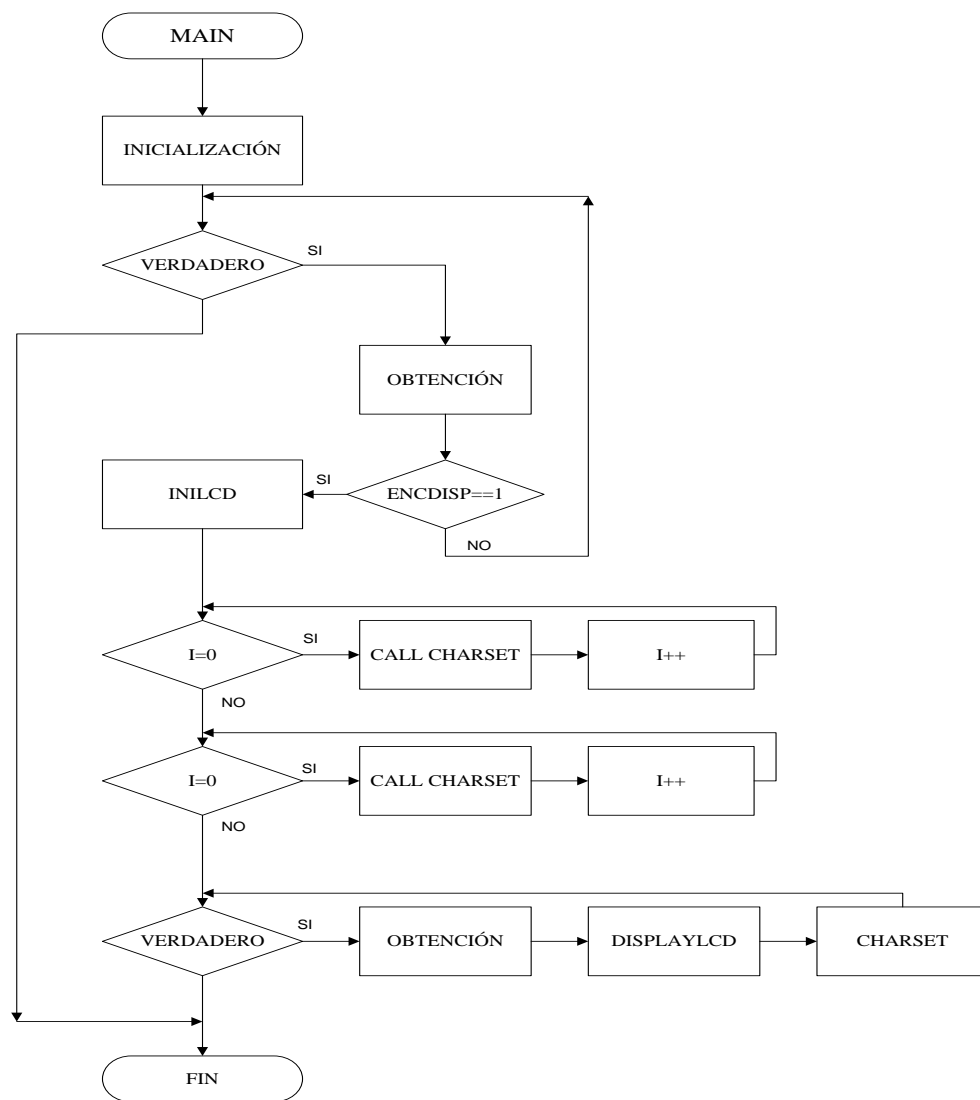


Figura 3.4. Diagrama de flujo comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de *display* LCD.

3.3 Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de mensaje a través de *display* LCD.

Para implementar esta aplicación se utiliza el control remoto SANYO analizado en el capítulo 2. La aplicación consiste en la escritura de un mensaje texto en un *display* LCD. La tecla (*power*) del mando se utiliza para inicializar el *display*. La tecla (*menu*) es utilizada para conmutar de modo de escritura de números a letras y caracteres especiales. Las teclas (*vol+* y *vol-*) se utilizan para el desplazamiento del cursor.

En el Anexo V se muestra la simulación correspondiente a la escritura de la letra (A) en el *display*, partiendo de esta simulación, se implementa la aplicación práctica ilustrada en el Anexo VI.

