



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO
PARA LA FEDERACIÓN NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA**

Héctor Eliú Cifuentes Najera

Asesorado por el Ing. Christian Antonio Orellana López

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO
PARA LA FEDERACIÓN NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HÉCTOR ELIÚ CIFUENTES NAJERA

ASESORADO POR EL ING. CHRISTIAN ANTONIO ORELLANA LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Ángeles
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO PARA LA FEDERACION NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 11 de febrero de 2015.

Héctor Eliú Cifuentes Najera

Guatemala, 13 de Julio de 2016

Ingeniero Carlos Guzmán
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería

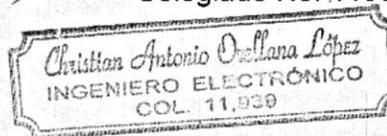
Señor coordinador,

Tengo el gusto de informar a usted que he concluido con el asesoramiento del trabajo de graduación con título: **"DISEÑO Y ANALISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO PARA LA FEDERACION NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante Héctor Eliú Cifuentes Najera, con carné 200610973. Después de revisar su contenido final, considero que cumple con los requerimientos necesarios y doy mi entera aprobación al mismo.

Atentamente,



Ing. Christian Antonio Orellana Lopez
Colegiado No. 11939





Ref. EIME 42. 2016.
Guatemala, 21 de JULIO 2016.

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO
-PORTÁTIL DESARROLLADO PARA LA FEDERACIÓN
NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA,** del estudiante
Héctor Eliú Cifuentes Nájera, que cumple con los requisitos
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
D Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



SFO

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 42. 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; HÉCTOR ELIÚ CIFUENTES NÁJERA, titulado: DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO PARA LA FEDERACIÓN NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 19 DE AGOSTO 2016.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

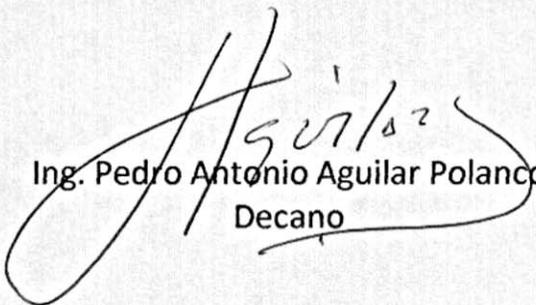


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 441.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TABLERO INALÁMBRICO-PORTÁTIL DESARROLLADO PARA LA FEDERACIÓN NACIONAL DE VOLEIBOL DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Eliú Cifuentes Najera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2016



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

**Mis amigos de la
Facultad**

Emilio Coyoy, Jorge Padilla, Roberto Mux, Mario Morales, José Márquez, y muchos otros, con quienes nos apoyamos en los cursos y proyectos.

Mi asesor

Christian Orellana, por apoyarme con su conocimiento en mi trabajo de graduación y depositar su confianza para realizar este tema.

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Mi casa de estudios; incluyendo también al pueblo de Guatemala, quienes contribuyeron con mi desarrollo profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser una importante influencia en mi carrera y la institución académica a quien debo mi título.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Microcontrolador PIC 18F4550.....	1
1.2. Microcontrolador PIC 16F886.....	6
1.3. Decodificador BDC/siete segmentos	9
1.4. Demultiplexor 74LS139N.....	11
1.5. Codificador CD74HC147	14
1.6. Comunicación serial con MAX232	17
1.7. Transistor bipolar NPN 2SD1805	18
1.8. Diodo emisor de luz led	21
1.9. Módulos RF ASK RLP434A y TLP434A	22
1.10. Botón (NO) normalmente abierto.....	24
1.11. Pantalla LCD	25
2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA TABLERO ELECTRÓNICO	29
2.1. Funciones en control de mando	29
2.1.1. Botón (NO) como interfaz de usuario	30
2.1.2. Codificador CD74HC147	33
2.1.3. 2 MAX232 e interfaz USB	35

2.1.4.	Pantalla LCD	37
2.1.5.	Módulo RF ASK TLP434A.....	38
2.2.	Funciones en tablero.....	38
2.2.1.	Módulo RF ASK RLP434A	39
2.2.2.	Decodificador BCD/siete segmentos	40
2.2.3.	Diseño del transistor como interruptor.....	41
2.2.4.	Análisis de voltaje y corriente en ledes	44
2.2.5.	Demultiplexor 74LS139N.....	45
2.2.6.	Decodificador 74LS48 y demultiplexor	46
2.2.7.	<i>Display</i> 7 segmentos	47
3.	FUNCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC	49
3.1.	Descripción de la función de cada puerto PIC18F4550	49
3.1.1.	PIC18F4550 en teclado.....	49
3.1.2.	PIC18F4550 en tablero	52
3.2.	Descripción de la función de cada puerto PIC16F886	54
3.3.	Algoritmo PIC18F4550.....	56
3.4.	Algoritmo PIC16F886	57
4.	CIRCUITO PCB E INTERCONEXIÓN FÍSICA.....	59
4.1.	Diseño PCB del control de mando	59
4.2.	Diseño PCB del tablero.....	60
4.3.	Diseño de interconexiones de ledes en tablero.....	61
4.4.	Diseño de interconexión <i>displays</i> en cronómetro	62
5.	PRESENTACIÓN FINAL Y ANÁLISIS DE COSTOS	63
5.1.	Presentación final tablero y control de mando	63
5.2.	Análisis de costos y ROI	64

CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71
APÉNDICE.....	73
ANEXOS	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Topología interna PIC18F4550	4
2.	Distribución de pines PIC18F4550	5
3.	Topología interna PIC16F886	7
4.	Distribución pines PIC16F886	8
5.	Topología interna y distribución pines 74LS48.....	9
6.	Ejemplo decodificador	10
7.	Diagrama esquemático demultiplexor	12
8.	Topología interna demultiplexor	14
9.	Diagrama de pines CD74HC147	15
10.	Diagrama funcional CD74HC147	16
11.	Diagrama funcional MAX232.....	17
12.	Esquema interno transistor NPN	18
13.	Terminales transistor bipolar NPN	19
14.	Zonas de funcionamiento transistor	21
15.	Diodo emisor de luz (led)	22
16.	Módulo transmisor ASK.....	23
17.	Módulo receptor ASK	24
18.	Botón tipo normalmente abierto	25
19.	Pantalla LCD	26
20.	Control de mando y tablero	29
21.	Control de mando en bloques	30
22.	Circuito botón y codificador	31
23.	Circuito botón normalmente abierto	32

24.	Circuito botón presionado	32
25.	Circuito botón, codificador y PIC	33
26.	Circuito integrado MAX232	35
27.	Conexión interfaz USB microcontrolador	36
28.	Interconexión LCD y microcontrolador PIC	37
29.	Diagrama tablero	39
30.	Circuito PIC, decodificador, transistor NPN y leds	40
31.	Transistor NPN	41
32.	Transistor NPN polarizado	42
33.	Circuito transistor y ledes	44
34.	Circuito demultiplexor, <i>displays</i> siete segmentos y PIC	46
35.	Circuito PIC, decodificador y <i>displays</i>	47
36.	Circuito cronómetro	48
37.	Circuito comunicación con redundancia	50
38.	Circuito codificadores control de mando	51
39.	Circuito interconexión usb	52
40.	Diagrama de flujo algoritmo PIC18F4550 en teclado	56
41.	Diagrama de flujo algoritmo PIC18f4550 en tablero	57
42.	Diagrama de flujo algoritmo PIC16F886	58
43.	PCB control de mando	59
44.	PCB tablero	60
45.	Diseño segmentos marcador en tablero	61
46.	Diseño conexiones en cronómetro	62
47.	Presentación control de mando	63
48.	Presentación tablero	64

TABLAS

I.	Características generales PIC18F4550	3
----	--	---

II.	Descripción entradas y salidas de puertos	5
III.	Tabla de verdad E/S 74LS48	11
IV.	Valor en salidas respectivamente al estado de entradas	13
V.	Tabla de verdad E/S CD74HC147	16
VI.	Pines de interconexión codificador 1-PIC.....	34
VII.	Pines interconexión codificador2-PIC.....	34
VIII.	Interconexión PIC-LCD	38
IX.	Interconexión codificador1-PIC	50
X.	Interconexión codificador2-PIC	51
XI.	Interconexión decodificador-PIC marcador A.....	53
XII.	Interconexión decodificador-PIC marcador B.....	53
XIII.	Interconexión PIC-ledes de sets ganados por equipo	54
XIV.	Interconexión microcontroladores PIC	54
XV.	Interconexión PIC-demultiplexor cronómetro	55
XVI.	Interconexión PIC-decodificador cronómetro	55
XVII.	Análisis de costos.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
IC	Circuito integrado
hz	Hertz, frecuencia
hr	Hora
KHz	Kilohertzio (1 000 hertz)
k Ω	Kilohmios
mm	Milímetro
min	Minuto
R	Resistencia
s	Segundo
SW	<i>Switch</i>
GND	Tierra (<i>ground</i>)
Ω	Unidad de resistencia eléctrica, Ohm
Vcc	Voltaje de alimentación
V	Voltios

GLOSARIO

Circuito integrado	Es la reducción de un circuito eléctrico a uno de menor tamaño el cual consiste en una pastilla pequeña de material semiconductor de algunos milímetros cuadrados de área, sobre la que se fabrican generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o cerámica.
Decodificador BDC/siete segmentos	Dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada de voltaje en numeración binaria de 4 dígitos a una salida de 7 terminales para visualizar números decimales.
<i>Display</i>	Dispositivo electrónico compuesto por 8 segmentos emisores de luz, que es utilizado para representar valores de numéricos encendiendo secuencialmente sus luces.
Frecuencia	Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Oscilador	Un sistema capaz de crear una señal de oscilación que sea estable y periódica, con frecuencia y una forma de onda constante. La mayoría de ocasiones se utiliza un cristal de cuarzo.
PCB	Placa de circuito impreso, que es una superficie construida por pistas de cobre sobre una base de material no conductor que interconecta distintos componentes electrónicos.
PIC Simulator IDE	Programa dedicado a la simulación y programación en lenguaje basic de microcontroladores PIC, creado por la empresa Oshonsoft.
Pulso eléctrico	Es un nivel de voltaje instantáneo que puede tener un periodo y frecuencia predeterminado, que en términos digitales se representa como un uno lógico.
Codificador	Dispositivo con N entradas y X salidas capaz de presentar en la salida un código acordado dependiendo del estado de las N entradas.
RF	Abreviación de radio frecuencia.
ASK	Tipo de modulación de la comunicación RF en la cual la señal portadora cambia de amplitud dependiendo de la información transmitida.

RESUMEN

El mercado actual carece de dispositivos específicos para cada rama deportiva, como es el caso del voleibol. Debido a la carencia de un tablero electrónico que se pudiese personalizar específicamente para esta rama deportiva, se tiene como iniciativa la idea de realizar un análisis y diseño de dicho tablero electrónico que se ajuste a las necesidades actuales del juego en este deporte.

Se realizó el diseño del tablero con un microcontrolador como componente principal en el mando de control y otro en el tablero donde se muestra el marcador, sets, tiempo, entre otros. Por medio de sus periféricos controla todo el sistema del tablero, se comunica con los codificadores y de- multiplexores para encender el segmento correspondiente de leds y por medio de una interfaz serial envía/recibe la información desde el tablero de control a los módulos ASK para luego interpretarse en el tablero y ejecutar la instrucción recibida.

Todo el sistema incluye la función de guardado en el control de mando, por lo que será posible guardar los marcadores de hasta cinco juegos de voleibol. El control de mando consta de una pantalla LCD la cual funciona como interfaz de interacción con el usuario, en la cual se mostrarán las opciones a seguir antes, durante y al finalizar cada juego.

Con este sistema se pretende automatizar la labor de los árbitros con el objetivo de minimizar el error humano durante la manipulación del tablero.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar una herramienta haciendo uso de la electrónica con la cual se mejorará el desempeño de los jueces en un juego de acuerdo a las necesidades actuales en las ramas deportivas de voleibol de sala y playa.

Específicos

1. Hacer uso de la electrónica como una solución viable para la realización de proyectos aplicables y útiles en la vida diaria.
2. Realizar un diseño que satisfaga las necesidades actuales que tiene un juez al desempeñarse durante un juego de voleibol.
3. Implementar dentro del diseño una interfaz para obtener los resultados de los juegos.
4. Definir los criterios de desempeño necesarios para el buen funcionamiento del tablero electrónico.

INTRODUCCIÓN

Con un tablero análogo convencional se tienen funciones simples como llevar el marcador y los sets ganados por cada equipo; sin embargo, en momentos específicos durante un juego de voleibol se tienen tiempos técnicos o solicitados por cada equipo, cambios de lado de cancha en caso de llegar a definir un juego en un quinto y definitivo set, entre otro. Por lo cual, con la versatilidad de la electrónica, se diseña este tablero con funciones automatizadas que siguen la secuencia del juego y primordiales como las mencionadas anteriormente para un mejor desempeño en las tareas de los árbitros durante un partido de voleibol.

Por medio de la electrónica se desarrolla una gran variedad de tareas. Los principales usos de los circuitos electrónicos son el control, el procesado y la distribución de información. Los microcontroladores programables (PIC) son una herramienta básica en la electrónica actual, junto con sensores y componentes activos y pasivos; se pueden crear sistemas electrónicos dirigidos a solucionar una necesidad o problema y así mismo agilizar un proceso por medio de componentes de bajo costo y de alta precisión.

Como se mostrará más adelante, un sistema electrónico complejo puede ser aplicable para el ámbito deportivo, proveyendo una herramienta con la cual se optimizará el desarrollo de un juego, e inclusive, personalizarse hacia las mismas necesidades que actualmente persisten. Con este trabajo se ha diseñado una herramienta cuya finalidad será agilizar, mejorar e innovar el desempeño arbitral durante un juego de esta rama deportiva.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Los componentes electrónicos son dispositivos físicos que forman parte de un circuito. Suelen estar encapsulados generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, con dos o más terminales o patillas metálicas las cuales funcionan como interfaces de conexión con otros dispositivos.

