



FACULTAD DE INGENIERIA

Universidad de Buenos Aires

CIRCUITOS DE PULSOS - 66.19

Trabajo práctico final

Diseño e implementación de un circuito digital discreto
Repetidor de controles remotos infrarrojos

Alumnos:

LUNA Diego

diegorluna@gmail.com

Padrón N° 75451

Docentes:

Ing. FUCHS Jorge H.

Ing. HENTSCHEL Ricardo Gabriel

27 de julio de 2019

Índice

Índice	I
1. Objetivos	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Elección del tema del trabajo	1
2. Controles remotos infrarrojos	2
2.0.1. Decodificación	4
2.1. Esquema general de transmisión y recepción	5
3. Diseño circuital	8
4. Implementación del circuito	11
5. Observaciones y conclusiones	15
5.1. Dificultades encontradas	15
6. Bibliografía	17
Apéndices	19
A. Hojas de datos	19
A.1. IRM8601	19
A.2. NE555	19
A.3. 74HC04	19
A.4. 74HC14	19

Índice de figuras

2.1. pulse distance modulation	2
2.2. pulse width modulation	2
2.3. biphase modulation	3
2.4. código RC5 extendido	3
2.5. RC5 structure	4
2.6. Módulo receptor IR	5
2.7. Esquema en bloques del circuito de un módulo receptor IR	5
2.8. Esquema de transmisión y recepción IR	6
3.1. Circuito receptor	9
3.2. Circuito transmisor	10
4.1. Receptor implementado	12
4.2. Transmisor implementado	13
4.3. Conexión de los módulos	14

1. Objetivos

1.1. Objetivo

El objetivo del presente trabajo práctico es el diseño e implementación de un circuito digital discreto. Debería al menos cubrir algunos de los temas vistos en la materia, como ser lógica discreta de alguna de las familias expuestas, circuitos de tiempo, etc.

1.2. Elección del tema del trabajo

La elección o diseño de algún circuito digital, discreto, es decir que no incluya lógica programable, como ser micro-controladores, PAL, FPGA, etc, se hace complicado porque hoy día casi cualquier diseño incluye algo de esto. El circuito elegido se trata de un **repetidor de controles remotos infrarrojos**, el circuito permite mediante dos módulos, uno receptor y uno transmisor, controlar equipos con control remoto infrarrojo, aunque no se tenga línea de visión, por ejemplo si el equipo se encontrase en otra habitación. En la próxima sección se hace una breve explicación del funcionamiento de los controles infrarrojos comerciales para luego explicar el funcionamiento del circuito.

2. Controles remotos infrarrojos

Los controles remotos infrarrojos comerciales en general, se basan todos en el mismo principio de funcionamiento básico, un haz infrarrojo que se genera a partir de **LEDS** infrarrojos (**IREDs**), la frecuencia de la portadora es de alrededor de 40kHz, ya que esta frecuencia es la mas inmune a las fuentes infrarrojas que comúnmente se encuentran en el ambiente, principalmente la luz solar, tubos de luz fluorescente, etc, esta portadora modula un código binario codificado en uno de tres esquemas de codificación, el primero, **pulse distance modulation** (modulación por distancia de pulsos), como se ve en la figura [2.1], la información es contenida en la distancia entre los pulsos, siendo por ejemplo la distancia corta correspondiente a un 0 y la larga a 1, o viceversa.

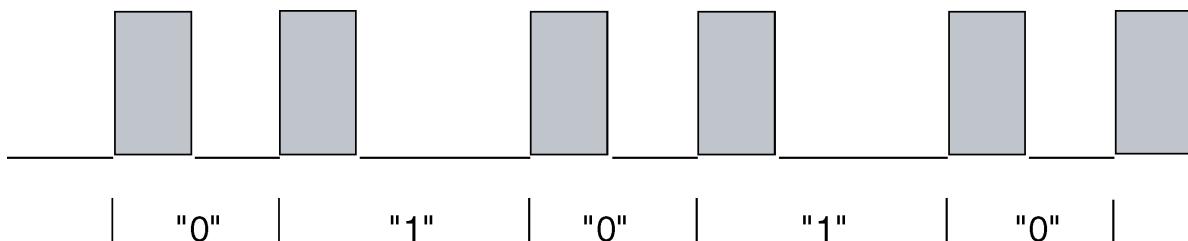


Figura 2.1: pulse distance modulation.

El segundo esquema de modulación corresponde a **pulse width modulation** (modulación por ancho de pulsos), como se ve en la figura [2.2], la información está codificada en el ancho de los pulsos, algo como la inversa del primer esquema.