3.3.1 Esquema circuital.

Los terminales (RC2) y (RC3) están conectados con los terminales, E y RS del *display* LCD y se utilizan para controlar el funcionamiento del *display* y los 4 bits altos del Puerto B se utilizan para enviar al *display* el código del carácter a visualizar por los terminales D4-D7. Como el *display* LCD utiliza para a visualización de los caracteres el código ASCII es necesario la conversión del dato recibido. El resto de las conexiones tienen que ver con la alimentación de los elementos que conforman el hardware y están explícitas en el esquema circuital, figura 3.5.

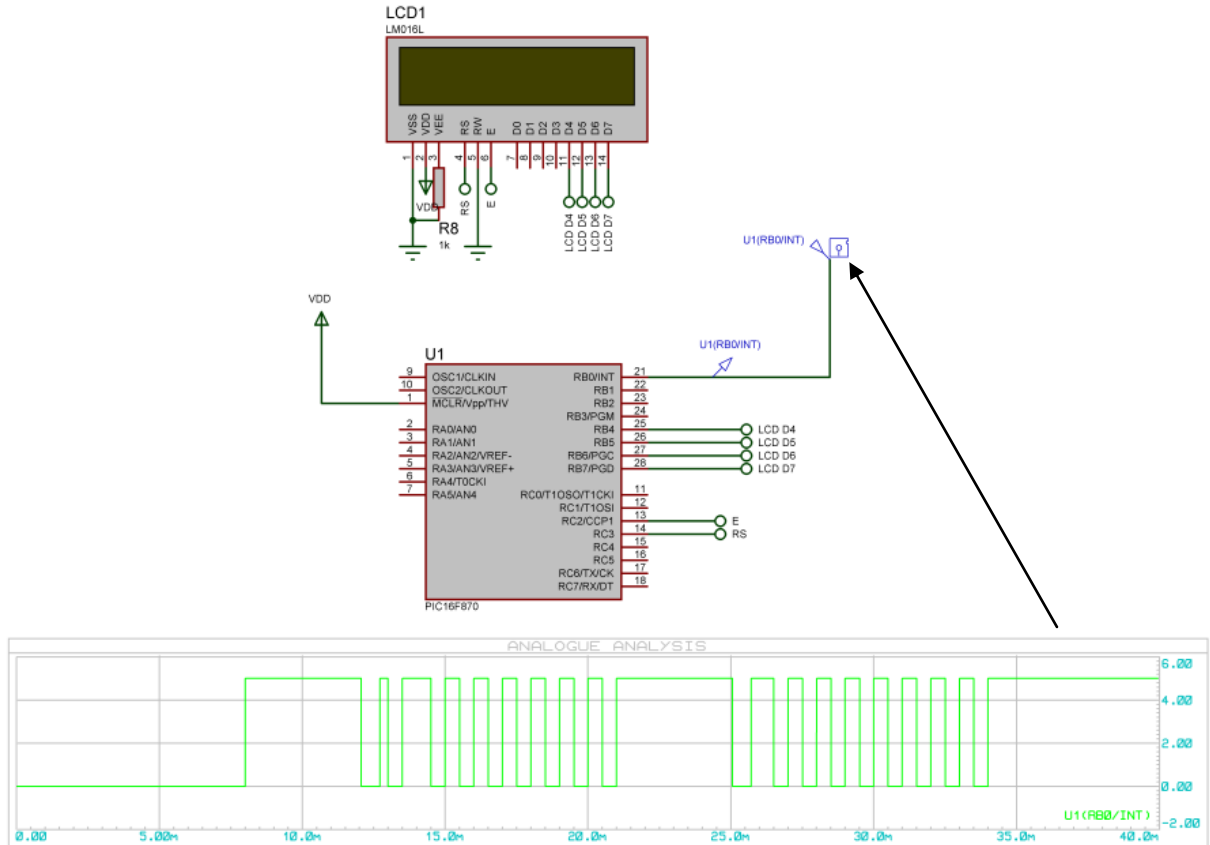


Figura 3.5. Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* LCD.

3.3.2 Diagrama en bloques y descripción del software.

El diagrama en bloques del software y de la interrupción correspondiente se muestra en las figuras 3.6 y 3.7. A continuación se describe cada función utilizada en la aplicación.

- **Función INICIALIZACIÓN:** se configura el pin RB0 como entrada para ser usado como receptor de la señal proveniente del receptor/decodificador infrarrojo, utilizando la interrupción externa del microcontrolador, y el nible alto del Puerto B así como los pines RC2 y RC3 como salidas para el envío de datos y comandos hacia el display. Se configura el pin RA0 como salida para mostrar si ocurre un error en la trama, inicializa la variable global (*primerBorde*) utilizada para detectar el inicio de la trama y establecer el sincronismo, configura el (*timer 0*) como temporizador, con un prescalador de 32, configura el (*timer 1*) como temporizador con un prescalador de 8, configura la interrupción externa por flanco de subida y habilita las interrupciones externa y global. Carga con su valor inicial las demás variables utilizadas por la función de interrupción.

