

Journal of Engineering Research

ISSN 2764-1317

vol. 5, n. 9, 2025

... ARTICLE 7

Acceptance date: 29/12/2025

ILUSTRACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICO

Oscar Leopoldo Pérez Castañeda

Tecnológico Nacional de México / Instituto
Tecnológico de Tehuacán, México
Departamento de Ingeniería Eléctrica-
Electrónica
<https://orcid.org/0000-0002-3271-5479>

Jesús Daniel Pérez Castañeda

Tecnológico Nacional de México / Instituto
Tecnológico de Tehuacán, México
Departamento de Ingeniería Eléctrica-
Electrónica
<https://orcid.org/0000-0001-7774-8031>

José Enrique Salinas Carrillo

Tecnológico Nacional de México / Instituto
Tecnológico de Tehuacán, México
Carrera de Ingeniería Civil
<http://orcid.org/0000-0002-4559-3132>

María Fernanda Tovany Salvador

Tecnológico Nacional de México / Instituto
Tecnológico de Tehuacán, México
Departamento de Ingeniería Eléctrica-
Electrónica
<https://orcid.org/0009-0001-3425-3116>



All content published in this journal is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



RESUMEN: Actualmente resulta casi imposible encontrar un equipo electrónico que no sea manejado a distancia y sin cables, i.e., utilizando comunicación inalámbrica. Múltiples tipos de comunicación inalámbrica son disponibles actualmente; uno de los más utilizados es aquel basado en rayos infrarrojos. Este tipo de comunicación ofrece parámetros interesantes como son su amplio ancho de banda; una longitud de onda cercana a la de la luz (sin poder atravesar objetos sólidos), y además no necesita de autorización alguna para su uso, exceptuando el sector salud quien limita la potencia de la señal transmitida. Las características anteriores han tornado muy interesante este tipo de comunicación. Para utilizar en general un tipo de comunicación resulta necesario un protocolo de comunicación. Existen diversos protocolos de comunicación inalámbrica, yendo desde los más simples hasta los más complejos. Una de las áreas de aplicación de la comunicación inalámbrica y pionera es el del manejo de aparatos electrodomésticos. Cada fabricante de electrodomésticos usa su propio protocolo de comunicación. Por ejemplo, Panasonic utiliza el protocolo RC80; Philips el RC45, y SONY el SIRC, utilizando este último una decodificación simple. Este trabajo tiene como finalidad ilustrar y presentar el funcionamiento de un protocolo de comunicación inalámbrico. Aquí se analiza el protocolo SIRC de SONY y se implementa su decodificación utilizando una MCU modesta, para ilustrar su funcionamiento, simplicidad de este protocolo así como sus ventajas.

PALABRAS-CLAVE: protocolo de comunicación, SIRC SONY, MCU, microcontrolador, PIC 16F877A.

INTRODUCCIÓN

SONY utiliza un protocolo de control serial por ancho de pulso, para el control serial por cable de sus dispositivos. Este protocolo es conocido como SIRC (Serial InfraRed Control) el cual puede verse como una adaptación al infrarrojo.

La utilización de un control de diferentes equipos electrónicos ha beneficiado a sus clientes tanto en confort como económicamente. En sus inicios, el manejo o control de equipos de entretenimiento estaba basado en la utilización de cables, i.e., comunicación a base de cables. Con el tiempo y el avance tecnológico la comunicación inalámbrica apareció como una alternativa práctica, cómoda y más económica para el control de equipos electrónicos. La comunicación inalámbrica puede estar basada en microondas, radio-frecuencia, infra-rojo (IR), etc. Esta última, ha sido utilizada por varios fabricantes de equipos electrónicos porque es relativamente sencilla de diseñar e implementar, de costos muy accesibles, decodificación segura y el número de dispositivos a controlar es relativamente elevado. Como todo, presenta algunas desventajas como son su corto alcance en la transmisión-recepción así como su inhabilitación en la comunicación si hay obstáculos entre el transmisor y el receptor. Pero como las ventajas superan a las desventajas, este protocolo ha sido utilizado por el fabricante.