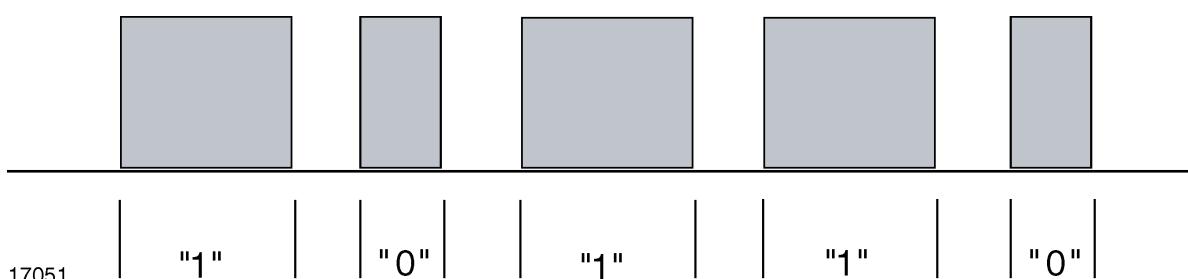
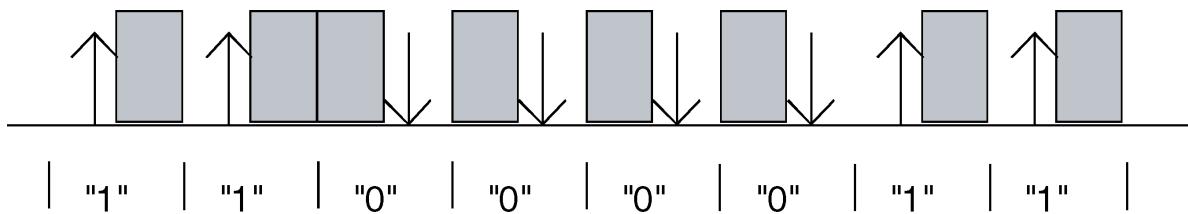


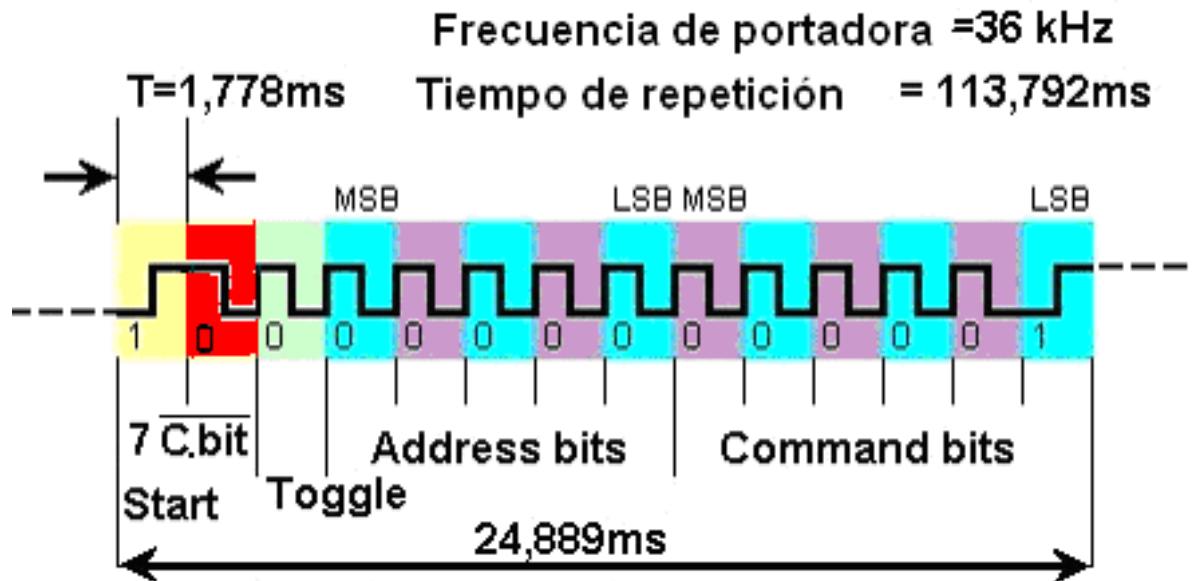
Figura 2.2: pulse width modulation.

El tercer y último esquema de modulación es **biphase modulation** (modulación de fase binaria), como se puede ver en la figura [2.3] la información se encuentra contenida en los cambios de nivel.

**Figura 2.3:** biphase modulation.

Estos 3 esquemas de modulación son usados por prácticamente todas las marcas comerciales, destacándose por ejemplo el esquema **RC5** de **Philips**, figura [2.4], es un esquema del tipo **biphase modulation** o el conocido esquema de codificación de **NEC** que es un esquema del tipo **pulse width modulation**, muchas otras marcas y proyectos independientes han adoptado uno de estos dos protocolos, también gran cantidad de proyectos hobbyistas eligen uno de estos protocolos por su especificación pública y disponibilidad de código de decodificación de varias fuentes open source.

Protocolo RC5 extended de philips

**Figura 2.4:** código RC5 extendido.

Todos estos protocolos utilizados a veces incluyen algunas variantes como ser, **headers** o **tails**, que se incluyen respectivamente, encabezando o terminando el código propiamente dicho que se repite mientras la tecla del control remoto se mantiene presionada, o la inclusión de un bit que cambia de una transmisión a la siguiente (usado para diferenciar una transmisión interrumpida de una diferente), pero en cualquier caso el código se encuentra modulado con la misma portadora, y algo importante, se mantiene la distancia temporal

entre los bloques de código, como se puede ver por ejemplo para el caso del código **RC5** en la figura [2.5]. En general la frecuencia de repetición del código es baja, en el orden de la decena de Hz.