-
- Función OBTENCIÓN: esta función se encarga de la extracción de los datos útiles almacenados previamente en la variable (trama) en la función de atención a la interrupción y los guarda en la variable (Data) para su posterior uso.
 - Función INILCD: esta función inicializa el *display* y lo deja habilitado para mostrar mensajes. Para ello se sigue una secuencia establecida por el fabricante en la hoja de datos del *display* LCD.(DatasheetArchive, 2006)
 - Función CHARSET: esta función escribe en la posición seleccionada del *display* LCD el contenido de una variable o el valor de una contante.
 - Función NÚMEROS: esta función realiza la conversión del contenido de la variable (Data) a código ASCII y la pasa a la variable (tecla) la cual utiliza la función CHARSET para visualizar el carácter.
 - Función LETRAS: esta función identifica el número de veces que se repite un dato y la tecla a la que pertenece, devolviendo el código ASCII del caracter al que corresponde dentro de los definidos en la tabla de caracteres.

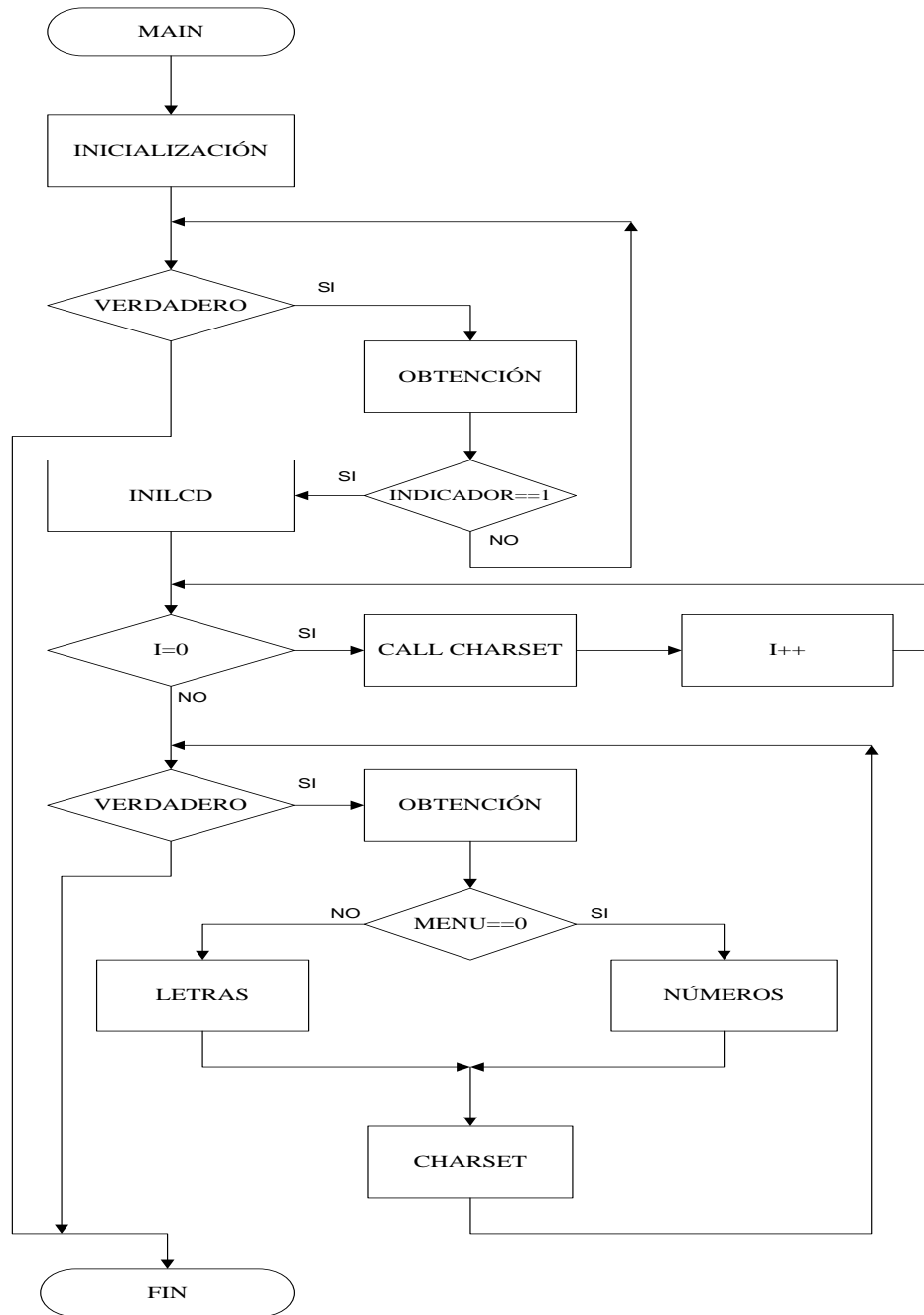


Figura 3.6. Diagrama de flujo comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* LCD.