Para este diseño se utilizaron los siguientes componentes electrónicos:

- Microcontroladores PIC 18F4550
- Microcontroladores PIC 16F882.
- Decodificador BDC/siete segmentos 74LS48
- Demultiplexor 74LS139N
- Codificador CD74HC147
- MAX 232
- Transistor bipolar NPN 2SD1805
- Led de alta luminosidad
- Módulos RF ASK RLP434A y TLP434A
- Botón NO (normalmente abierto)
- Pantalla LCD
- Interruptor de tres posiciones

1.1. Microcontrolador PIC 18F4550

Los PIC 18F son una familia de microcontroladores con arquitectura tipo Harvard de 16 bits con 8 bits de datos creado por la Compañía General Instrument, el nombre dado a los microcontroladores PIC es un diminutivo del

nombre original PICmicro que quiere decir control de interfaz periférico (*peripheral Interface controller*). Los PIC 18F4550 son microcontroladores de la familia 18F que son derivados del PIC1650, con mejoras substanciales como por ejemplo una interfaz para la comunicación USB (*universal serial bus*). Este microcontrolador encapsulado en DIP-40 contiene una memoria flash de 24KB para programación, RAM de 2KB, EEPROM de 256KB, 35 puertos de entrada/salida, 13 canales de ADC de 10 bits, 4 contadores (*timers*), por último interfaces específicas SCI, UART, I2C, USB, SPI.

El PIC 18F4550 dispone de cinco memorias. La memoria de programa es una memoria flash interna de 32,768 bytes la cual almacena instrucciones y puede ser escrita/leída mediante un programador externo o durante la ejecución del programa. Primero se almacena la parte baja de la instrucción y luego la parte alta (para las instrucciones de 4 bytes primero los bytes menos significativos y luego los más significativos). Las instrucciones siempre empiezan en direcciones pares.

La memoria EEPROM de datos es una memoria no volátil de 256 bytes en la cual se almacenan datos que se deben conservar aún en ausencia de alimentación eléctrica del microcontrolador y puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución a través de registros.

También este microcontrolador PIC cuenta con una memoria RAM de datos interna de 2048 bytes en la cual se encuentran incluidos los registros de función especial, además se almacenan datos de forma temporal durante la ejecución del programa y puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución mediante diversas instrucciones. La pila es una memoria es un bloque de 31 palabras de 21 bits donde se almacena la dirección de la instrucción que debe ser ejecutada después de una interrupción o subrutina. Por último, la memoria

de configuración es en donde se incluyen los bits de configuración (12 bytes de memoria flash) y los registros de identificación (2 bytes de memoria de solo lectura).

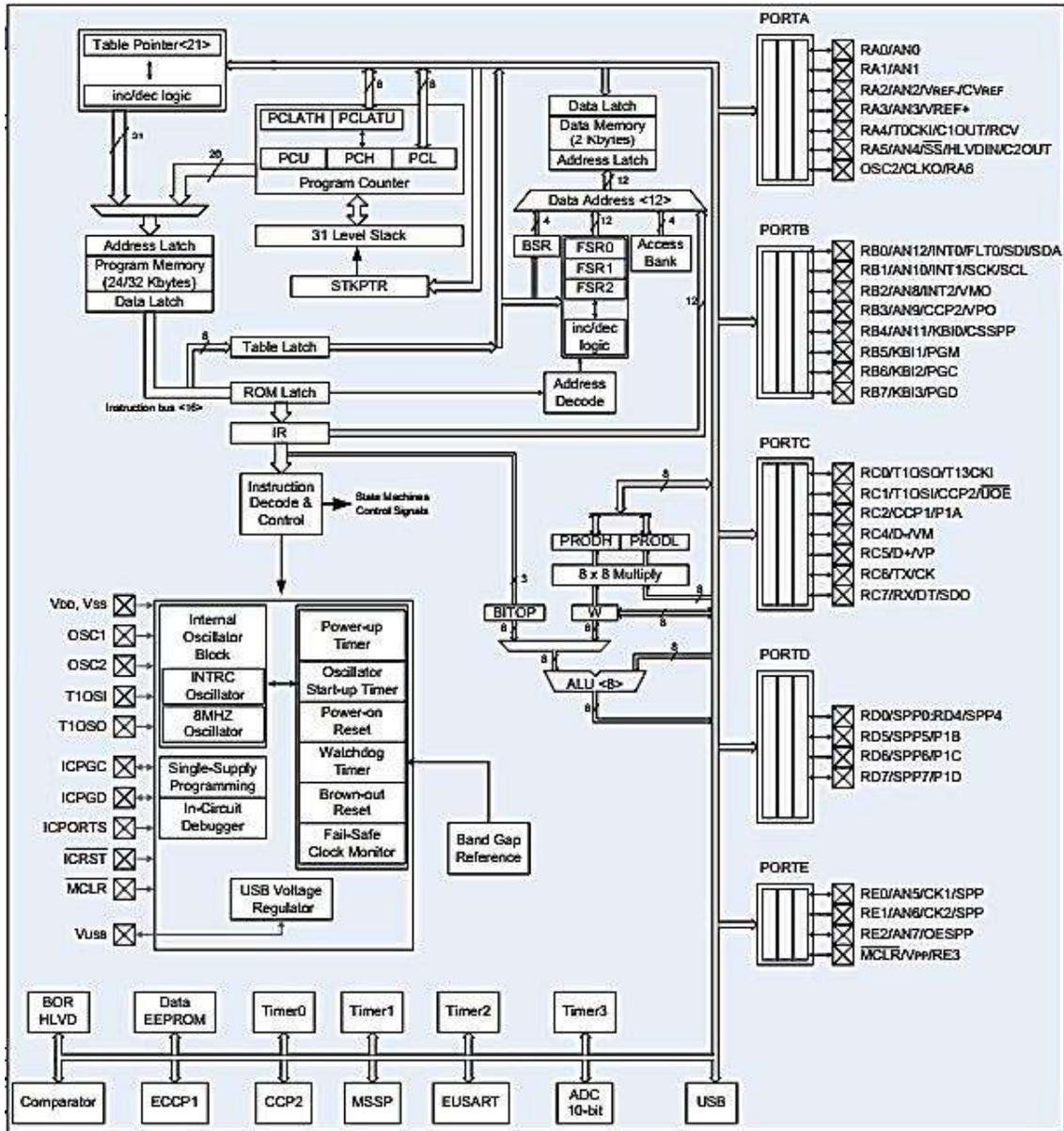
Tabla I. **Características generales PIC18F4550**

Características	PIC18F4550
Memoria de programa	32,768 bytes
Memoria RAM datos	2,048 bytes
Memoria EEPROM datos	256 bytes
Líneas E/S	35
Canal USB	1
Frecuencia de operación máxima	48MHz
Canales Comunicación Serie	EUSART, MSSP
Encapsulados	PDIP, QFN, TQFP (40 pines)

Fuente: elaboración propia.

Este microcontrolador PIC dispone de una arquitectura tipo Harvard en la cual se dispone de diferentes buses para el acceso a memoria de programa y memoria de datos. El bus de la memoria de programa consta de 21 líneas de dirección, 16 líneas para instrucciones y 8 para datos. El bus de la memoria de datos consta de 12 líneas de dirección y 8 líneas de datos. Eso permite acceder simultáneamente a la memoria de programa y a la memoria de datos. Es decir, se puede ejecutar una instrucción mientras se lee de la memoria del programa la siguiente instrucción (proceso pipeline). Por tanto, la ejecución completa de 1 instrucción (lectura instrucción + ejecución) se hace en un ciclo de instrucción a excepción de las instrucciones que modifican el contenido del PIC requieren 2 ciclos de instrucción.

Figura 1. Topología interna PIC18F4550



Fuente: *datasheet*. microchip.com. Consulta: marzo de 2015.

El microcontrolador PIC18F4550 con encapsulado de 40 pines, dispone de cinco grupos de puertos entrada/salida en los cuales se tienen 35 puertos.

Todos los puertos entrada/salida disponen de al menos una función alternativa asociada a alguna circuitería específica del microcontrolador. Cuando un puerto trabaja en el modo alternativo no puede ser utilizado como línea de entrada o salida estándar.

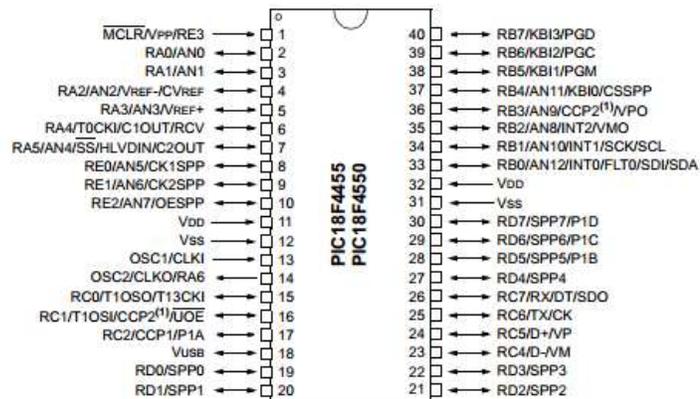
Tabla II. Descripción entradas y salidas de puertos

PUERTO	LINEAS DE ENTRADA/SALIDA
Puerto A	6 líneas de entrada/salida
Puerto B	8 líneas de entrada/salida
Puerto C	6 líneas de entrada/salida + 2 líneas de entrada
Puerto D	8 líneas de entrada/salida
Puerto E	3 líneas de entrada/salida + 1 línea de entrada

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Distribución de pines PIC18F4550

40-Pin PDIP



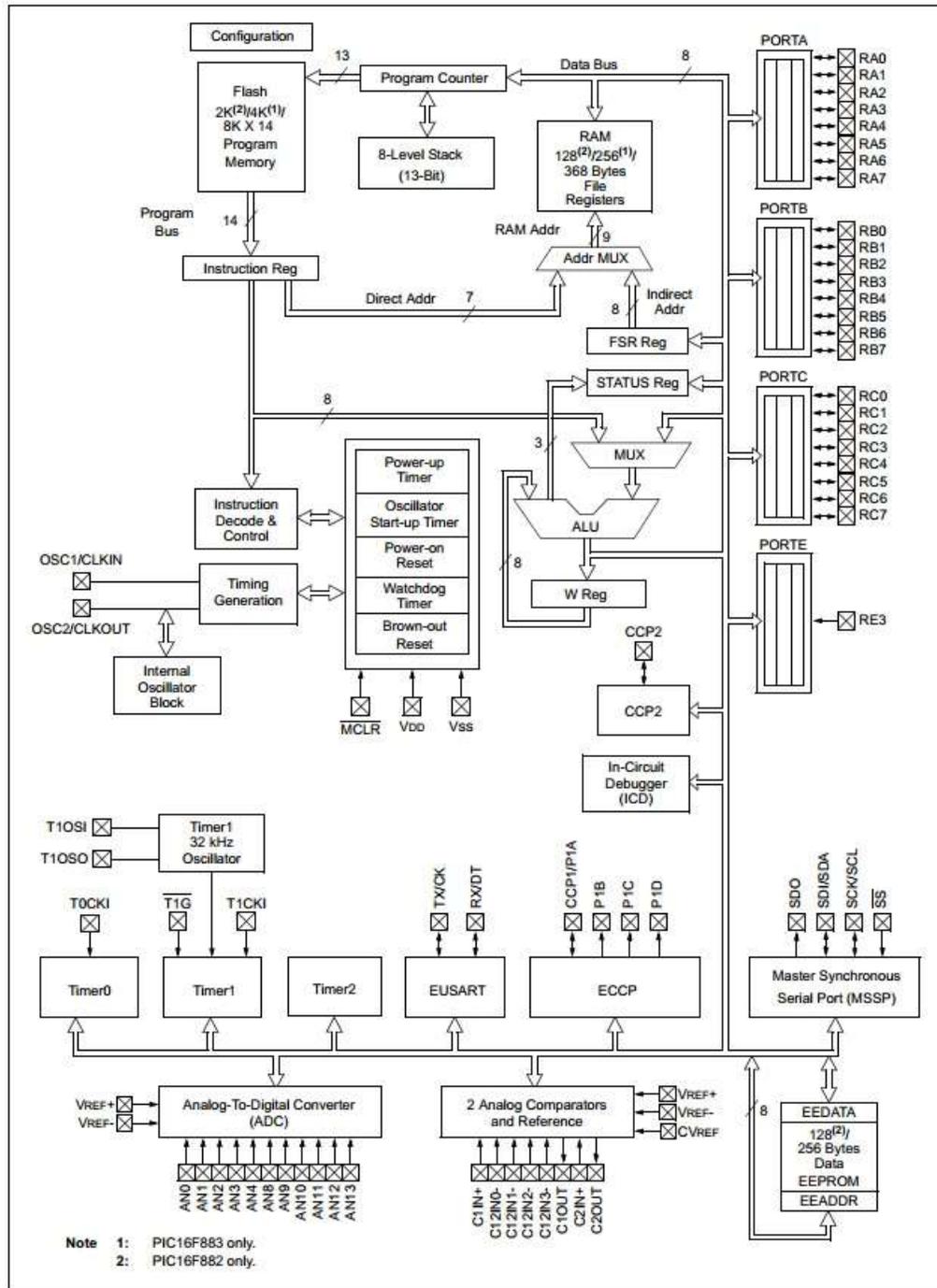
Fuente: *datasheet*. microchip.com. Consulta: marzo de 2015.

1.2. Microcontrolador PIC 16F886

Igual que el anterior es un microcontrolador con repertorio de instrucciones reducido (RISC) y arquitectura tipo Harvard de 16 bits con 8 bits de datos creado por la Compañía General Instrument, este reemplazo al más popular del mercado en su tiempo el PIC16F84, ideal para principiantes, debido a su arquitectura de 8 bits, 28 pines, y un set de instrucciones muy amigable para memorizar y fácil de entender.

Internamente consta de una memoria flash de programa (4K x 14), memoria EEPROM de datos (256 x 8), memoria RAM (368 registros x 8) y un oscilador interno de 8MHz. Además de la incorporación de funciones básicas como modulación por ancho de pulso (PWM) de 10Bits, comunicación asincrónica USART en SPI 3 hilos o I2C en 2 hilos, convertidor de analógico a digital de 7 canales, un temporizador/contador (*timer* de 8 bits), un divisor de frecuencia.