En este artículo el protocolo SIRC de SONY es presentado con el objetivo de entender el funcionamiento e implementación de un protocolo basados en IR usando una MCU. Para ilustrar el funcionamiento del protocolo un motor de CD fue utilizado.

Marco teórico

Comunicación IR

La comunicación IR está basada en el uso de un haz de luz. La transmisión basada en IR debe ser lo suficientemente intensa con la finalidad de que no sea contaminada por las posibles fuentes de luz que puedan existir alrededor del transmisor/receptor (ventanas, televisiones, lámparas, etc.). El ancho de banda del haz de luz de IR es de 30 Mbps como máximo. Los controles remotos IR usan pulsos de luz invisible, aproximadamente de 950 nm. Para que la radiación sea llevada a cabo es necesario un transmisor (fuente de luz) y un receptor (detector de luz). La presencia de un obstáculo entre el Tx (Transmisor) y el Rx (Receptor) es propensa a una recepción errónea de datos. En condiciones aceptables la dispersión o reflexión de luz de los muros permite que la comunicación continúe trabajando correctamente. Obstáculos como pueden ser los muros o paredes entre el Tx y el Rx inhabilita la comunicación. Esta limitación de los controles de aparatos electrónicos basados en IR simplifica los protocolos de comunicación. Todos los controles remotos que usan el mismo modelo y que tienen el mismo dispositivo usan una codificación similar. Un acoplamiento explícito entre el Tx y el Rx no es necesario; prácticamente no hay regulación de la máxima potencia de luz emitida. Para garantizar que la señal IR no se vea contaminada por la presencia de otras señales como balastras o lámparas fluorescentes, es recomendable que la señal del control remoto sea pulsada en on-off (encendido-apagado) a un valor de frecuencia de aproximadamente 38 KHz. La información es modulada usando una clave de on-off. La información a enviar es realizada bit a bit, el cual es representado por un ancho de pulso codificado o en código

Manchester. Esto permite que tanto el Tx como el Rx sean de bajo costo. Por parte del Tx sólo es necesario una MCU. El número de pines requeridos como entrada y salida son básicamente definidos por el número de botones en el controlador. El LED IR debe ser conectado a uno de los pines de salida de la MCU o en algunos casos manejado por una etapa adicional con una etapa con un transistor. En cuanto a la generación para la base de tiempo, un cristal o un oscilador RC (Resistor-Capacitor) de baja frecuencia es utilizado.

Por parte del receptor la electrónica utilizada está básicamente definida por un transistor sensible IR. Actualmente, los dispositivos utilizados son encapsulados en un componente receptor IR integrado, el cual no solamente incluye el transistor IR sino también un demodulador y un circuito con ganancia automática. Esto no tan solo asegura conectividad entre los dispositivos sino que también reduce considerablemente el espacio físico ocupado. Su salida es una señal digital la cual limpia los bordes para un manejo más fácil del protocolo usando una MCU.

Protocolo IR

La mayoría de los protocolos IR disponen del siguiente frame (trama): el header (encabezado) o start (bit de inicio); un comando, el cual para una televisión como dispositivo a controlar puede ser subir/bajar volumen y; la dirección de dispositivo, la cual es la misma para todos los dispositivos del mismo modelo y tipo. La mayoría de los protocolos usan una de las siguientes técnicas de modulación representando bits 0 lógico y 1 lógico sobre una portadora que ronda el valor de las decenas de kilos Hz:

- **Codificación por ancho de pulso:**

Esta técnica está basada en la PWM (Pulse Width Modulation). El bit de información es representado por el ancho de pulso de la señal. Esto hace más simple decodificar la información del lado del receptor con una MCU midiendo la duración del ancho de pulso usando un timer (temporizador).

- **Código Manchester:** Una de las ventajas de este código se debe a que está libre de componentes en CD, habilitando al receptor para sincronizarse con el umbral de llegada de niveles lógicos alto y bajo. La decodificación es ligeramente más difícil del lado de la MCU receptor puesto que la dirección del borde en medio de cada bit dato tiene que ser detectada (subida o bajada).