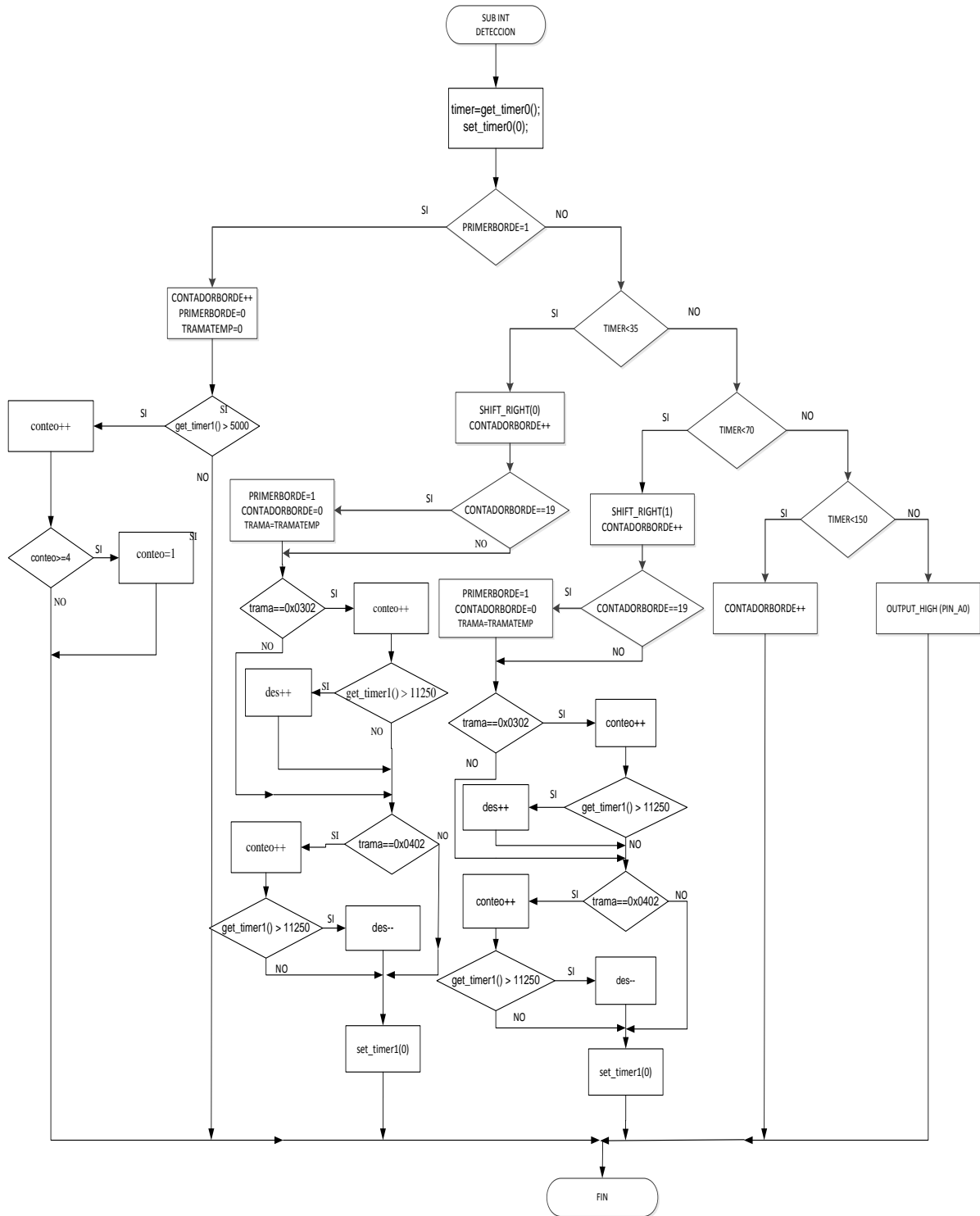


Figura 3.7. Diagrama de flujo de la función de atención a la interrupción externa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se realizó un estudio profundo de algunos de los protocolos de comunicación infrarrojo más difundidos y utilizados por los fabricantes de mandos a distancia.
2. Se realizó el análisis de varios mandos a distancia, verificando el protocolo que tienen implementado y la correspondencia con la descripción de alguno de los estudiados.
3. Se logró realizar un algoritmo general para recepcionar y almacenar los datos transmitidos en los comandos enviados por los mandos a distancia estudiados.
4. Se diseñaron y presentaron aplicaciones, empleando microcontroladores PICs, utilizando los mandos a distancias analizados con el fin de demostrar su aplicabilidad.