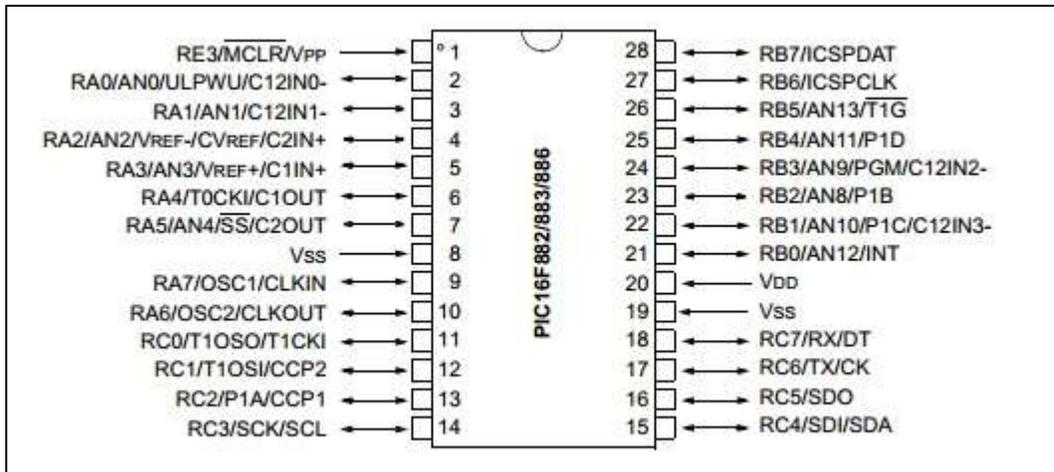
Figura 3. Topología interna PIC16F886



Fuente: *datasheet*. microchip.com. Consulta: marzo de 2015.

Este microcontrolador dispone de 24 pines de entrada-salida, en tres puertos, (8 pines el puerto A, 8 pines el puerto B y 8 pines del puerto C) más los 4 pines que corresponden a la alimentación de voltaje y tierra. En los pines A6 y A7 exclusivamente es donde se interconecta el oscilador externo del PIC por lo cual nos deja con 22 puertos de entrada-salida en el mismo.

Figura 4. **Distribución pines PIC16F886**



Fuente: datasheet. microchip.com. Consulta: marzo de 2015.

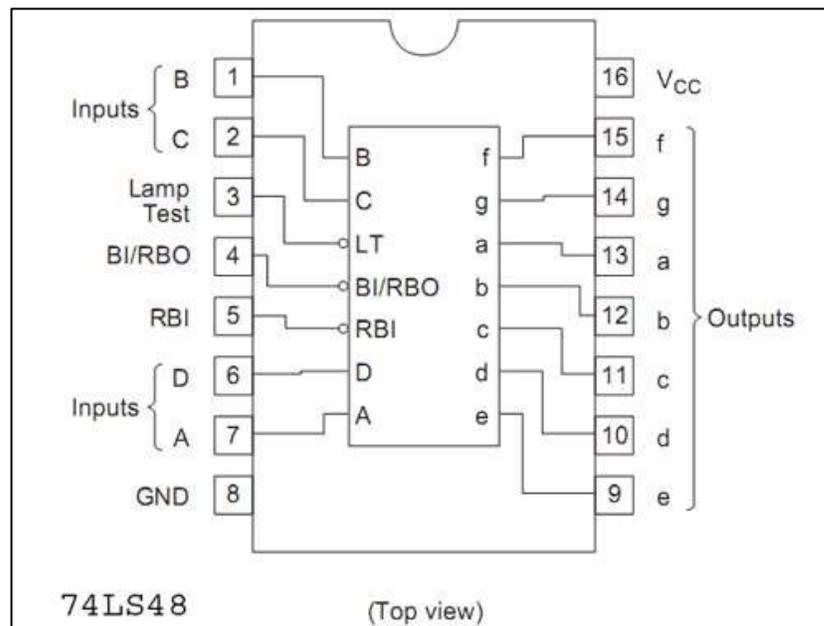
Para este microcontrolador su frecuencia de reloj externa máxima es 20MHz. La frecuencia de reloj interna es un cuarto de la externa, lo que significa que con un reloj de 20Mhz, el reloj interno sería de 5Mhz y así (pues) se ejecutan 5 millones de instrucciones por segundo (5 MIPS).

1.3. Decodificador BDC/siete segmentos

Un decodificador es un dispositivo que acepta una entrada digital en sus puertos o puerto IN y transforma esta salida a una serie de secuencias establecidas, es decir, transforma combinaciones de unos y ceros en otra ya establecida de acuerdo a la combinación de entrada. En particular este decodificador transforma el código binario en sus puertos de entrada al código de siete segmentos. El decodificador recibe en su entrada en binario el número que será visualizado en el *display* de siete segmentos.

El decodificador 74LS48 se encuentra encapsulado en un DIP16 en las cuales consta de cuatro pines de entrada, siete pines de salida, tres de control, uno para la alimentación de voltaje y por último el pin de tierra.

Figura 5. Topología interna y distribución pines 74LS48

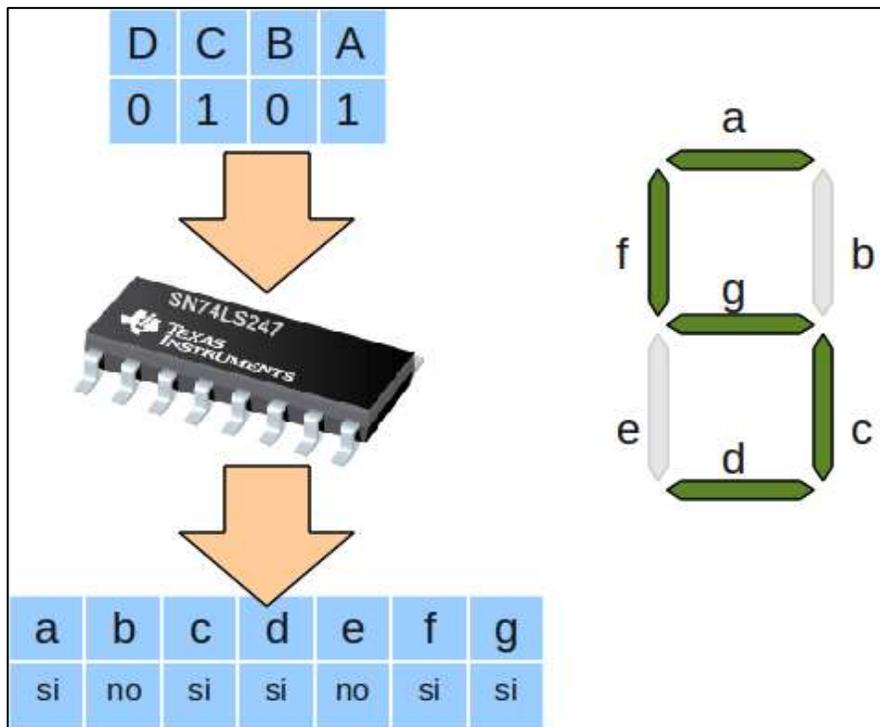


Fuente: *datasheet*. www.alldatasheet.com. Consulta: marzo de 2015.

Como se mencionó anteriormente, al aplicar un número en binario (ceros y unos lógicos) en las entradas designadas se obtienen automáticamente los segmentos correspondientes en la salida para que se observe en un display la combinación deseada.

Por ejemplo, si se desea mostrar el número decimal cinco en el display de siete segmentos utilizando la tabla correspondiente en las entradas, se debe tener la combinación en binario 0101. Se debe aplicar este valor en los pines de entrada en el orden DCBA, es decir DCBA = 0101 (D=0, C=1, B=0 y A=1). Por lo tanto, el decodificador encenderá todos los segmentos salvo “b” y “e” para mostrar el número 5.

Figura 6. **Ejemplo decodificador**



Fuente: *Decodificador*. www.tecnoface.com. Consulta: abril de 2015.

Tabla III. **Tabla de verdad E/S 74LS48**

Decimal or Function	Inputs						BI / RBO	Outputs							Note
	LT	RBI	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	1
1	H	X	L	L	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	
2	H	X	L	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	
3	H	X	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H	
4	H	X	L	H	L	L	H	L	H	H	L	L	H	H	
5	H	X	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	H	
6	H	X	L	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	
7	H	X	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	
8	H	X	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	
9	H	X	H	L	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	
10	H	X	H	L	H	L	H	L	L	L	H	H	L	H	
11	H	X	H	L	H	H	H	L	L	H	H	L	L	H	
12	H	X	H	H	L	L	H	L	H	L	L	L	H	H	
13	H	X	H	H	L	H	H	H	L	L	H	L	H	H	
14	H	X	H	H	H	L	H	L	L	L	H	H	H	H	
15	H	X	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	
BI	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	2
RBI	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	4

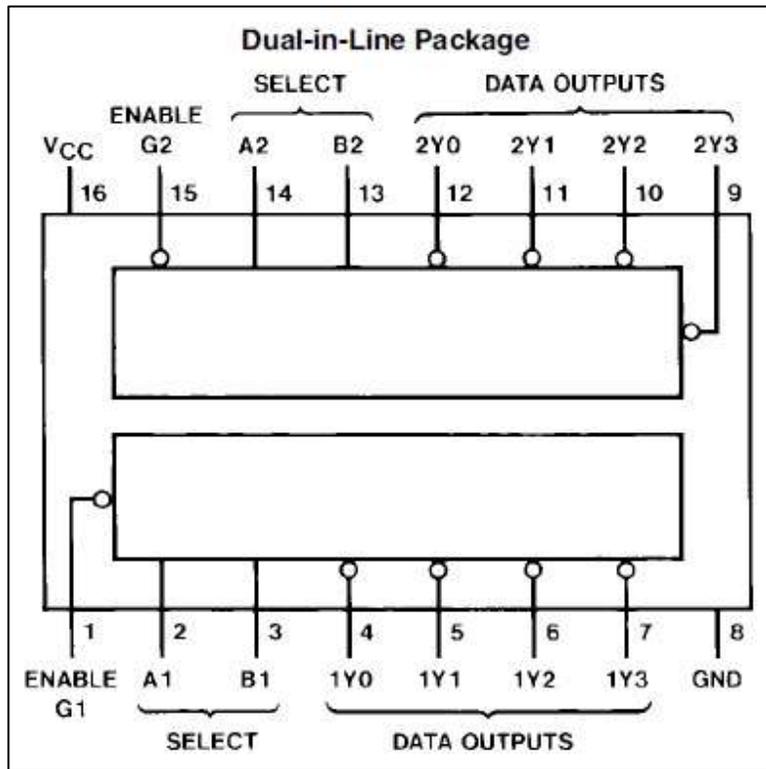
Fuente: *datasheet*. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

1.4. Demultiplexor 74LS139N

Un demultiplexor (Demux) es un circuito combinacional que tiene una entrada de información de datos I y N entradas de control que sirven para seleccionar una de las M salidas, por la que ha de salir el dato que presente en la entrada (siendo $M = 2^N$). Esto se consigue aplicando a las entradas de control la combinación binaria correspondiente a la salida que se desea seleccionar.

Un circuito integrado 74LS139N consta de dos demultiplexores de 2 entradas y 4 salidas cada uno como se muestra en el siguiente diagrama esquemático.

Figura 7. Diagrama esquemático demultiplexor



Fuente: *datasheet*. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

Cabe mencionar que para fines de este diseño solamente es necesaria la utilización de uno. La siguiente tabla muestra qué combinaciones se obtienen en las salidas al aplicar la entrada deseada.

Tabla IV. Valor en salidas respectivamente al estado de entradas

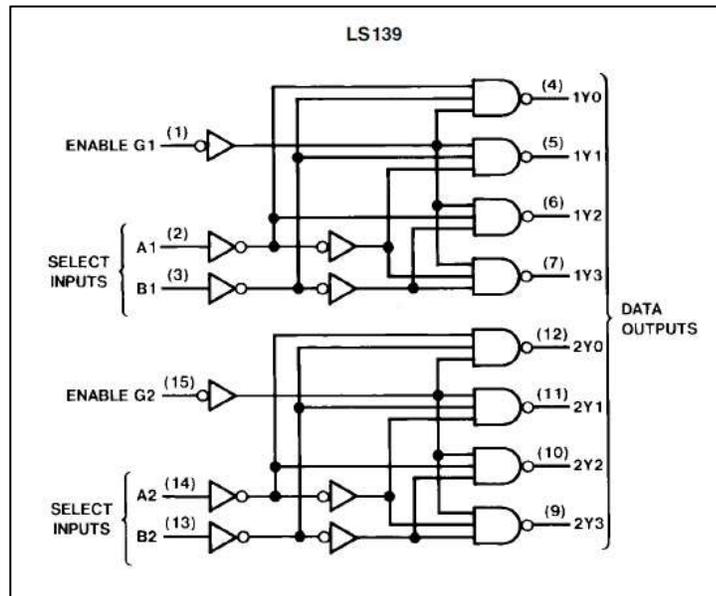
LS139						
Inputs			Outputs			
Enable	Select					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care

Fuente: *datasheet*. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

Hay que resaltar que para fines de este diseño se deseaba que la salida fuese un cero lógico (0 volts). Por ejemplo, si se desea un cero lógico en la salida Y2 para la entrada B se debe tener un uno lógico y para la entrada A un cero lógico.

Figura 8. Topología interna demultiplexor



Fuente: *datasheet*.. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

1.5. Codificador CD74HC147

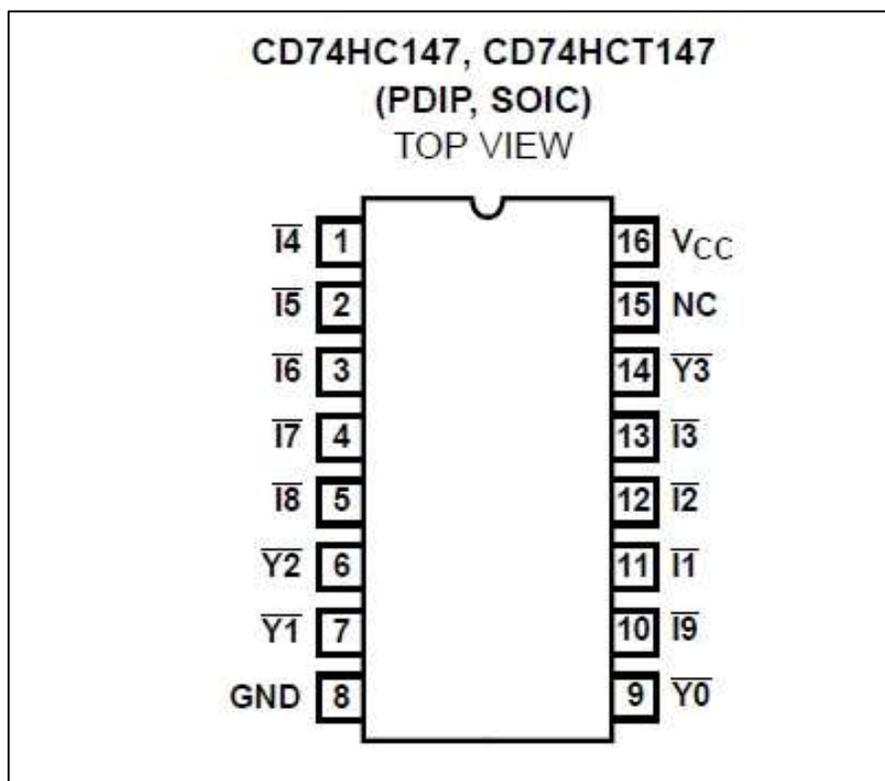
Un codificador es un circuito combinacional con una serie de entradas por donde se ingresa la información numérica a codificar. El CD74HC147 es un codificador encapsulado el cual realiza la operación inversa a la realizada por los decodificadores, es decir, codifican en forma binaria la información numérica o alfanumérica que se aplica en sus entradas.