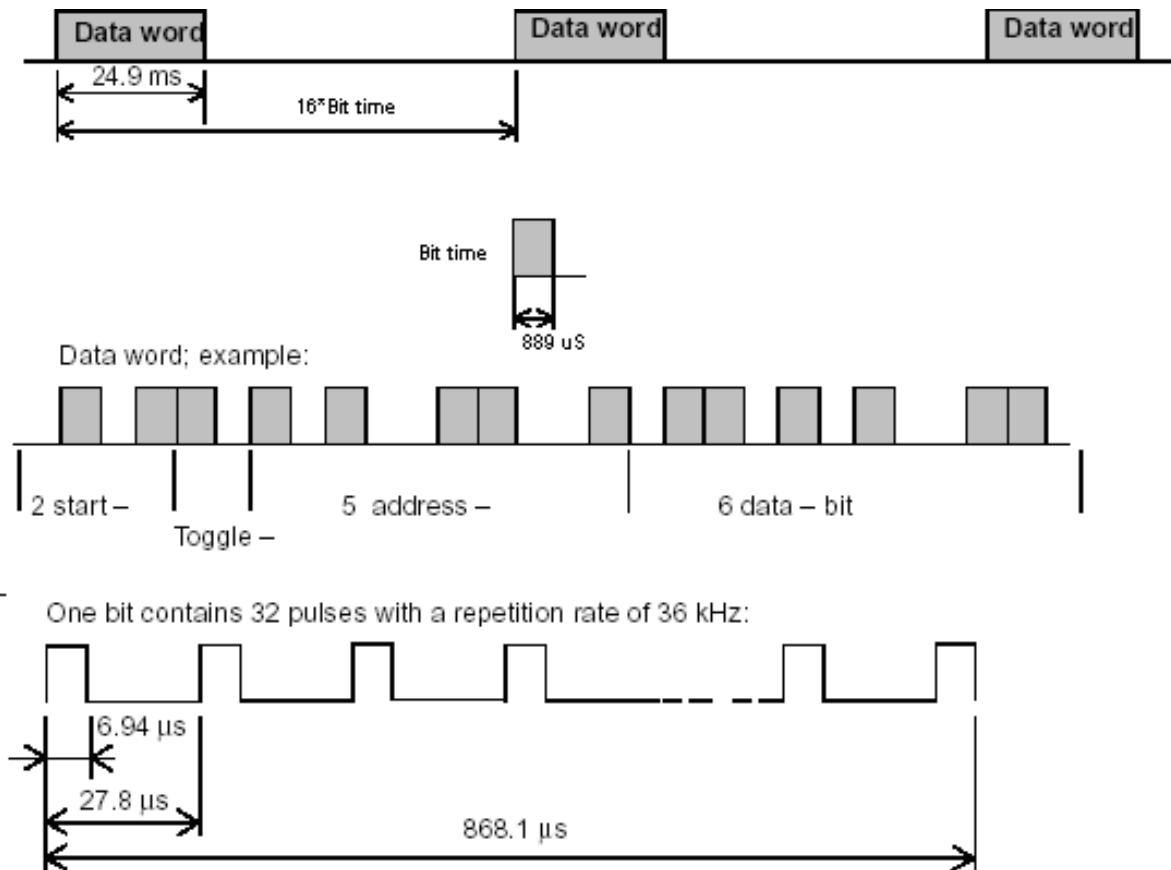


Figura 2.5: RC5 structure.

2.0.1. Decodificación

Como se mencionó anteriormente los controles remotos infrarrojos de uso comercial usan portadoras cercanas a 40kHz, la demodulación necesaria previa a la decodificación que se requiere es la parte mas compleja de la recepción, ya que requiere además de detectar la señal infrarroja (comúnmente realizado con un **foto-diodo infrarrojo**), de amplificación sintonizada, control automático de ganancia, adecuación de la señal, algún tipo de **schmitt trigger** para llevar la señal a valores lógicos, etc, este esquema es tan general que ya fue integrado, de manera que incluso equipamiento comercial, utiliza estos módulos y no circuitos discretos, un ejemplo de estos módulos que se consigue en el mercado local, y que se usó en el proyecto, son los de la familia **IRM86XX**, figura [2.6], donde los dos últimos dígitos identifican la frecuencia central de recepción a la cual está sintonizado ese particular receptor, por ejemplo el **IRM8601** está sintonizado en 36kHz.



Figura 2.6: Módulo receptor IR.

En la figura [2.7] se muestra un esquema en bloques de uno de estos módulos, donde se identifican los bloques anteriormente descriptos para la recepción y demodulación de una señal infrarroja.

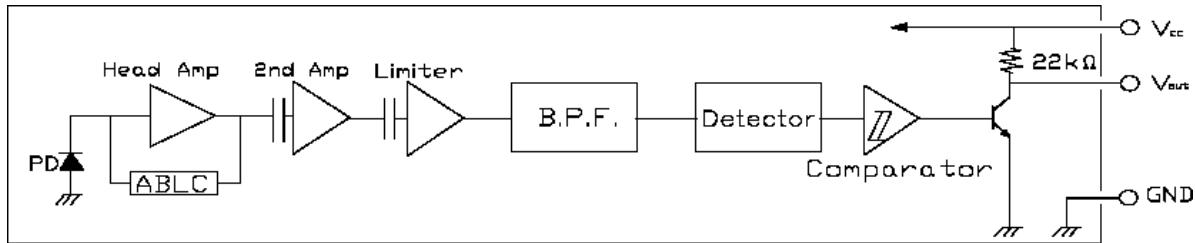


Figura 2.7: Esquema en bloques del circuito de un módulo receptor IR.

En general aunque cada protocolo tiene una frecuencia de portadora específica, la cercanía de las mismas hace que no sea necesario usar un módulo que coincida en forma exacta con la portadora a recibir, solo se tendrá una mayor atenuación al alejarse un poco de la frecuencia central, pero dada la gran sensibilidad de estos módulos, es común tener distancias de recepción en el orden de los 15m, es poco lo que afecta, y de ser necesario para un receptor mas universal podrían utilizarse un conjunto de estos módulos.