Recomendaciones

1. Tomar como base este proyecto y perfeccionar sus funciones para seguir desarrollando la comunicación infrarroja y su integración a proyectos de mayor envergadura.
2. Que el presente trabajo sirva como fuente de estudio e información para profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

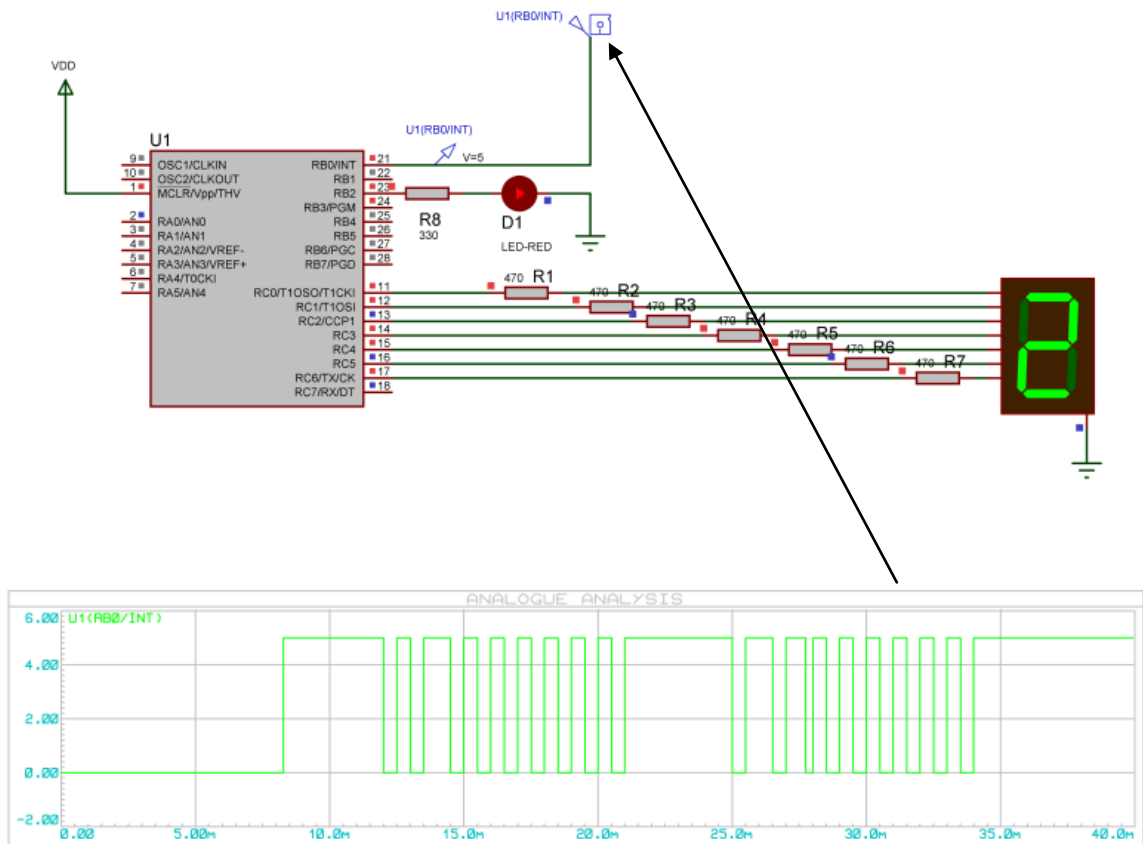
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANELLO, P. 2009. *Receptor de códigos de control remoto RC5 de Philips* [Online]. Argentina. Available: <http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/mc/receprc5/index.htm> [Accessed 2010].
- CARLETTI, E. J. 2007. *Comunicación por infrarrojos*.
Descripción y funcionamiento. [Online]. Argentina. Available: http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_protocolorc5.htm [Accessed 2010].
- DATASHEETARCHIVE. 2006. *YJ162-1 Data Sheet* [Online]. Available: <http://datasheetarchive.com> [Accessed 2010].
- EQUIGUA, M. L. S. 2001. *TEMAS PARA INVESTIGACION SOBRE CODIFICACION EN FIBRA OPTICA* [Online]. Universidad de Colima. Available: <http://webuniversitario.ucol.mx/~al915109/codigos.htm> [Accessed 2010].
- MICROCHIP. 2003a. *28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers* [Online]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/74970/MICROCHIP/PIC16F870.html> [Accessed 2010].
- MICROCHIP. 2003b. *MPLAB IDE v6.xx Quick Start Guide* [Online]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51519a.pdf> [Accessed 2010].
- MICROPIC. 2007. *Interpretando mando infrarrojos con dsPIC*. [Online]. España. Available: http://www.micropic.es/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=1 [Accessed 2010].
- PALAZZESI, A. 2009. *El protocolo de los Controles Remotos Philips* [Online]. Pehuajo-Buenos Aires-Argentina. Available: http://www.ucontrol.com.ar/Articulos/protocolo_de_los_controles_remotos_philips_RC5/protocolo_de_los_controles_remotos_philips_RC5.htm [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001a. *Infrared Teory* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands. Available: <http://sbprojects.com/knowledge/ir/ir.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001b. *ITT Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/itt.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001c. *JVC Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/jvc.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001d. *NEC Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/nec.htm> [Accessed 2010].