Cuando una de las entradas se encuentra en estado lógico cero, en las líneas de salida se genera el código de n bits que corresponde con la información a codificar. Para que un codificador funcione correctamente sería necesario asegurarse que solo una entrada se encuentre activada a la vez.

Para evitar los problemas que pudiese ocasionar en el caso que se presenten varias entradas con un uno lógico, se utilizará este codificador con prioridad.

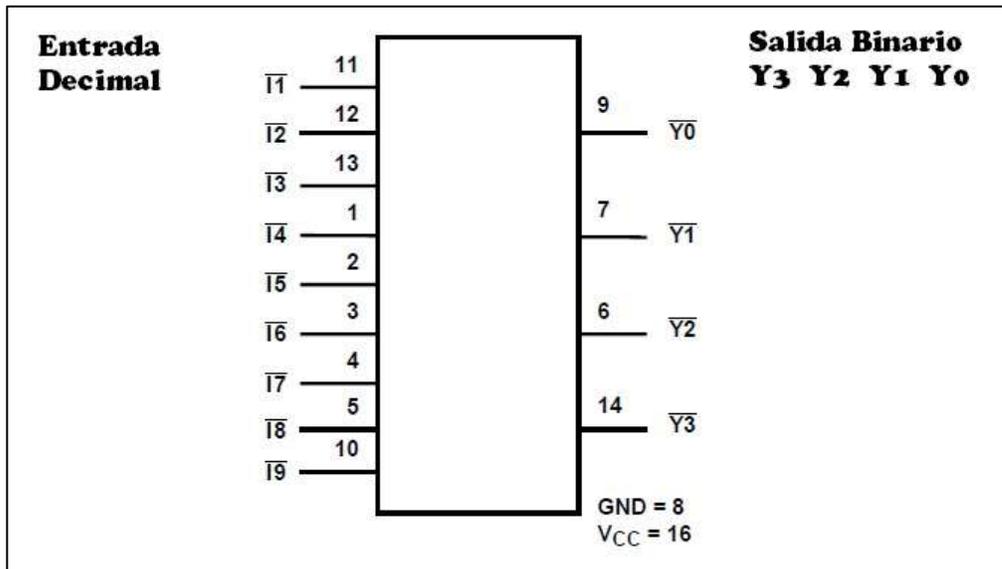
Por lo que este dispositivo produce una salida binaria de cuatro dígitos correspondiente al dígito decimal de entrada de alto orden que se encuentre activa. Por ejemplo, si se activan las entradas decimales 4 y 7, el codificador proporcionará a la salida el código binario 0111, que corresponde a la entrada decimal 7 que es de mayor prioridad.

Figura 9. Diagrama de pines CD74HC147



Fuente: datasheet. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

Figura 10. Diagrama funcional CD74HC147



Fuente: datasheet obtenida de www.alldatasheet.com.

Tabla V. Tabla de verdad E/S CD74HC147

INPUTS									OUTPUTS			
I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₀
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

NOTE: H = High Logic Level, L = Low Logic Level, X = Don't Care

Fuente: datasheet obtenida de www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

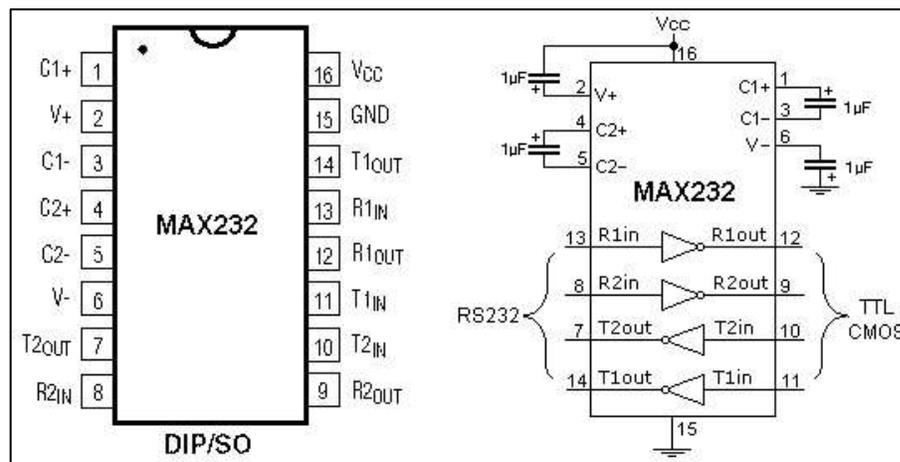
1.6. Comunicación serial con MAX232

El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. A los niveles TTL se les conoce como un cero lógico (0 volts) y al uno lógico (5 volts). Debido a su practicidad, ya que solo necesita una alimentación de 5 volts y dos capacitores, es el más utilizado en el área.

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr la comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con señales de comunicación TTL. Para este diseño su funcionalidad es vital para la comunicación entre el microcontrolador PIC y el modulador inalámbrico ASK.

Además, este circuito integrado posee dos convertidores de nivel RS232 a TTL y otros dos que a la inversa convierten de TTL a RS232. Por lo cual lo hacen una solución ideal y compacta.

Figura 11. Diagrama funcional MAX232

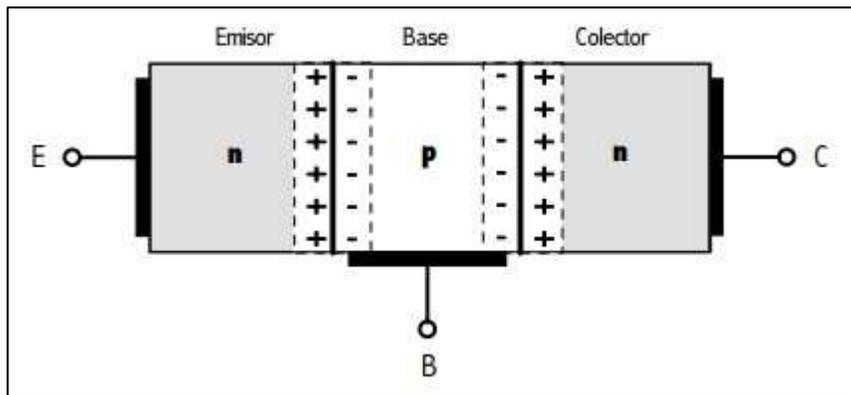


Fuente: datasheet. www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

1.7. Transistor bipolar NPN 2SD1805

El transistor bipolar es el más común de los transistores y como los diodos, pueden ser de germanio o silicio. Independientemente del material utilizado estos tienen tres patillas las cuales conectan hacia el emisor, la base y el colector.

Figura 12. Esquema interno transistor NPN

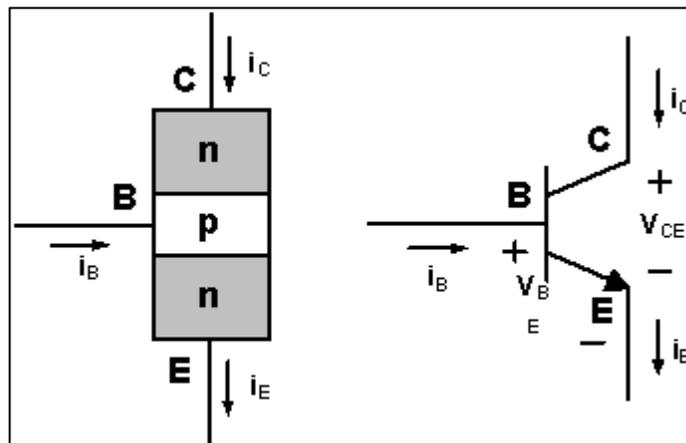


Fuente: bjttransistor.wordpress.com. Consulta: abril de 2015.

Un transistor NPN consiste en la unión de tres capas de silicio tratado, presionadas juntas. Las dos capas de silicio exteriores contienen impurezas llamadas dopantes que causan que el silicio prefiera cargas eléctricas negativas y así determinar el flujo de la corriente dentro del transistor. Por lo que la capa interna prefiere cargas positivas. El orden de las capas (negativo – positivo – negativo) determina la polaridad del transistor en la cual se determina el funcionamiento del circuito. En esta situación, para los electrones del emisor y colector, les cuesta trabajo difundirse hacia la base en contra de la fuerza creada por los iones negativos en la red cristalina de la capa N. Así mismo, un potencial de barrera o fuerza similar controla el movimiento de los huecos de la

región P. Por consiguiente, estas barreras permiten pasar únicamente a los portadores de carga con energía cinética superior al potencial de barrera de cada región.

Figura 13. **Terminales transistor bipolar NPN**



Fuente: Terminales transistor bipolar NPN. <https://es.wikibooks.org>. Consulta: abril de 2015.

Los transistores tienen usos básicos en circuitos electrónicos, por ejemplo: conmutación y amplificación. Como un interruptor, un transistor puede convertir una gran cantidad de corriente dentro y fuera, con una pequeña corriente que lo controla. Cabe mencionar que un interruptor mecánico también puede hacerlo, pero la ventaja del transistor es que puede realizar la conmutación a velocidades de mili segundos, además de realizarlo en forma silenciosa y sin algún movimiento mecánico que genere fricción o desgaste dentro del mismo (siendo utilizado dentro de sus rangos de operación). Debido a su capacidad para controlar en forma confiable hacen que el transistor sea un elemento ideal para realizar este trabajo en circuitos electrónicos con corrientes no muy altas.

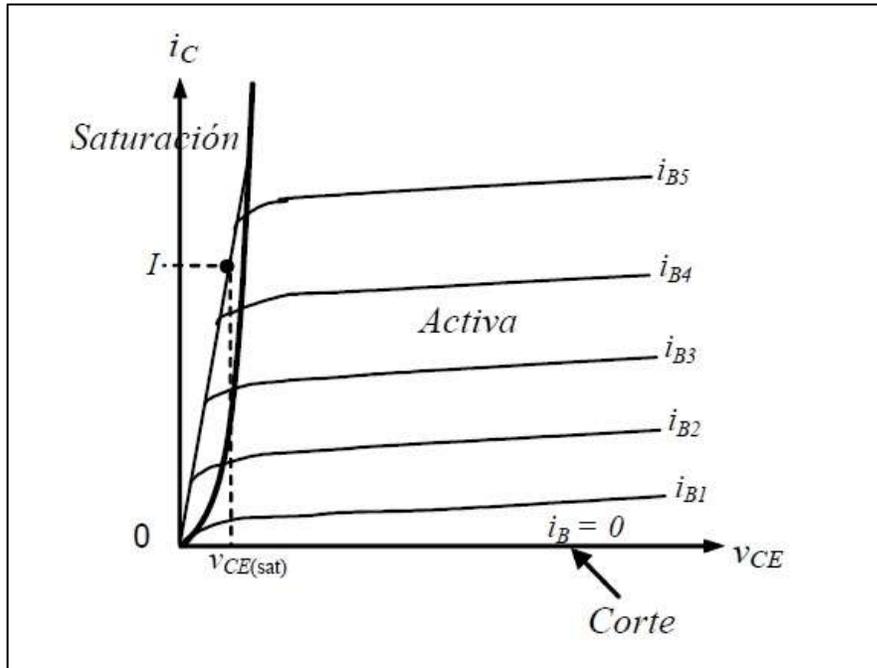
Polarizar es aplicar el voltaje adecuado a un semiconductor para que funcione correctamente. Existen tres zonas de trabajo de un transistor donde se encuentran la zona de corte, saturación y activa. Al utilizar el transistor como un interruptor se trabaja en la zona de corte y saturación.

El transistor, al momento de trabajar en la zona de corte, la base no se encuentra polarizada y no circula ninguna corriente generando que la corriente de colector a emisor sea nula. Lo cual crea que entre el colector y emisor el transistor se comporte como un interruptor abierto.

En la zona de saturación la base del transistor es polarizada directamente, para el caso de un transistor NPN sería con voltaje positivo, con el cual se tiene un incremento muy considerable de la corriente de colector. Por lo que el transistor se comporta como un interruptor cerrado dejando pasar la corriente del colector hacia el emisor.

En la zona activa el transistor trabaja como amplificador y puede dejar pasar más o menos corriente.

Figura 14. Zonas de funcionamiento transistor

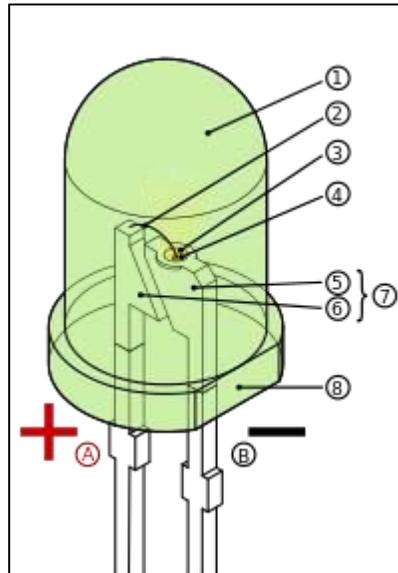


Fuente: Zonas de funcionamiento transistor. <https://unicrom.com>. Consulta: abril de 2015.