2.1. Esquema general de transmisión y recepción

En la figura [2.8] puede verse el esquema general de una transmisión y recepción infrarroja, en el mismo puede verse que con el módulo receptor se recupera el código ya sin modulación por la portadora, lista para ser decodificada, es esta señal la que este proyecto utiliza.

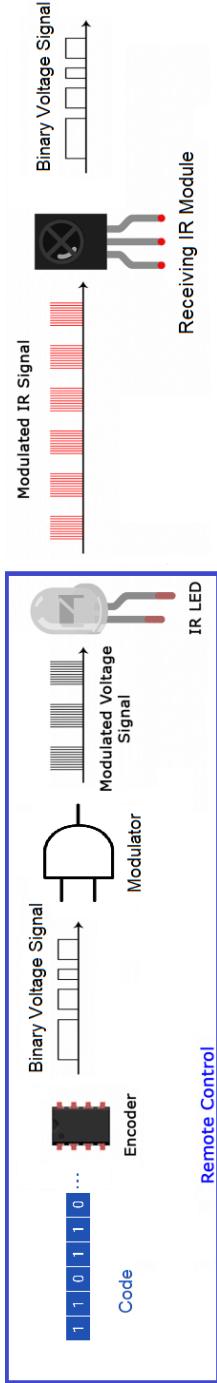


Figura 2.8: Esquema de transmisión y recepción IR.

La idea del circuito es bastante simple, básicamente se aprovecha la señal que genera el módulo infrarrojo para transportar el código recibido para poder volver a transmitirlo, en este caso la transmisión se realiza en banda base (no hay portadora), ya que dada la baja frecuencia de la señal, la misma puede ser transportada si gran degradación simplemente por un cable, pero el concepto se podría ampliar para transportar la señal por radio, un enlace dedicado, **bluetooth**, **zigbee** o algo de mayor alcance como ser **LoRa**.

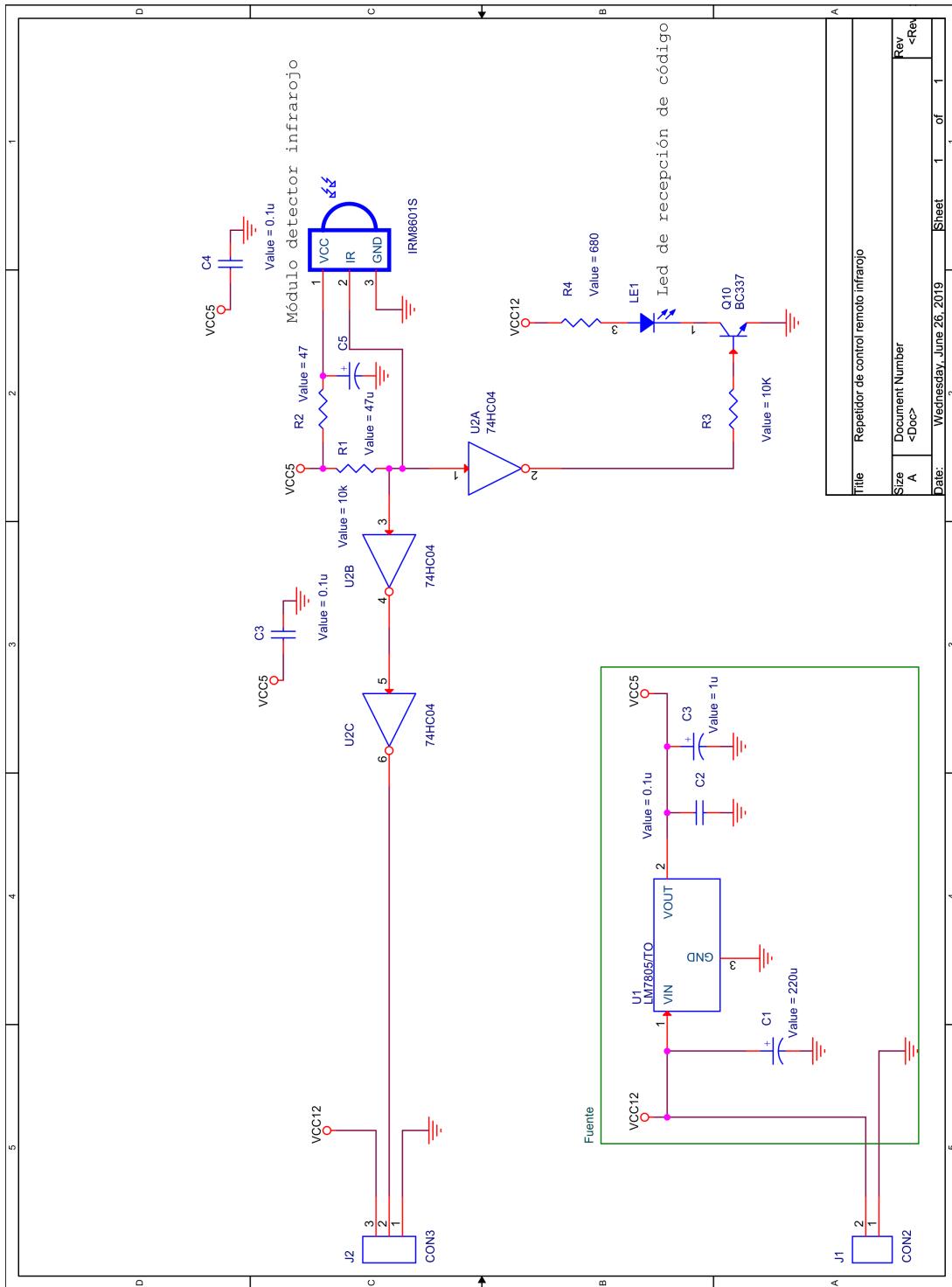
En el presente proyecto se utilizó un cable que puede ser sin problemas de hasta 30m de largo y posiblemente de mayor largo, se aprovechó también el cable para transportar alimentación para la parte transmisora del circuito.