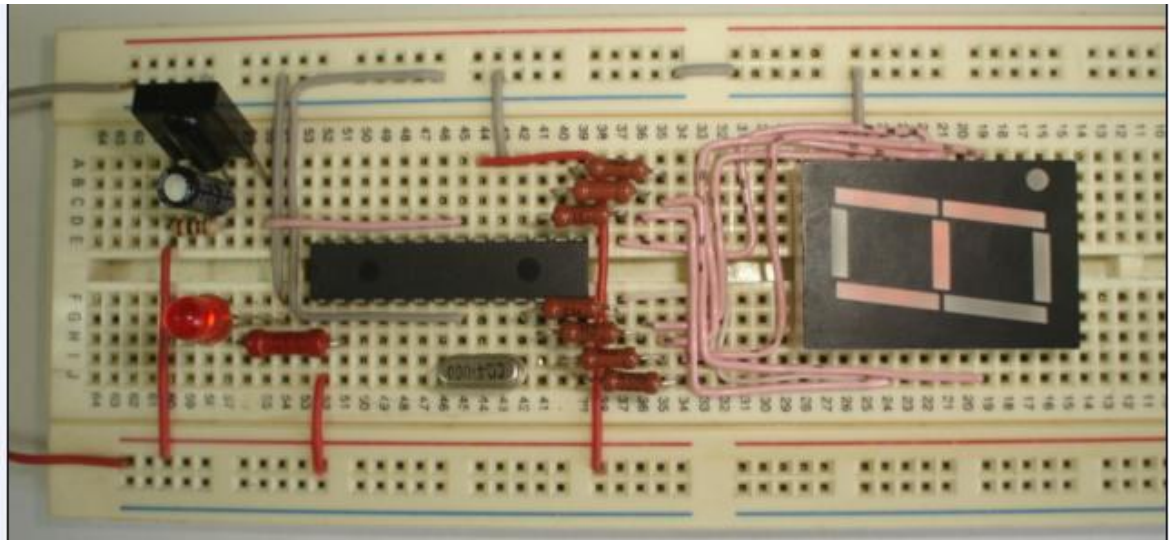
- SB-PROJECTS. 2001e. *Nokia NRC17 Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/nrc17.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001f. *Philips RC-5 Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/rc5.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001g. *Sony SIRC Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/sirc.htm> [Accessed 2010].
- SB-PROJECTS. 2001h. *X-Sat Protocol* [Online]. San Bergmans, Oisterwijk, The Netherlands Available: <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/xsat.htm> [Accessed 2010].
- SERVICES, C. C. 2007. *C Compiler Reference Manual*. Brookfield, WI, E.U.
- TECHNOLOGIES, R. 2007. *User's Guide for D11000 Series*.
- TELEFUNKEN, V. 2000. *Photo Modules for Remote Control Systems*. 2010. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/215919/VISHAY/HS0038A2.html> [Accessed 10-Marzo-2000].
- V., I. C. A. N. 2004. *Control Remoto Infrarrojo* [Online]. Universidad de Oriente Venezuela. Available: <http://www.bolivar.udo.edu.ve/microinternet/> [Accessed 2010].
- VALCARCE'S, J. 2005. *Como funciona un mando a distancia* [Online]. Available: http://javiervalcarce.es/wiki/Como_funciona_un_mando_a_distancia [Accessed 2010].
- WIKIPEDIA. 2010a. *Codigos en Linea* [Online]. Available: <http://webuniversitario.ucol.mx/~al915109/codigos.htm> [Accessed 2010].
- WIKIPEDIA. 2010b. *Mando a Distancia* [Online]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Mando_a_distancia [Accessed 2010].
- WIKIPEDIA. 2010c. *Protocolo de comunicaciones* [Online]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_comunicaciones [Accessed 2010].