1.8. Diodo emisor de luz led

Los diodos son componentes electrónicos que permiten el paso de la corriente en un solo sentido. Un diodo led es un semiconductor, que además de permitir el paso de corriente, también emite luz durante el paso de esta corriente. Los led tienen dos patillas de conexión, las cuales deben de ser conectadas en una forma específica para que el mismo se encuentre polarizado correctamente, la patilla larga al positivo y la corta al negativo. En caso contrario la corriente no pasará y no emitirá luz.

Figura 15. **Diodo emisor de luz (led)**



Fuente: *Diodo emisor de luz*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>. Consulta: abril de 2015.

Para que el diodo led se encuentre polarizado directamente, el ánodo debe estar polarizado en positivo y el cátodo en negativo y así se logre el paso de la corriente en el mismo. Cabe mencionar que para proteger al led de un paso de corriente excesivo, se debe tener una resistencia conectada en serie y así evitar un daño en el led por exceso de corriente.

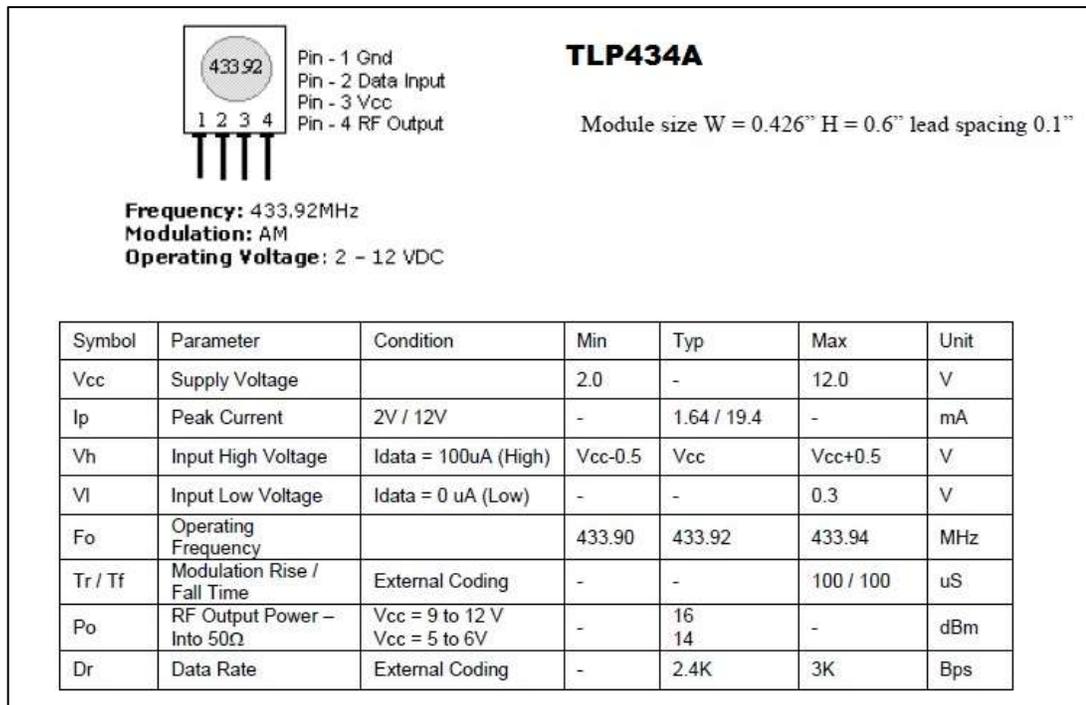
1.9. Módulos RF ASK RLP434A y TLP434A

Los módulos RF son utilizados para realizar alguna comunicación sin el uso de cables. Este par de módulos envían y reciben datos codificados en forma inalámbrica de manera sencilla, con pocos componentes externos y un buen desempeño. La referencia son TLP434A y RLP434A, que son el transmisor y receptor respectivamente. Es decir, si se desea una comunicación solo en un sentido, se utilizarían dos módulos, un transmisor y receptor

respectivamente, sin embargo, si fuese necesario una comunicación en ambas vías se utilizarían cuatro. Este juego de módulos trabaja con una señal portadora de 434MHz y modulan ASK, de tal manera que pueden transmitir valores lógicos 1 y 0.

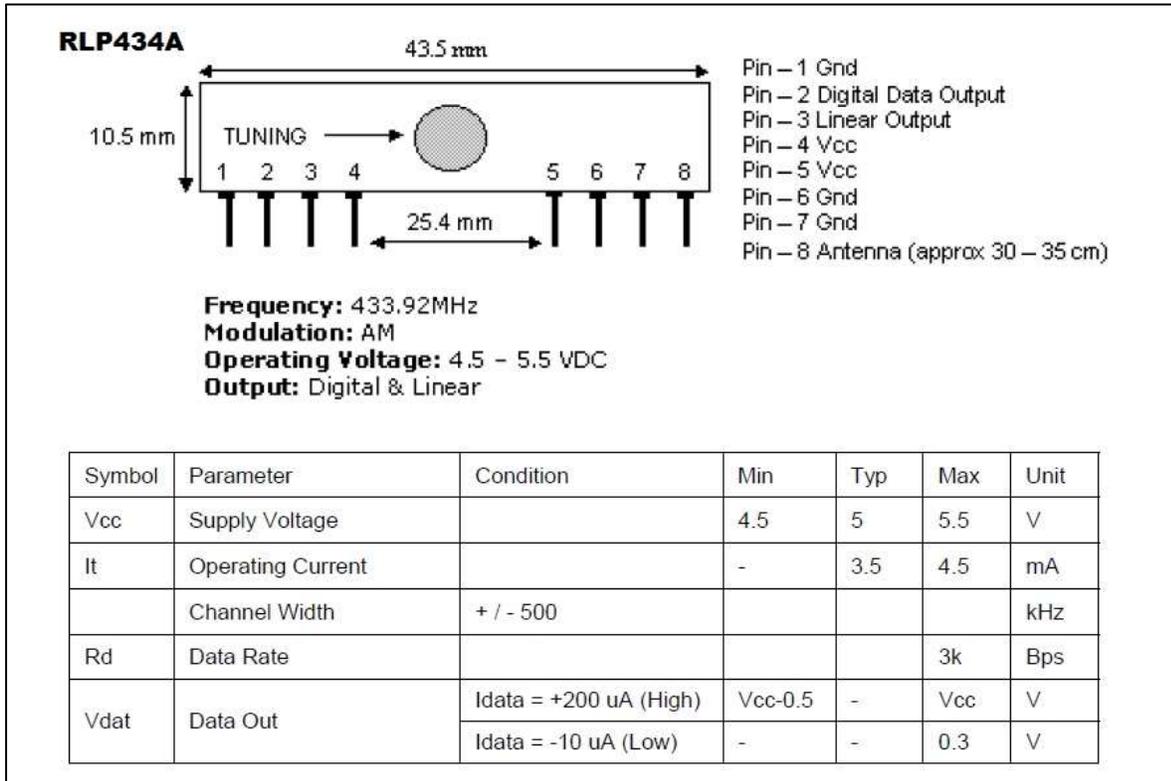
En la modulación ASK un cero lógico se representa con la ausencia de la señal portadora y un 1 lógico con la presencia de esta en un determinado tiempo en mili segundos. Además, estos tienen un alcance de 100 metros en espacios abiertos y 60 metros en espacios internos donde se tengan obstáculos.

Figura 16. **Módulo transmisor ASK**



Fuente: datasheet . www.alldatasheet.com. Consulta: abril de 2015.

Figura 17. **Módulo receptor ASK**

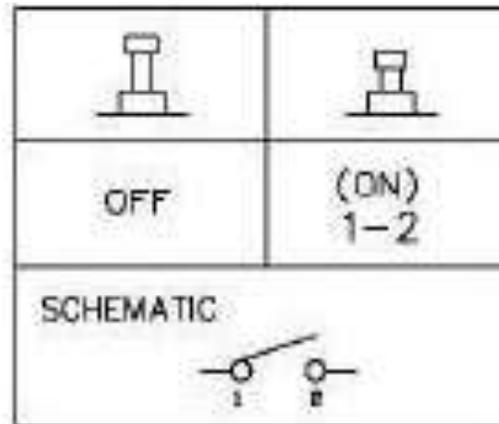


Fuente: datasheet. www.alldatasheet.com. Consulta: mayo de 2015.

1.10. Botón (NO) normalmente abierto

Un pulsador es un dispositivo mecánico utilizado en un circuito como interfaz externa de interacción con un usuario. Los botones pueden ser de diversas formas y tamaños. Por lo general son activados al ser pulsados por el usuario o persona. Un botón normalmente abierto permite el flujo de corriente mientras es pulsado o accionado. Cuando ya no es presionado vuelve a su posición de reposo.

Figura 18. **Botón tipo normalmente abierto**



Fuente: *Botón de tipo normalmente abierto*. <http://www.simbologia-electronica.com>.

Consulta: mayo de 2015.

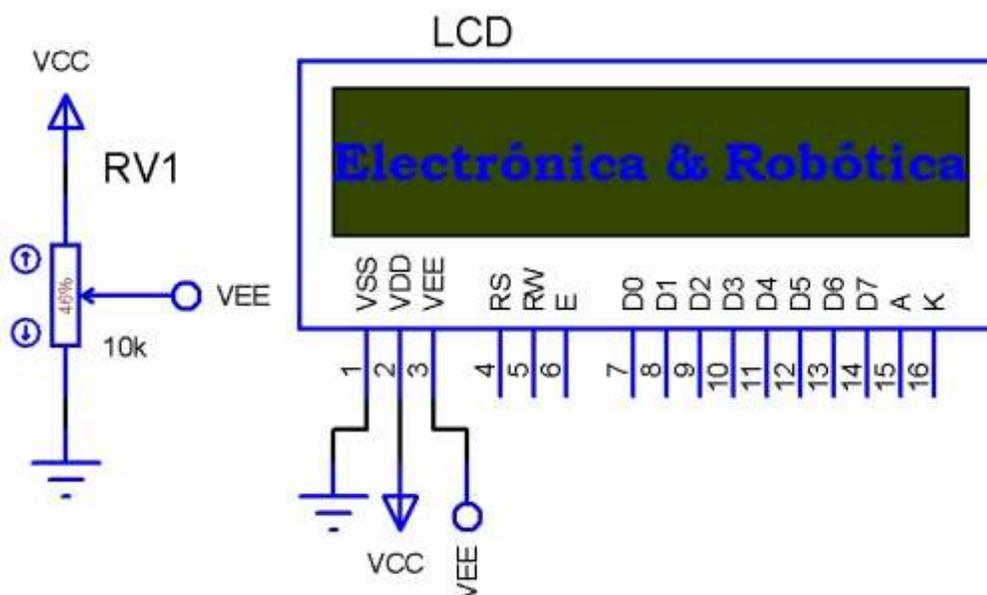
1.11. Pantalla LCD

Los *display* LCD (*liquid cristal display*) son pantallas pasivas, por lo que no emiten luz como los displays de siete segmentos. Debido a esta característica tienen un bajo consumo de energía. El líquido dentro del display se encuentra entre dos placas de vidrio paralelas con una separación de unos micrones. Estas placas de vidrio tienen unos electrodos que definen con su forma los símbolos o caracteres que se visualizan. Dependiendo de la polarización que se aplique al segmento, absorberá más o menos luz. La superficie de vidrio que hace contacto con el líquido es tratada de tal forma que induzca la alineación de los cristales en dirección paralela a las placas. Esta alineación permite el paso de la luz incidente sin ninguna alteración.

Al momento de aplicar la polarización adecuada entre los electrodos se genera un campo eléctrico entre ellos, perpendicular a las placas, causando

que las moléculas del líquido se agrupan en sentido paralelo al campo eléctrico generado. Causando que se visualice una zona oscura sobre un fondo claro creando un contraste y logrando que se visualice la información o caracteres deseados.

Figura 19. **Pantalla LCD**



PIN	Nombre	Dirección	Función
01	Vss	P	GND
02	Vdd	P	Alimentación a 5V
03	Vee	P	Control de contraste
04	RS	I	Selección de Registro / Dato
05	RW	I	Selección de Escritura / Lectura
06	E	I	Enable / Disable
07 - 14	D0 - D7	I/O	Bus de datos
15 - 16	A - K	P	Corresponden al ánodo y cátodo del backlight (si el modelo lo tiene)

Fuente: *Pantalla LCD*. <http://picrobot.blogspot.com>. Consulta: mayo de 2015.

La operación del *display* es bastante sencilla ya que el microcontrolador interno realiza todo el trabajo, por lo que se debe de conocer cómo funcionan sus pines.

Para enviar un comando o un dato, debemos primero indicar qué es lo que estamos enviando, para eso se usa el pin RS, cuando este pin está en 0 el LCD interpretará la información que está presente en sus pines D0 a D7 como un comando, si está en 1 significa que estamos enviándole un carácter, en cuyo caso se imprimirá donde esté actualmente el cursor. Asimismo, en lugar de enviar información, puede llegar el momento en que queramos leer algo de su memoria, para eso se utiliza el pin R/W, en 0 el LCD estará en modo escritura y en 1 en modo lectura.

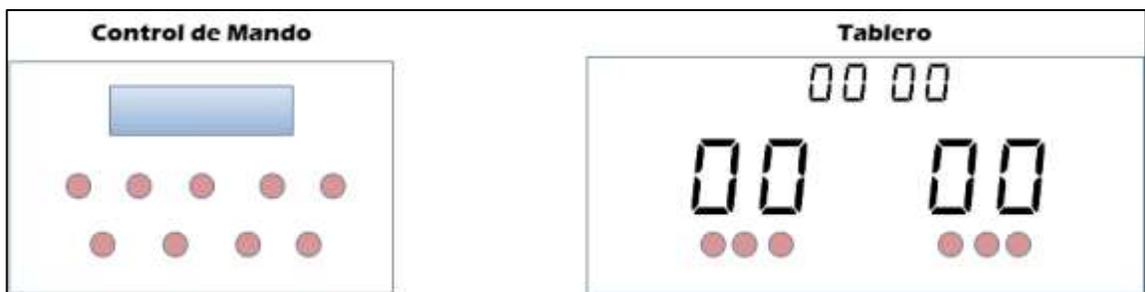
El pin E es el que le indica al display que ejecute la operación que estamos enviándole, cuando este pin está en 0 cualquier modificación que hagamos en sus otros pines será ignorada. Por lo cual se colocan los pines RS en 1 o 0 dependiendo si vamos a enviar un carácter o una dirección. R/W a 0 si se desea enviar un carácter o un comando y en 1 si queremos leer algún dato del display. De D0 a D7 se coloca el valor del carácter que se desea mostrar. Por último, se pone en cinco voltios el pin E y el display ejecutará la función, de lo contrario no desplegará nada en la pantalla.