Dos protocolos comerciales comúnmente usados son el RC5 y el SIRC. El protocolo RC5 fue inicialmente definido por Philips y el SIRC por SONY. Ambos son ampliamente usados para equipos de entretenimiento. Estos dos ejemplos de protocolo muestran las diferencias típicas entre los protocolos comunes de IR. Mientras el RC5 usa la codificación Manchester, SIRC usa la codificación basada en PWM. Es importante considerar que el protocolo RC5 primero transmite el MSB (Most Significant Bit, bit más significativo); mientras que el protocolo SIRC por el contrario, primero envía el LSB (Least Significant Bit, bit menos significativo).

Protocolo SIRC

El protocolo de comunicación SIRC dispone de tres versiones de protocolo; la diferencia entre ellos se centra en la longitud de los datos del mensaje: 12, 15 y 20 bits. En este trabajo la longitud de 12 bits fue utilizada. Cada versión dispone del header, encabezado o bit de inicio, términos que hacen alusión a lo mismo, dependiendo de la literatura; además de un comando y, finalmente de un dispositivo.

Bit de inicio

Toda codificación de un mensaje que deba ser transmitido necesita de un protocolo de comunicación, el cual generalmente está compuesto por un bit de inicio, bits 0 y bits 1 bien definidos. En el caso del protocolo SIRC el bit de inicio tiene un ancho de pulso que tiene un valor en alto o en 1 lógico de $4T$ o bien de 2.4ms , donde T representa una señal con ancho de pulso de 600 ms , por lo que $4T = 4 \times 600\ \mu\text{s} = 2400\ \mu\text{s} = 2.4\text{ ms}$, ver figura 1.

Después de que se ha enviado el bit de inicio, le siguen en orden los demás pulsos, los cuales en cuanto a su ancho de pulso son más cortos, y representan los bits 0 y 1.

bit 0. Un bit 0 es codificado mediante un pulso de ancho T en alto y un pulso de ancho T en bajo. Así, un bit de valor 0 es aquel formado por una señal de valor en alto de $600\ \mu\text{s}$ más un valor en bajo de $600\ \mu\text{s}$, lo cual suma $1200\ \mu\text{s} = 1.2\text{ ms}$, figura 2.

bit 1. Un bit 1 es codificado mediante un pulso con un ancho de $2T$ en alto lo que es igual a 1.2 ms mas un valor en bajo de T ; sumando lo anterior el resultado es de 1.8 ms , figura 2.

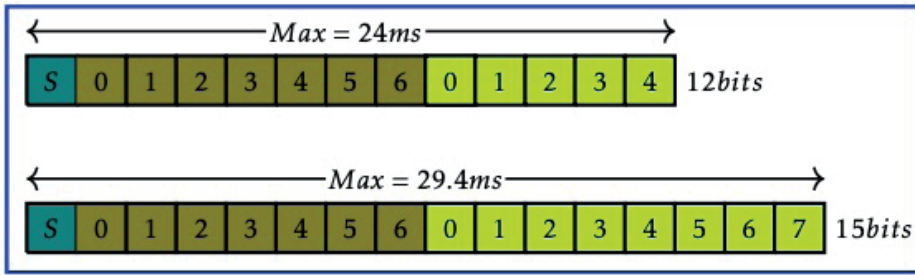


Figura 1. Figura original; idea tomada de <http://picprojects.org.uk>.

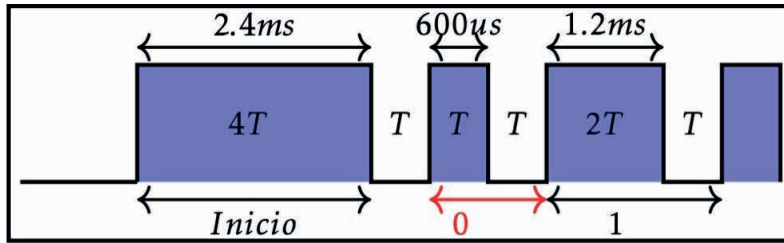


Figura 2. Figura original; idea tomada de: Libertad en la Electrónica.