3. Diseño circuital

El circuito está dividido en dos partes, la receptora, figura [3.1], y la transmisora, figura [3.2], la receptora cuenta con un módulo infrarrojo, que es alimentado por un regulador lineal (**LM7805**), que también alimenta el resto del circuito, que está formado por unas compuertas **NOT** (**74HC04**) usadas simplemente como buffers, para la transmisión por el cable y para activar un LED indicador que es manejado por un BJT (**BC337**).

La señal que se obtiene del módulo receptor está invertida respecto a la enviada, es por lo tanto necesario invertirla nuevamente en la parte transmisora del circuito. La señal que se obtiene es básicamente la misma que se envía a los LED infrarrojos, excepto que le falta la portadora. La portadora es re-generada con un multi-vibrador construido con un temporizador **NE555** configurado en modo astable, el circuito es una versión modificada del circuito típico, que permite una mayor precisión en la frecuencia y un menor ciclo de trabajo, cosa importante por necesitarse pulsos angostos de alta corriente en los LED infrarrojos de transmisión, este circuito utiliza un par de diodos (**1N4148**) y un transistor además de el resistor y capacitor del circuito standard. La frecuencia se ajusta con un preset multi-vuelta de $5\text{k}\Omega$ al valor adecuado, 36kHz en este caso.

La modulación se realiza directamente actuando con la señal modulante sobre la entrada **RESET** del **NE555**, dado que la señal está negada respecto de la señal que se desea enviar, habiendo usado una cantidad impar total de negadores en su camino, finalmente la señal producida por el temporizador tiene la fase correcta. La señal modulada resultante se envía a través de un BJT (**BC337**) a un par de diodos infrarrojos, por los mismos circulan pulsos de $0,5\text{A}$, logrando un gran alcance de la señal infrarroja.