En conclusión, el pin R/W no se utilizará, ya que como solamente se desea mostrar caracteres en el display y no obtener ninguna información de él, para hacer esto basta con conectar el pin 5 (R/W) directamente a GND y el LCD estará siempre en modo escritura.

2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA TABLERO ELECTRÓNICO

El tablero electrónico consta de dos partes, el control de mando y el tablero. En el primero, por medio de botones, se seleccionan las opciones del menú mostrado en la pantalla LCD y así se envían las instrucciones por medio de los módulos inalámbricos ASK o un cable coaxial al tablero. El tablero despliega por medio de leds el marcador de cada equipo, sets ganados y el cronómetro del tiempo. Además en el control de mando se cuenta con la interfaz usb la cual se diseñó para transmitir toda la información guardada en la memoria eeprom del microcontrolador PIC del control de mando.

Figura 20. **Control de mando y tablero**



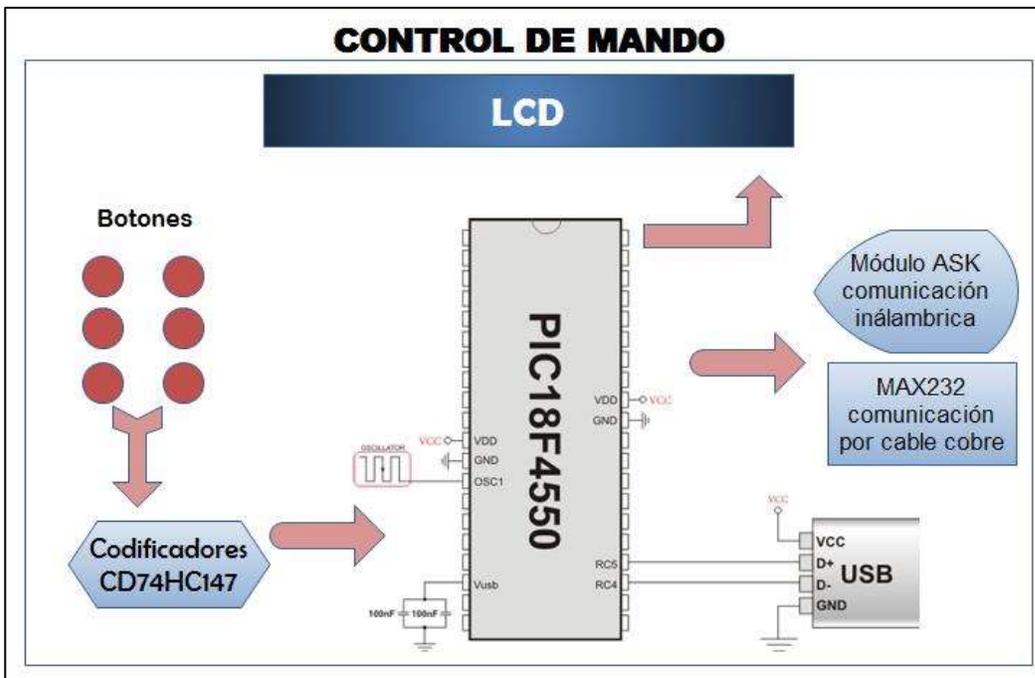
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop CS6.

2.1. Funciones en control de mando

El control de mando, es todo el sistema por el cual cada usuario ingresa al menú mostrado en la pantalla LCD y define todas las instrucciones o acciones

deseadas de distintas situaciones durante el juego por medio de los botones, los cuales como resultado se muestran en el tablero. Además, al finalizar cada set de juego y el partido completo, se guardan los marcadores de cada equipo en la memoria eeprom del microcontrolador, pudiendo obtener estos datos por medio de la interfaz usb antes o al finalizar cada juego.

Figura 21. **Control de mando en bloques**



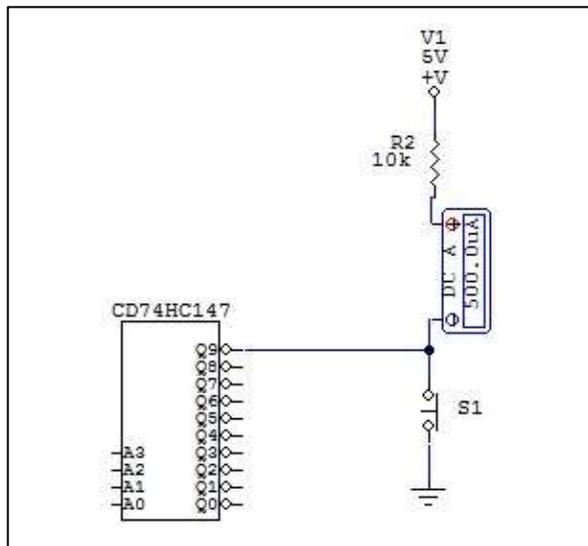
Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop CS6.

2.1.1. **Botón (NO) como interfaz de usuario**

Los botones (NO) normalmente abiertos son utilizados como la interfaz con la cual el usuario ingresa valores, datos y comandos dentro del sistema. Debido a que los botones se encuentran creando un circuito abierto, al

momento de ser presionados, se obtiene un corto circuito y un cambio de estado en una de las entradas del codificador de decimal a binario CD74HC147.

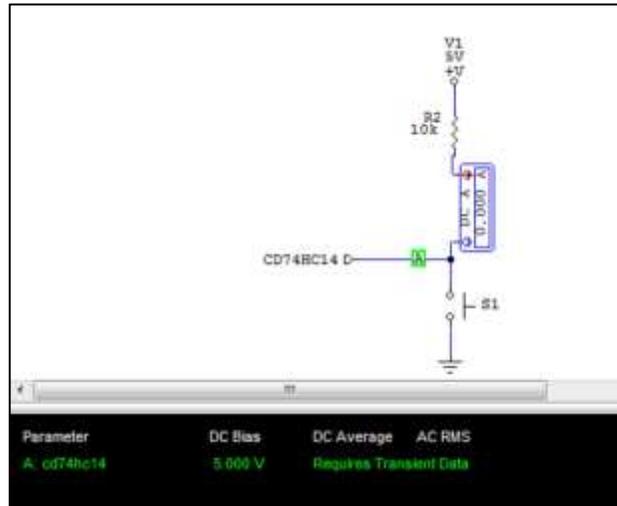
Figura 22. **Circuito botón y codificador**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

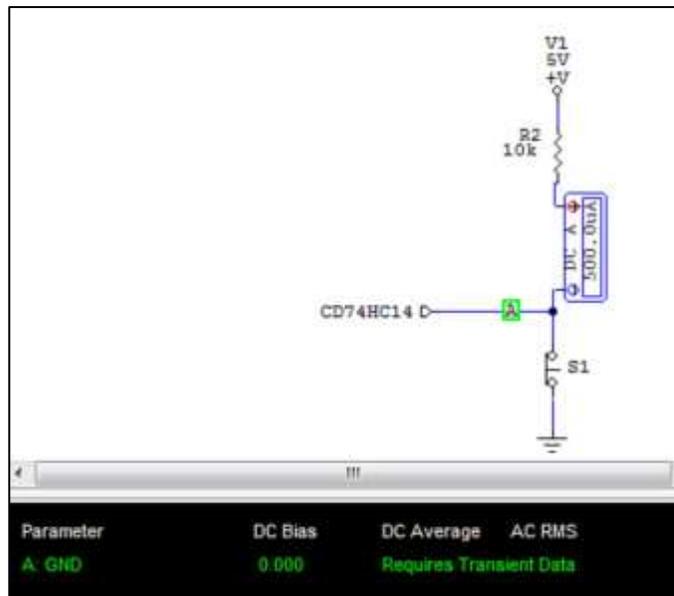
Como se observa en la imagen, para cada entrada del codificador, se tiene un circuito compuesto por una resistencia de 10k ohm y un botón normalmente abierto. Al momento de presionarse dicho botón se genera un cambio en el voltaje de 5 volts a 0 volts en pin de entrada al codificador.

Figura 23. **Circuito botón normalmente abierto**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Figura 24. **Circuito botón presionado**



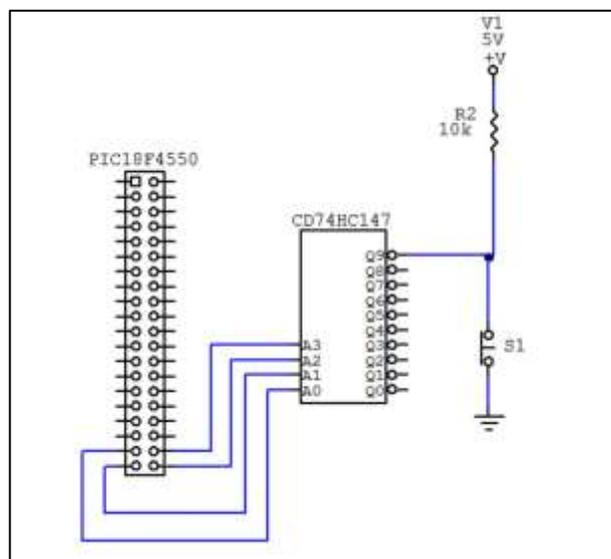
Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Este cambio en el voltaje de entrada genera una salida binaria la cual se interconecta a un puerto del microcontrolador Pic, que a su vez distingue esta salida e identifica el botón presionado y la acción a realizar dependiendo del botón. Con estos botones se podrá sumar y restar puntos a cada marcador, seleccionar tiempos para el cronómetro, el número de partido, acciones durante el juego y seleccionar acciones antes del juego como exportar los datos por medio de la interfaz usb.

2.1.2. Codificador CD74HC147

Este codificador de decimal a binario es utilizado como interconexión entre los botones, como dispositivos de interfaz de usuario, y el microcontrolador PIC. Así mismo se optimiza el uso de pines del microcontrolador debido a que no serán 10 pines utilizados sino solamente cuatro.

Figura 25. Circuito botón, codificador y PIC



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Por lo cual al utilizar dos codificadores CD74HC147 decimal a binario, se podrán tener como entrada un máximo de 18 botones. Se utilizarán solamente 8 pines del microcontrolador PIC para interpretar los 18 botones utilizados en el diseño para ingresar datos o instrucciones. Las salidas de ambos codificadores hacia el PIC irán interconectadas en el puerto D del microcontrolador, como se describe a continuación:

Tabla VI. **Pines de interconexión codificador 1-PIC**

PIN 1er. Codificador CD74HC147		PIN PIC18F4550
Y0	9	19
Y1	7	20
Y2	6	21
Y3	14	22

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Pines interconexión codificador2-PIC**

PIN 2do. Codificador CD74HC147		PIN PIC18F4550
Y0	9	27
Y1	7	28
Y2	6	29
Y3	14	30

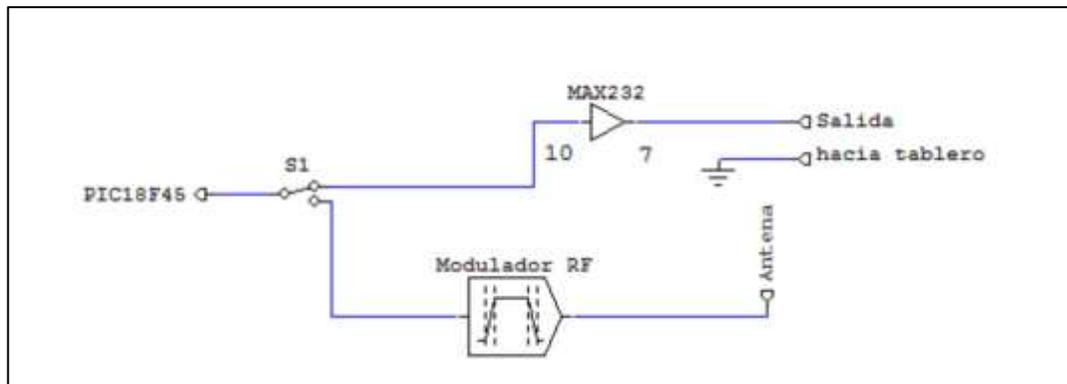
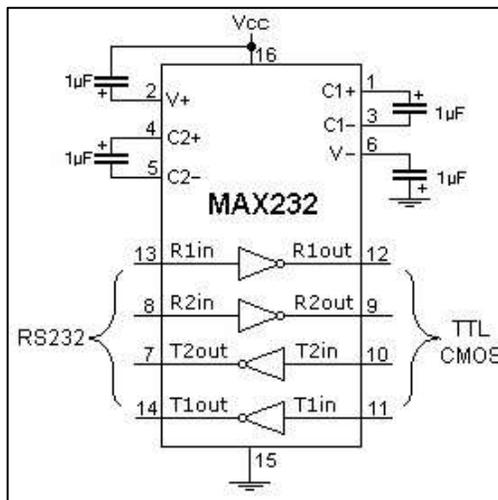
Fuente: elaboración propia.

El puerto D recibirá las salidas de ambos codificadores decimal-binario, en el cual el bit Y0 del pin 19 es el menos significativo.

2.1.3. 2 MAX232 e interfaz USB

El integrado MAX232 cumplirá con la función de la comunicación serial cableada del teclado de mando hacia el tablero.