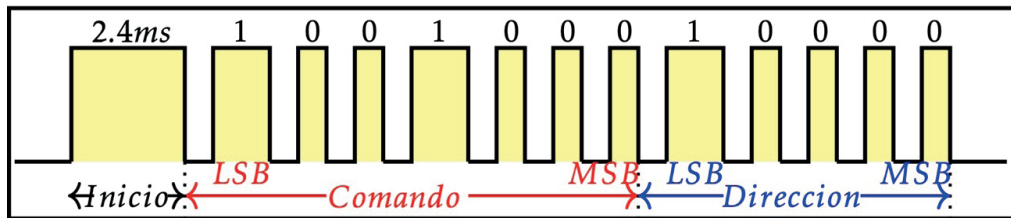


Figura 3. Ilustra las tres partes del protocolo SIRC de 12 bits.

Lo anteriormente expuesto, conduce a que los bits de este protocolo tienen una duración bien determinada en cuanto a su ancho de pulso en alto o 1 lógico. Así, el bit de inicio tiene una duración en alto de 2.4 ms; el bit 0 tiene una duración en alto de 600 μ s y, finalmente el bit 1 tiene una duración de 1.2 ms en alto, lo cual es ilustrado en la figura 2.

Así que, tanto el bit de inicio, el comando y la dirección, forman la trama o mensaje completo para el protocolo SIRC. En la figura 3 se muestran estas tres partes .

En la figura 3 se puede apreciar que en el protocolo SIRC se envía primero el bit de Inicio y seguido de ello se envían tanto el Command (comando), que indica la acción a realizar y por último la Address (dirección) el dispositivo que debe realizar tal acción. Además, es necesario considerar que primero se envía el LSB y finalmente el MSB tanto para el comando como para la dirección. Nótese que los bits que representan un 1 tienen el doble de ancho de pulso en alto que los que representan un 0.

En un protocolo de 12 bits se disponen de 7 bits para el Command y 5 bits para la Address. En cuanto al Command, los 7

bits permiten disponer de hasta $2^7 = 128$ diferentes comandos. Como ejemplo de comandos se tiene, encendido, apagado, silencio (mute), subir volumen, bajar volumen, subir canal, bajar canal, aumentar contraste, disminuir contraste, etc. En lo relacionado con la dirección, los 5 bits permiten tener acceso hasta $2^5 = 32$ diferentes dispositivos; por ejemplo, televisión, unidad de disco láser, VCR1, VCR2, etc. Todos estos elementos deben ser considerados para la decodificación del protocolo SIRC.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Transmisor/receptor

Para el desarrollo de este proyecto algunos dispositivos diferentes fueron considerados. Por parte del transmisor se hizo uso de un control universal SONY 50T U50 para controlar la aplicación, en este caso un motor de CD. Por parte del receptor, el receptor IR TFM 5560 fue utilizado. La señal demodulada por este dispositivo es decodificada posteriormente por una MCU. Se debe considerar que la señal de salida de este dispositivo es negada. Al analizar por medio del osciloscopio la señal enviada por el control remoto, se notó que la señal recibida estaba muy contaminada de ruido. Así que, se agregó dentro del diseño un circuito digital Schmitt Trigger, en particular el HD74LS14P. Este dispositivo usa la histéresis para evitar el ruido que pudiera enmascarar a la señal original, lo que pudiera generar falsos cambios de estado si los niveles de referencia y de entrada son parecidos. Seguido de ello, se considera a la MCU o microcontrolador, que en este caso fue un PIC 16F887, el cual se encarga de decodificar la información re-

cibida. Este PIC ejecuta el algoritmo de decodificación y genera las salidas de acuerdo al comando y dirección seleccionados por el control SONY, para manipular al motor de CD. En la etapa de acoplamiento y manejo del motor, se utilizó un driver Puente H L293B; es un driver de 4 canales capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1 A por canal. Cada canal es controlado por señales TTL, es decir 5V. El diagrama a bloques 1 muestra la conexión entre los diferentes dispositivos.

El PIC16F887 fue programado para la decodificación considerando lo siguiente: el botón 0 del control SONY hace girar el motor a la izquierda, el botón 1 del control corresponde al comando de detener motor y el botón 2 del control para girar a la derecha, finalmente el botón 3 del control se utiliza para giro libre del motor. La figura 4 muestra el diagrama esquemático del sistema.