**Figura 3.1:** Circuito receptor.

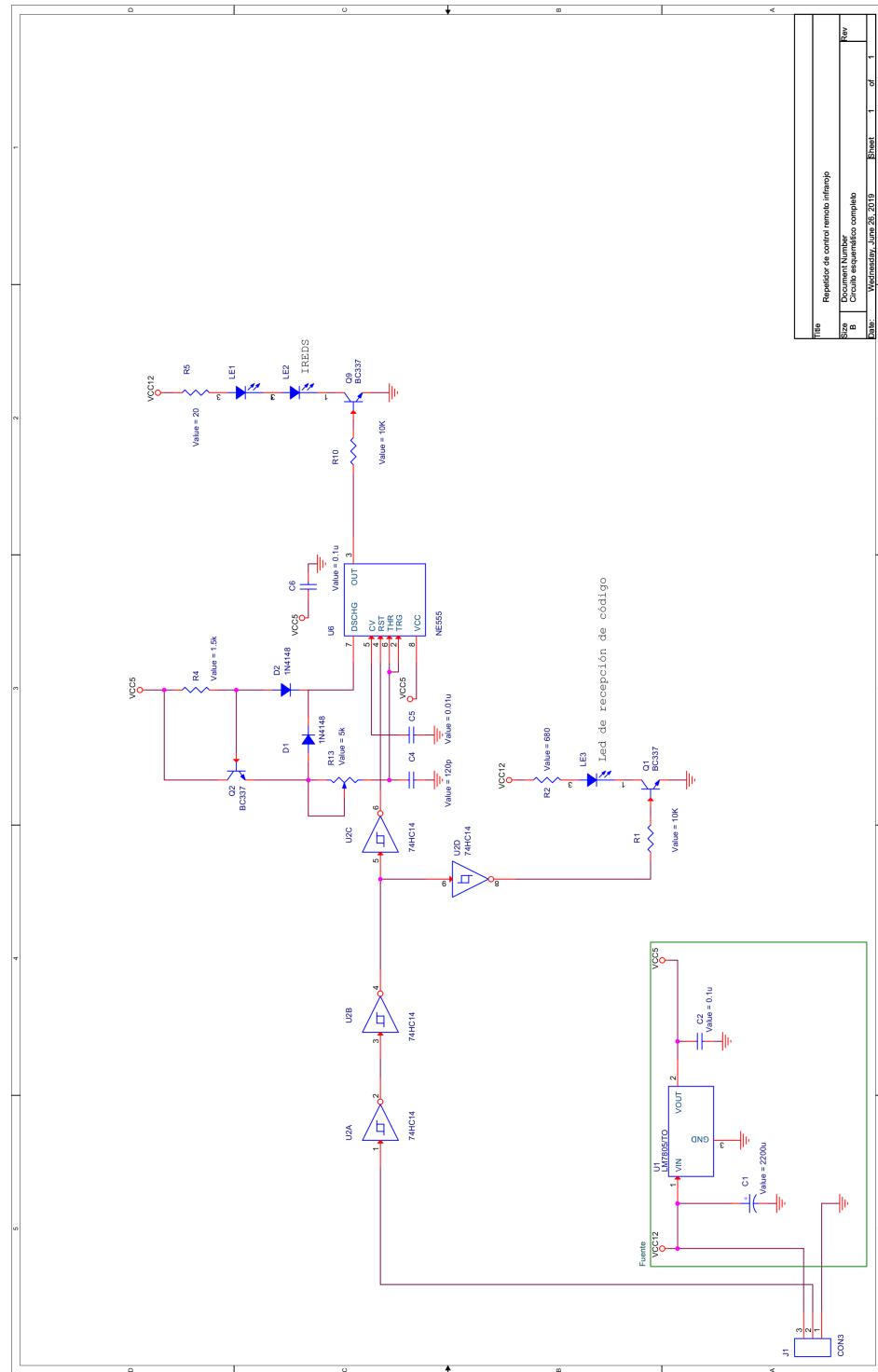


Figura 3.2: Circuito transmisor.

4. Implementación del circuito

El circuito se implementó en **PCB** de desarrollo, de las típicas de islas perforadas de paso 0,1'', los módulos se montaron en gabinetes plásticos con ventanas para la recepción y transmisión, con los LED indicadores en el frente de cada módulo. La alimentación de ambos módulos es con una fuente de continua de 12V a 16V, la cual se conecta con un plug standard, de modo similar el cable de interconexión se conecta con jacks de 3,5mm.

En las figura [4.1] y la figura [4.2] pueden verse respectivamente el receptor y el transmisor implementados y en la figura [4.3] puede verse la interconexión de ambos módulos con el cable y la conexión de alimentación.

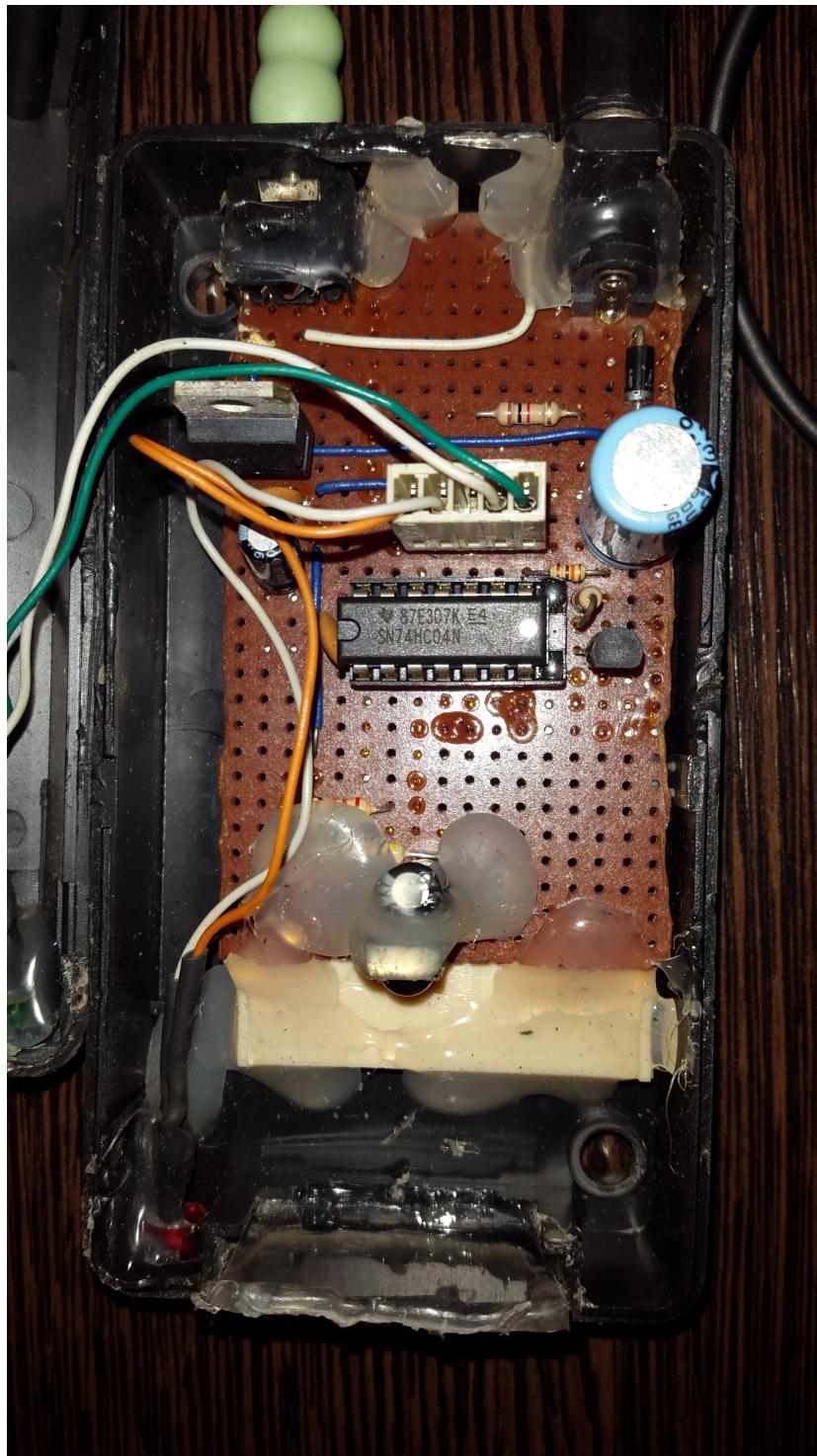


Figura 4.1: Receptor implementado.