Figura 26. Circuito integrado MAX232



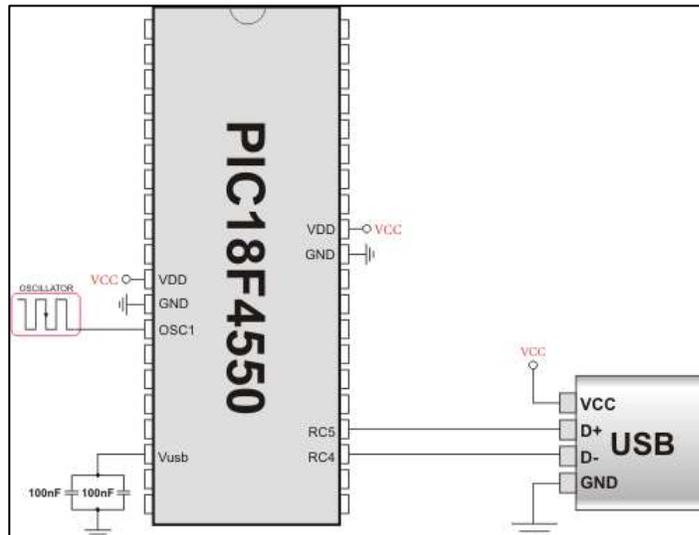
Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Por medio del *switch* S1 se posee una redundancia para el envío de datos e instrucciones desde el control de mando hacia el tablero. Este *switch* determina si se desea una comunicación cableada o inalámbrica entre el

teclado y el tablero. Al seleccionar la opción cableada las instrucciones en TTL del PIC18F4550 ingresan por el pin 10 del circuito integrado MAX232 y salen por el pin 7 como señales RS232 hacia el tablero por medio de un cable de dos hilos. Cabe mencionar que además de enviar la señal serial también se tiene un hilo de referencia a 0v hacia el tablero. Si la posición del *switch* es hacia el modulador RF, todas las instrucciones se envían hacia el tablero de forma inalámbrica. De esta manera se cuenta con una alternativa si se tuviese alguna interferencia con la comunicación inalámbrica entre el control de mando y el tablero.

Para la comunicación USB del microcontrolador PIC 18F4550 se utilizan los pines 23 y 24 correspondientes al puerto C del microcontrolador denominados D- y D+ respectivamente.

Figura 27. **Conexión interfaz USB microcontrolador**

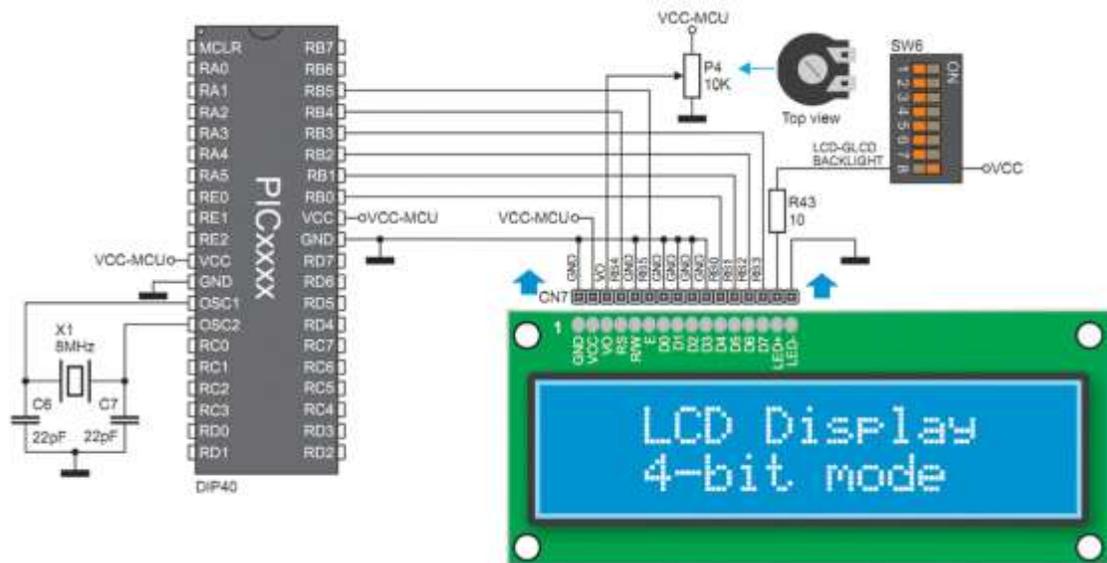


Fuente: *Conexión*. www.edaboard.com.

2.1.4. Pantalla LCD

Esta pantalla se encuentra conectada directamente en el puerto B del microcontrolador PIC 18F4550, es decir, en los pines 33 al 40 exceptuando el pin 36. Se utiliza solamente una interconexión con los puertos de datos de la pantalla LCD de 4 bits. Por lo cual solamente se tienen 4 pines del puerto B para el bus de datos y los otros tres para control, sin embargo, si solamente se mandaran datos hacia la LCD, el pin R/W puede ir directamente a 0 volts (GND) como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 28. Interconexión LCD y microcontrolador PIC



Fuente: *Interconexión LDC y microcontrolador PIC*. www.picbasic.co.uk. Consulta: mayo de 2015.

Tabla VIII. **Interconexión PIC-LCD**

Pin en PIC 18F4550	Pin en LCD
37 – 40	D4 – D7 (puertos bus de datos)
33	RS
34	R/W
35	E

Fuente: elaboración propia.

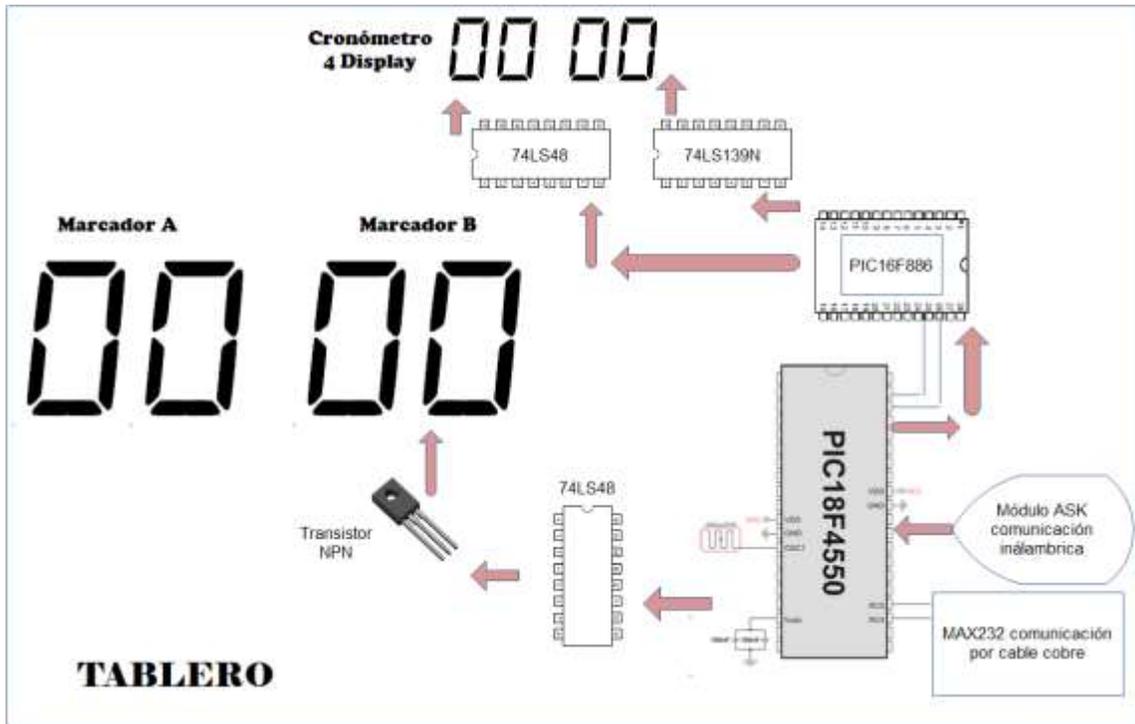
2.1.5. Módulo RF ASK TLP434A

Este módulo RF recibe los datos TTL del microcontrolador PIC, por lo cual no existe mucha complejidad en su interconexión. Como se indicó anteriormente, de la salida del puerto 2 del PIC 18F4550 se interconecta a un switch, el cual selecciona si se desea usar la comunicación cableada o inalámbrica. Al seleccionar inalámbrica la señal de salida del microcontrolador llega directamente al pin 2 de entrada del módulo RF. El puerto 1 se conecta a tierra, el puerto 3 a la alimentación de 5 volts y por último el puerto 4 hacia la antena que transmitirá la señal ASK.

2.2. Funciones en tablero

En el tablero se encuentran los leds que muestran el marcador de cada equipo, se encuentran varios dispositivos los cuales interpretan las señales recibidas por el teclado que luego de una sucesión en cadena de varios circuitos integrados, incluyendo los microcontroladores, se obtiene el resultado final por medio de la interpretación de los números en cada dígito además del cronómetro incorporado en el tablero.

Figura 29. Diagrama tablero



Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max.

2.2.1. Módulo RF ASK RLP434A

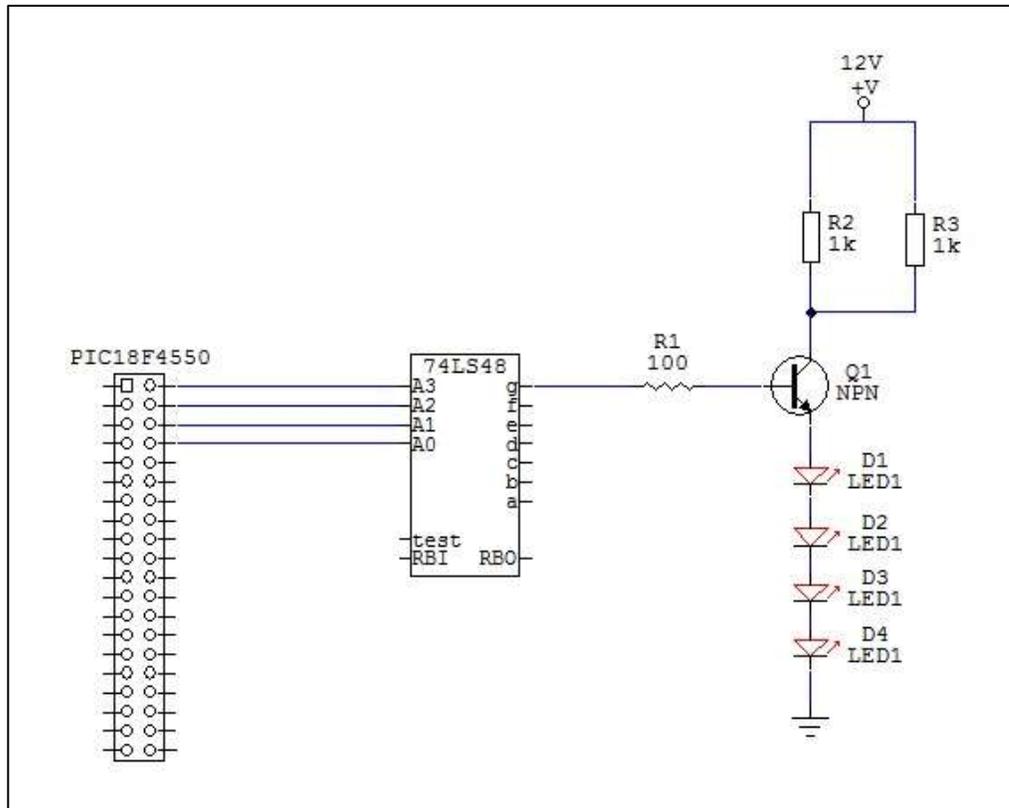
Este módulo es de recepción, por lo cual la comunicación únicamente es en un sentido desde el teclado donde se ingresan por medio de los botones los datos a desplegar hacia el tablero.

Como se mostró en la figura, el 1,6 y 7 se conectan a tierra (0 volts), el pin 2 hacia el pin 26 del microcontrolador 18F4550 (puerto C7), el pin 3 no tiene conexión hacia ningún otro elemento, los pines 4 y 5 hacia los 5 volts de alimentación y por último el pin 8 hacia la antena.

2.2.2. Decodificador BCD/siete segmentos

El decodificador de siete segmentos 74LS48 obtiene en números binarios lo que se desea mostrar en cada dígito del tablero del pic, su interconexión con el microcontrolador PIC y los leds se muestra en la figura.

Figura 30. Circuito PIC, decodificador, transistor NPN y leds



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

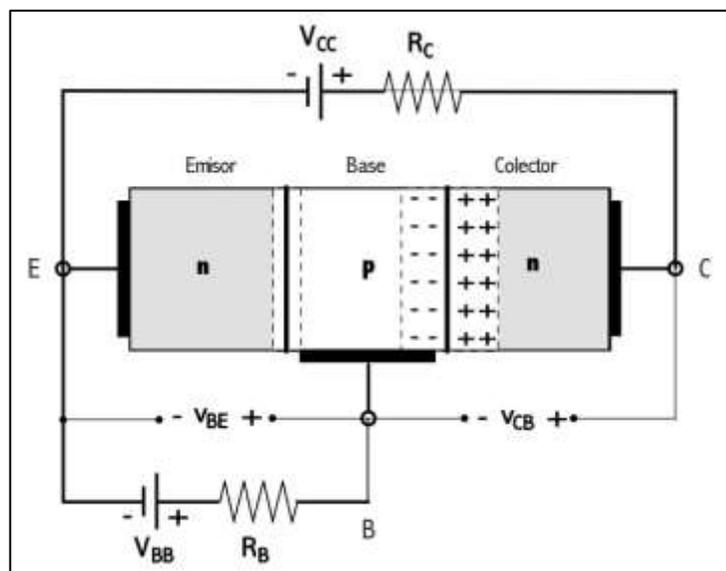
Como se observa, para cada decodificador se utilizan 4 puertos del microcontrolador PIC18F4550. Como son 4 dígitos numéricos los que se utilizan, dos para el marcador de un equipo y dos para el otro equipo, en total se

utilizarán 2 puertos completos del microcontrolador (16 pines). Los pines se conectan a la entrada del decodificador, el cual tiene 7 salidas, cada una hacia cada segmento del *display*.

2.2.3. Diseño del transistor como interruptor

El transistor es utilizado como interruptor, por lo cual, al no recibir corriente en su base, no se encuentra polarizado y no se tiene corriente en el colector. Sin embargo, cuando la base se encuentra directamente polarizada, la existencia de corriente en el colector, así como en el emisor, encenderá los leds en cascada. En estas condiciones de polarización se reduce el ancho de la región de deflexión entre las uniones PN del transistor, y consecuentemente también el potencial de barrera de la unión. Con lo que los electrones son continuamente inyectados desde el emisor del transistor hacia la base tipo P.