Material, equipoy software utilizado

El material y equipo utilizado para este proyecto es presentado en la tabla 1. En lo relacionado al equipo utilizado, se dispuso de un (1) generador de funciones BK PRECISION 4011A, un (1) osciloscopio Tektronix TDK 1012, una computadora personal y un programador de micro-controladores PICKit. El lenguaje para programar el PIC16F887 fue el PIC CCS.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Con la finalidad de verificar el funcionamiento de este sistema se realizaron varias pruebas. La primera de ellas fue verificar si el micro-controlador o MCU decodificaba los pulsos. Para ello se utilizó un osciloscopio y se midió la salida decodificada por el micro-

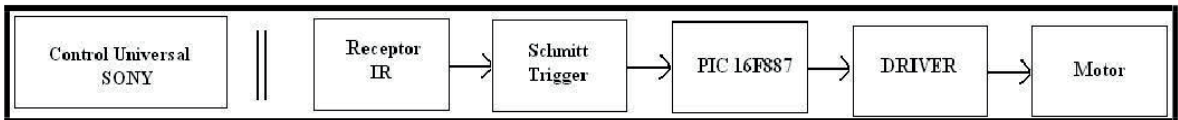


Diagrama de bloques 1.

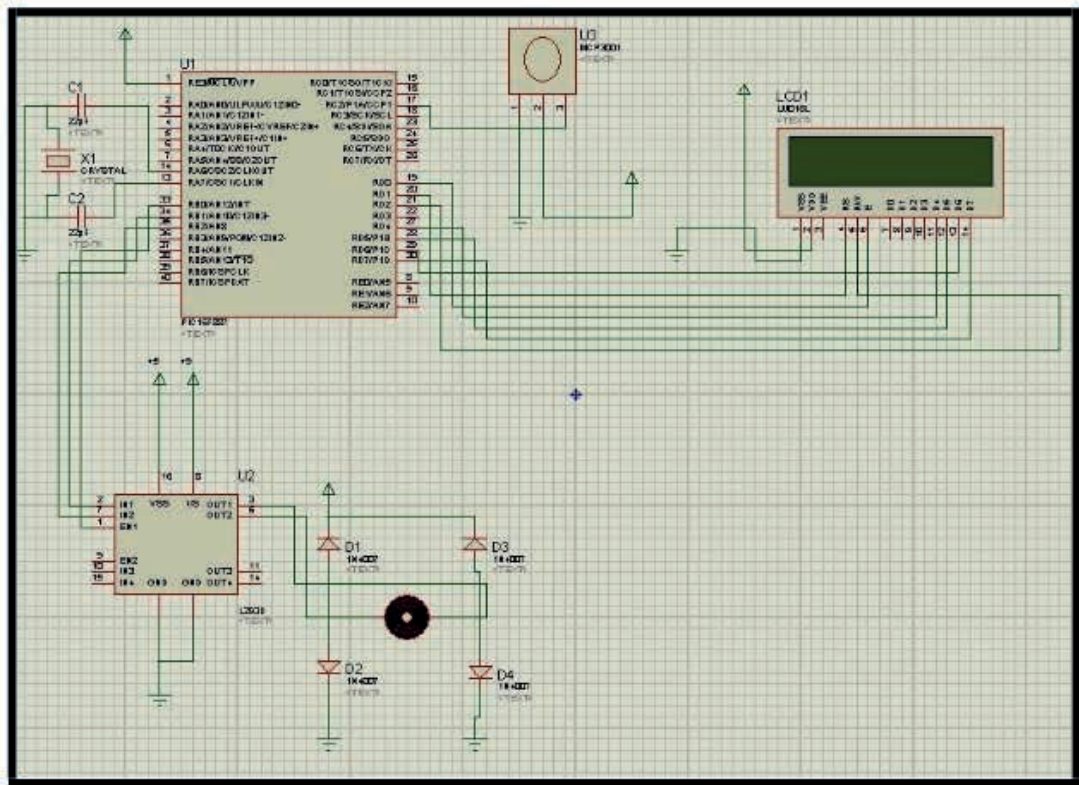


Figura 4. Diagrama esquemático del sistema.

Cantidad	Producto	Descripción
1	16F887	Micro-controlador
1	LCD	Display de Cristal Líquido
1	HD74LS14	Schmitt Trigger
1	L293B	Driver
1	TFM5560	Receptor IR
1	SONY 50T-U50	Control Universal SONY
1	MOTOR 5 V CD.	Motor CD.