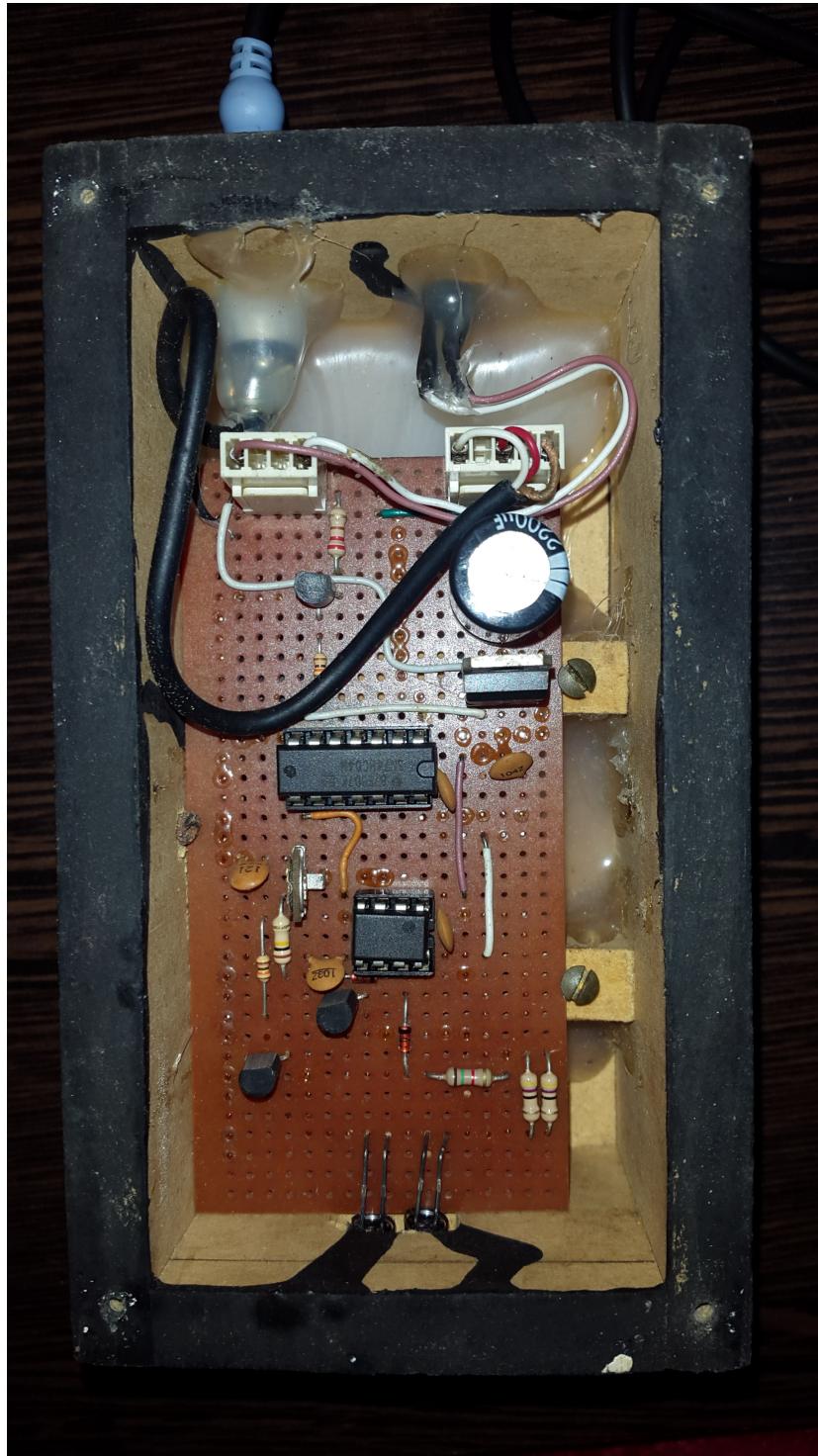


Figura 4.2: Transmisor implementado.