ANEXOS

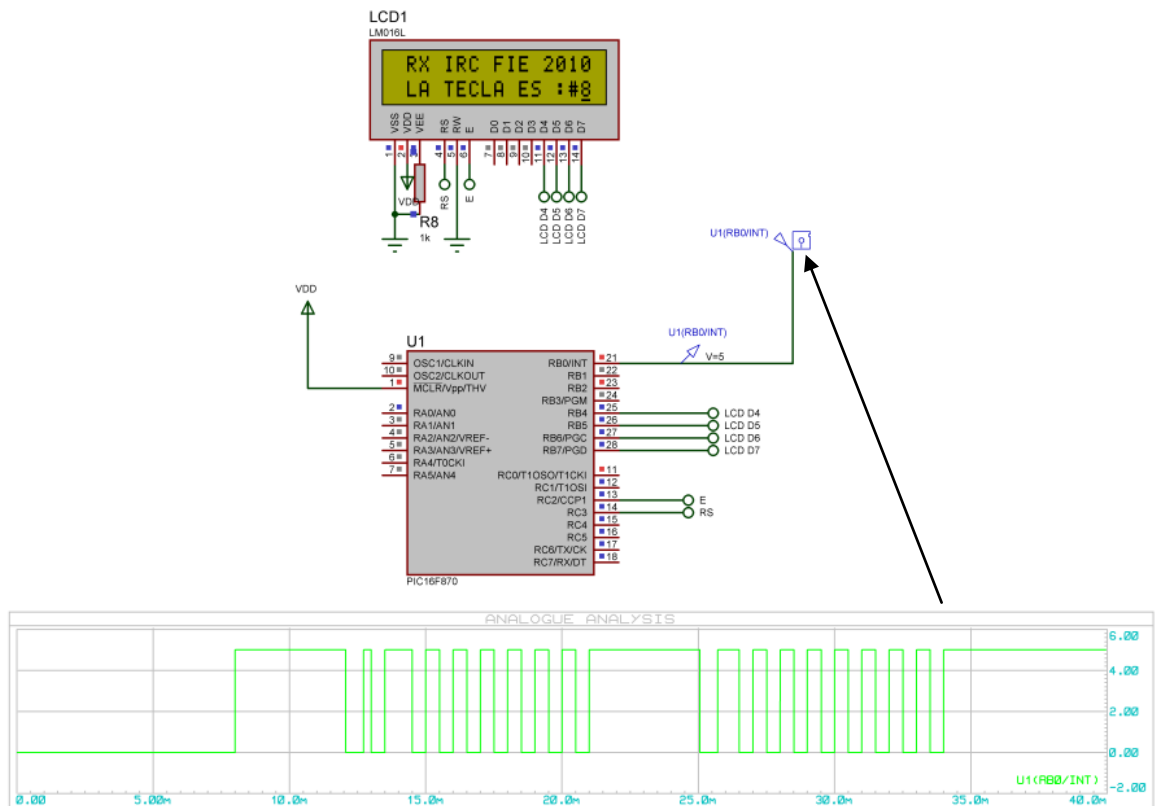
Anexo I Simulación comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de display de 7 segmentos.