Tabla 1. Material utilizado en el proyecto.

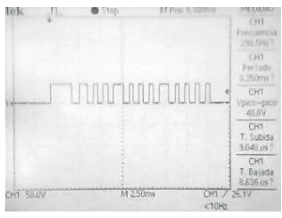
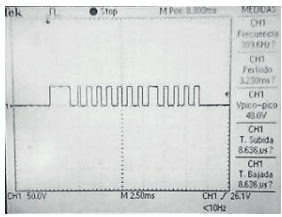
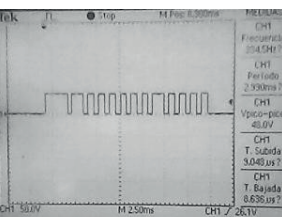
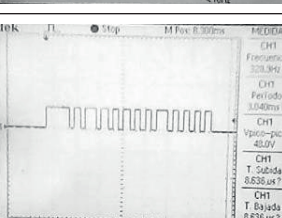
Botón de control SONY	Comando	Dispositivo (motor CD)	Imagen mostrada por el osciloscopio
	Valor binario		
Canal 0	Giro a la izquierda	00001	
	0001001		
Canal 1	Paro	00001	
	0000000		
Canal 2	Giro a la derecha	00001	
	0000001		
Canal 3	Giro libre	00001	
	0000010		

Tabla 2. Comandos, dispositivo e imagen tomada por el osciloscopio.

-controlador PIC. Se conectó un display de cristal líquido (LCD) al PIC para que mostrara la frecuencia medida y se comparó con la registrada por el osciloscopio. Después se verificó si funcionaban los botones de encendido y apagado del control SONY. Para ello se conectó un LED en uno de los pines I/O Input/Output (Entrada/Salida) general del PIC, el cual al presionar el botón de encendido del control SONY, encendía el LED y al presionar el botón de apagado del control, se apagaba el LED. Seguido de ello, se verificó si funcionaban los botones correspondientes al control del motor. Se probó fi-

nalmente el funcionamiento del motor manipulado por el control SONY, obteniendo resultados positivos. En la tabla 2 se muestran de manera resumida los resultados.

CONCLUSIONES

La implementación del protocolo SIRC de SONY para el desarrollo de esta aplicación permitió comprender con mayor profundidad el funcionamiento de los protocolos IR, en particular los comerciales. Se verificó la relativa facilidad con que se puede decodificar la señal enviada por el transmi-

sor. Los dispositivos utilizados se consideran asequibles y económicos. Esta economía considerable para la implementación del receptor de IR, corrobora el porqué son tan utilizados los protocolos IR. La versatilidad y funcionalidad del MCU PIC16F887 se puso de manifiesto, ya que la programación del algoritmo de decodificación fue relativamente sencilla. El número de bits manejado por el protocolo lo hace bastante atractivo, ya que con el protocolo SIRC de SONY de 12 bits, permite que se dispongan de hasta 128 comandos para un solo dispositivo, sin considerar los 32 dispositivos o funciones que se pueden manejar con los 5 bits restantes.

Para aplicaciones donde se necesita de comunicación IR con una cantidad elevada de comandos, el protocolo SIRC, resulta una muy buena opción a utilizar, además de ser tanto económica como sencilla de programar.

REFERENCIAS

DataSheet HD74LS14

DataSheet L293B

DataSheet PIC16F887

DataSheet SONY 50T-U50

DataSheet TFM-5560

Decoding Remote IR controls. http://www.ee.washington.edu/circuit_archive/text/ir_decode.txt Sony S-Link Resource Center. <http://www.brian-patti.com/>

MANCHESTER CODING BASICS, Atmel. www.atmel.com

Decoding a Manchester Encoded Signal. https://digilent.com/reference/test-and-measurement/guides/manchester-encoding?srsltid=AfmBOorxBkRO4BeYfCprcmSUsVuJDDv4st82SCmb1hnmjMWL4E_sSG1i

RemoTITM IR Signal Generation Application Note. Application Note AN091. <https://www.ti.com/lit/an/swra323/swra323.pdf>