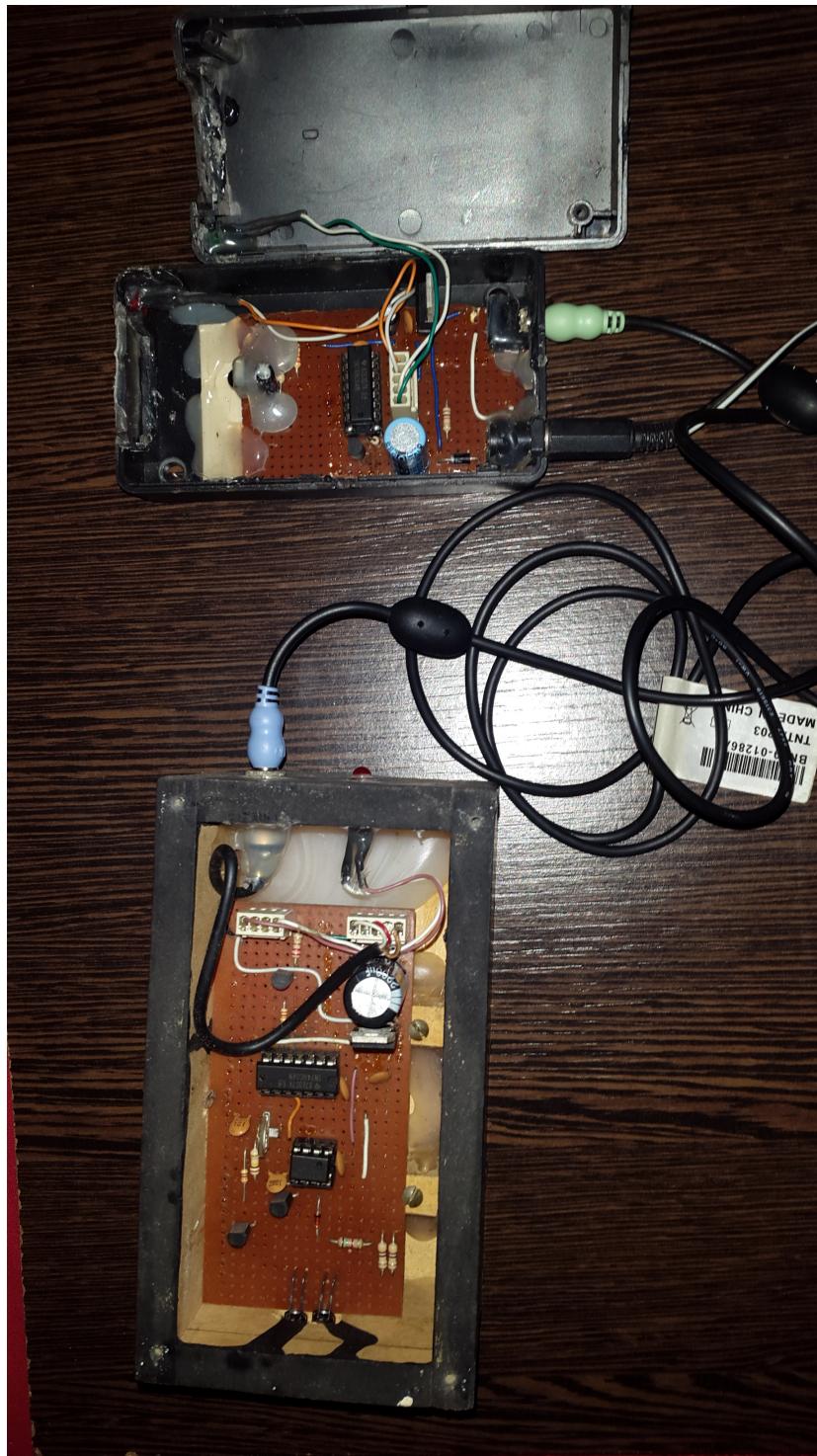


Figura 4.3: Conexión de los módulos.

5. Observaciones y conclusiones

5.1. Dificultades encontradas

El principal obstáculo fue la generación de la portadora con un ciclo de trabajo lo mas angosto posible, de modo de poder lograr pulsos de corriente alta y de corta duración en los LED infrarrojos, esto se solucionó con el circuito modificado del astable con el **NE555**.

Con el circuito ya funcionando adecuadamente se comprobó que aproximadamente a los 10m de cable, el funcionamiento circuito ya no era del todo confiable, habiendo ocasiones en que el código estaba corrupto y el equipo no respondía a los comandos, esto se solucionó reemplazando el **74HC04** inicialmente usado como buffer inversor por un **74HC14**, negador **schmitt trigger**, con colo este cambio, se pudo usar sin ningún problemas cable de mas de 30m.

6. Bibliografía

Referencias

[1] *Digital Design: Principles and Practices (4th Edition)*

Author: John F. Wakerly

Publisher: Pearson

Copyright: © 2006, Pearson

ISBN 13: 9780131863897

Website: [Digital Design: Principles and Practices \(4th Edition\)](#)

[2] *Electrónica digital integrada (1^{er} Edición)*

Author: Taub, Herbert

Author: Schilling, Donald

Publisher: Marcombo, S.A., Madrid

Copyright: © 1980, Marcombo, S.A

ISBN 10: 8426703852

ISBN 13: 9788426703859

Website: [Electrónica digital integrada \(1^{er} Edición\)](#)

[3] *Microelectronic circuits (5th Edition)*

Author: Adel. S. Sedra

Author: Kenneth C. Smith

Publisher: Oxford, University press; 5th Edition (2004)

Copyright: © 2004, 1998, 1991, 1987, 1982, Oxford, University press Inc.

ISBN 10: 0195142527

Website: [Microelectronic circuits \(5th Edition\)](#)

Apéndices

A. Hojas de datos

A.1. IRM8601

IRM8601

Infrared Receiver Module

Manufacturer page: <http://www.everlight.com/SeriationProduct.aspx?Seq=bad52f62-2605-e411-8b3b-0002a54e500f>

Manufacturer Datasheet: <http://www.everlight.com/file/ProductFile/IRM-3636T.pdf>

A.2. NE555

NE555

Single Precision Timer

Manufacturer page: [NE555](#)

Manufacturer Datasheet: <http://www.ti.com/lit/gpn/NE555>

A.3. 74HC04

74HC04

Hex Inverters

Manufacturer page: [SN74HC04A](#)

A.4. 74HC14

74HC14

Hex Schmitt-Trigger Inverters

Manufacturer page: [SN74HC14A](#)