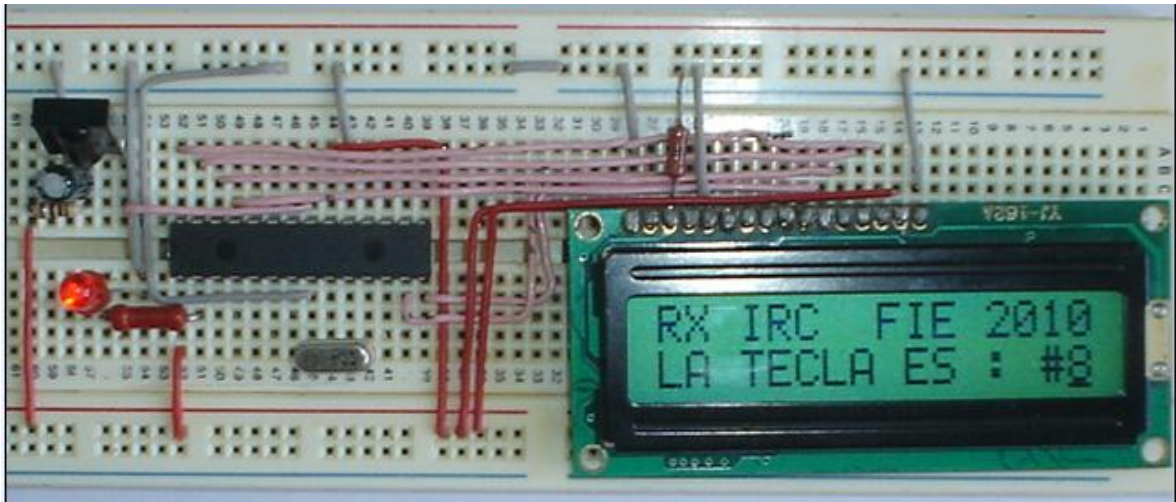
Anexo II Comunicación Control Remoto-PIC con visualización a través de *display* 7 segmento.



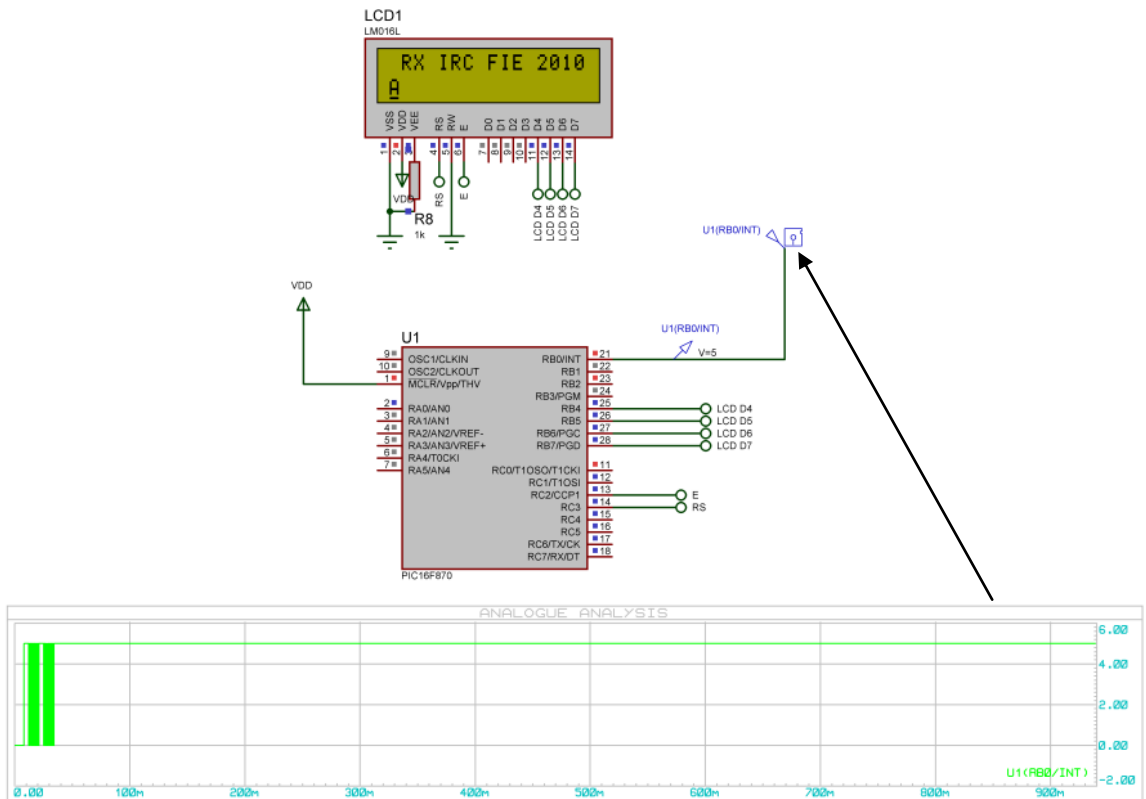
Anexo III Simulación comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación a través de *display* LCD.



Anexo IV Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de identificación de teclas a través de *display* LCD.



Anexo V Simulación de recepción de teclas para la escritura de textos.



Anexo VI Comunicación Control Remoto-PIC con visualización de texto a través de *display* LCD.