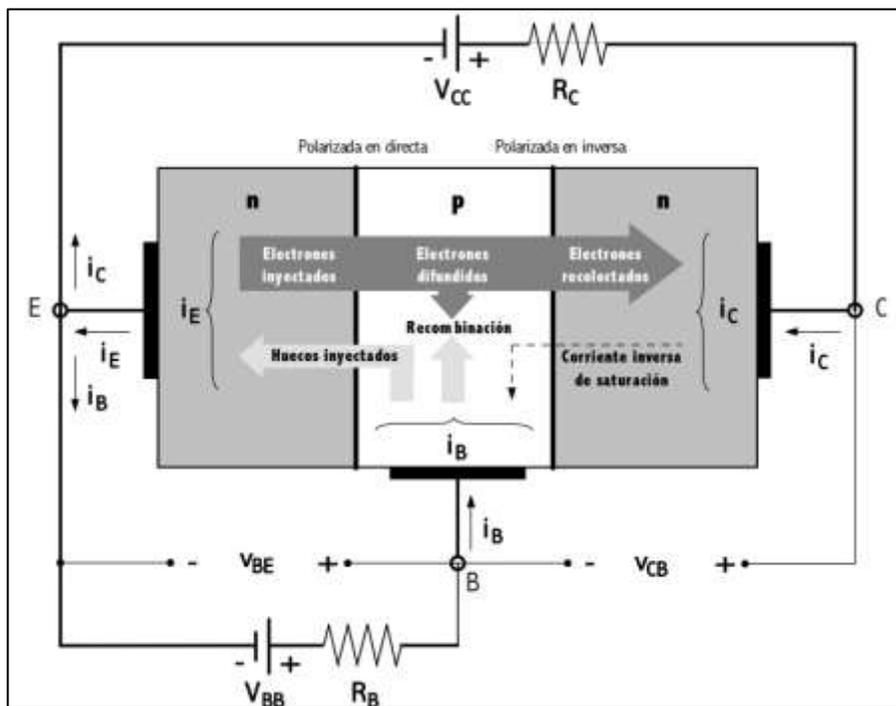
Figura 31. Transistor NPN



Fuente: *Transistor*. bjttransistor.wordpress.com. Consulta: mayo de 2015.

El reducido potencial de barrera en la unión emisor-base creado por las fuentes externas de polarización, hace que en la misma unión además de los electrones inyectados desde el emisor del transistor bipolar hacia la base, se genere simultáneamente un flujo de huecos desde la base hacia el emisor. Aunque esta corriente de huecos no es significativa en el transistor, debido a que se suma a las corrientes de la base y del colector sin influir al flujo entre las uniones. Por lo que se puede considerar que la corriente de emisor i_e se encuentra determinada únicamente por la corriente de electrones difundidos a través de la unión emisor – base.

Figura 32. **Transistor NPN polarizado**



Fuente: *Transistor*. bjttransistor.wordpress.com. Consulta: mayo de 2015.

Como se muestra en la figura, el transistor se encuentra polarizado directamente al momento en que se le inyecte una corriente en la base i_b , por lo cual la corriente en el emisor es la que polariza los leds de cada segmento en el tablero.

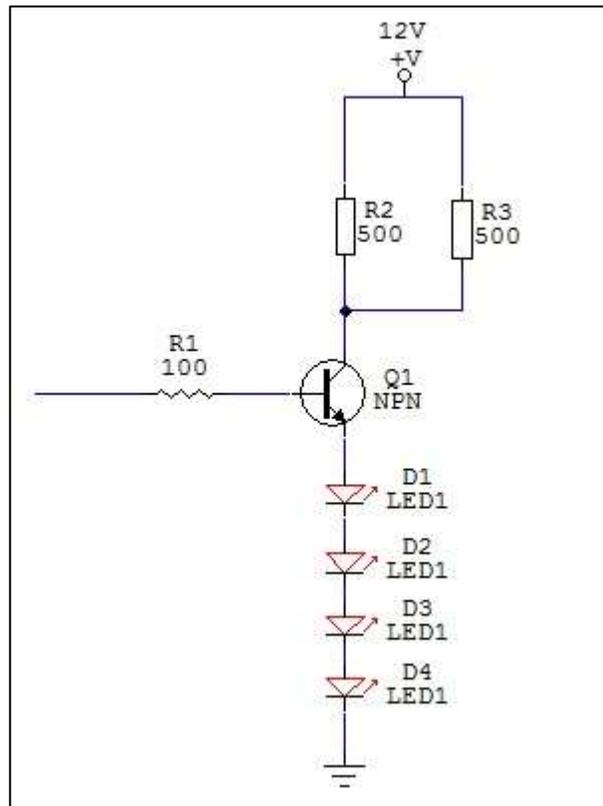
La fuente de voltaje externa en la base proveniente de un pin del microcontrolador, además de polarizar directamente la unión emisor-base, proporciona nuevos huecos en la región base con el fin de reemplazar los perdidos en el proceso de recombinación con los electrones inyectados desde el emisor, mientras que la fuente de voltaje continua en el colector, elimina electrones del material tipo N del colector con el fin de hacer espacio a los recolectados.

Así mismo, cuando un transistor se encuentra polarizado directamente, la unión base-emisor actúa como un diodo polarizado en directo con una corriente $i_c + i_b$, mientras que la unión colector-base se encuentra polarizada inversamente y presenta una pequeña corriente llamada corriente de saturación inversa I_{CB0} y una corriente i_e debida a la interacción entre las uniones p-n.

Por lo tanto, se puede deducir que la corriente de emisor i_E en el transistor será igual en todo momento a la suma de la corriente de colector i_C y la corriente de base i_B , de la forma: $i_E = i_C + i_B$

De tal forma como se muestra en la figura, la corriente que polarizará y encenderá los leds de cada segmento en cada número en el tablero será i_E del transistor.

Figura 33. **Circuito transistor y ledes**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

2.2.4. **Análisis de voltaje y corriente en ledes**

Cuando no existe corriente de base i_B , el transistor deja de funcionar en modo activo, debido a que la unión emisor-base deja de estar polarizada directamente. Así mismo, la unión colector-base queda polarizada inversamente por lo cual se tiene $i_B = i_C = i_E = 0$

Para esta situación el transistor se encuentra en estado de corte, en el cual solamente circula a través de él una pequeña corriente de saturación

inversa en la unión colector-base, con un valor despreciable. Por lo que se puede decir que el transistor se encuentra apagado.

A partir de la imagen del circuito se deduce que el transistor se encuentra polarizado en directa, debido a que en la base se aplica un voltaje 5 volts positivo, mientras que el emisor se encuentra conectado a los leds, por lo cual:

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE} - 6 V_{LED}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{5 - 0.7 - 6 \times 0.7}{100} = 1 \text{ mA}$$

Por tanto, el transistor se encuentra funcionando en la región activa, de modo que el valor de la corriente de colector I_C será:

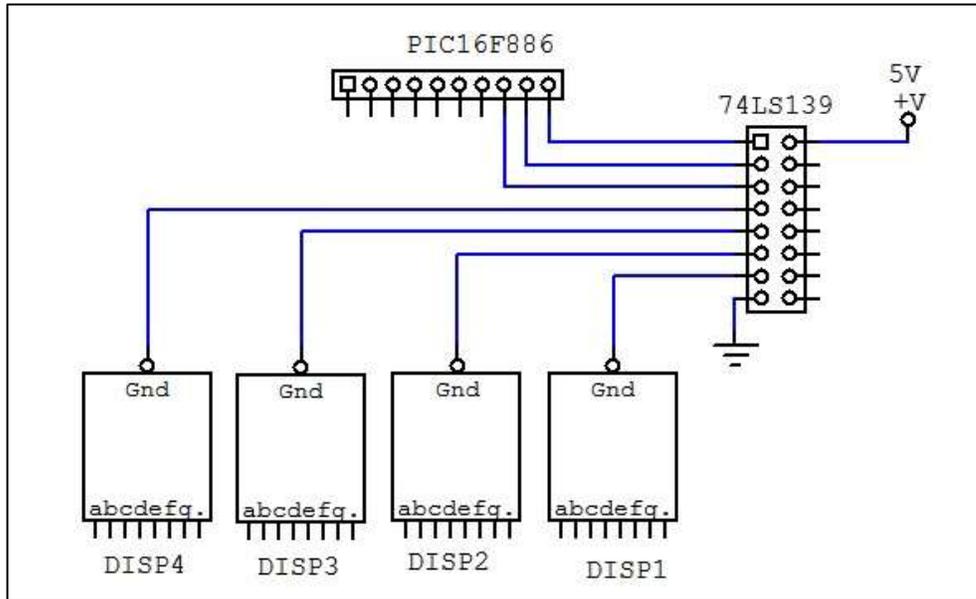
$$I_C = \beta \times I_B$$

$$I_C = 120 \text{ mA}$$

2.2.5. Demultiplexor 74LS139N

Este demultiplexor es por el cual el microcontrolador PIC16F886 selecciona cada *display* de siete segmentos en los que se muestra el cronómetro en el tablero.

Figura 34. **Circuito demultiplexor, *displays* siete segmentos y PIC**



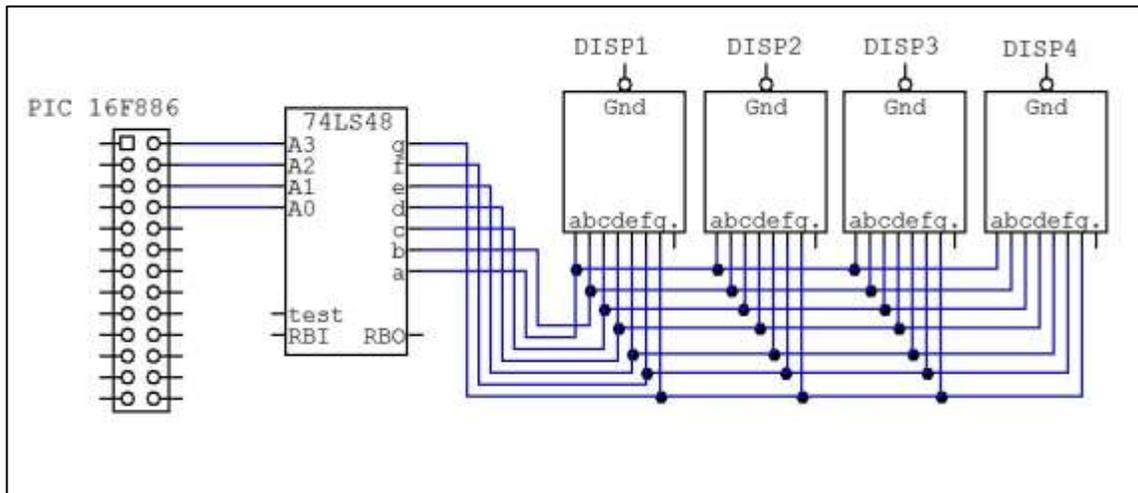
Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Esto es utilizado para optimizar el uso de los pines del microcontrolador pic, debido a que con este diseño solamente se utilizan 3 puertos o pines del mismo para controlar los 4 *display* de siete segmentos y así mostrar el cronómetro encendiendo cada *display* de forma alternada, pero sin que sea perceptible por el ojo humano.

2.2.6. Decodificador 74LS48 y demultiplexor

El decodificador de siete segmentos obtiene en números binarios lo que se desea mostrar en números decimales en los *displays* de siete segmentos, cada dígito es codificado del sistema binario entregado por el microcontrolador PIC y así mismo se encienden los segmentos correspondientes en el *display*.

Figura 35. **Circuito PIC, decodificador y *displays***



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

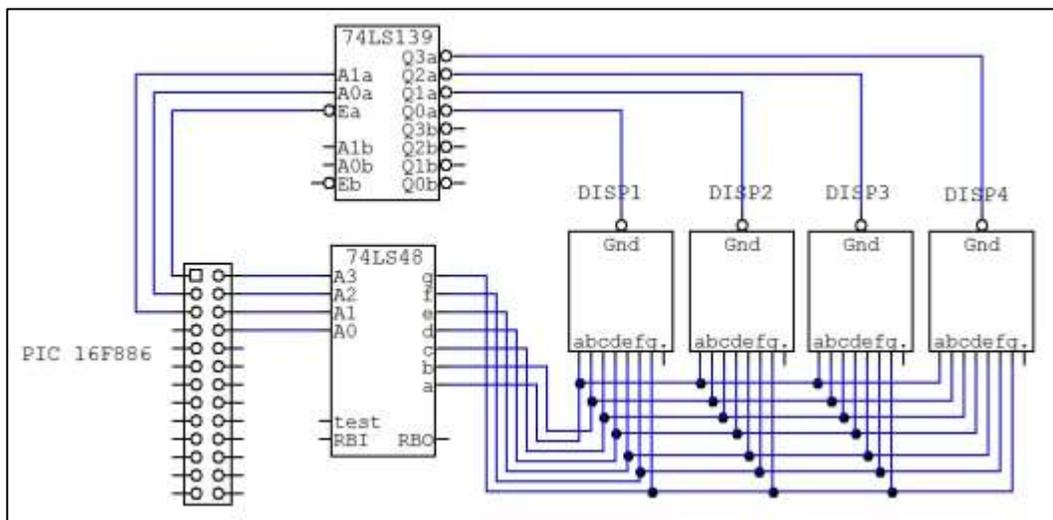
Como se observa en la figura los cuatro *displays* del cronómetro se conectan a solamente un decodificador de siete segmentos por lo cual solamente se utilizarán cuatro puertos del microcontrolador para la información que se mostrará en el cronómetro. El decodificador recibe el dígito a mostrar en los pines A0 – A3 y luego en los pines del a – g conectados a los *displays* enciende los segmentos deseados.

2.2.7. **Display 7 segmentos**

El control de los *displays* de 7 segmentos será por medio del microcontrolador PIC16F886, el cual mandará instrucciones al decodificador 74LS48 por medio de datos en binario indicando los segmentos a encender y con el demultiplexor 74LS139N indicando qué *display* encender en ese momento y de forma sincronizada para que se enciendan de forma alternada desplegando el número correspondiente en cada uno de los *display*. Esto será

de forma muy rápida por lo cual no será visible para el ojo humano y se observarán los cuatro *displays* encendidos.

Figura 36. **Circuito cronómetro**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Con esta topología solamente se utilizarán en total 6 puertos (pines) del microcontrolador en lugar de 16 puertos que serían necesarios para controlar los cuatro *displays*.

3. FUNCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC

Los microcontroladores PIC18F4550 y PIC16F886 utilizados en el diseño del tablero y control de mando, son el centro de todo el sistema y por medio de los estados de cada puerto así ejecutarán distintas acciones programadas para el funcionamiento del mismo.

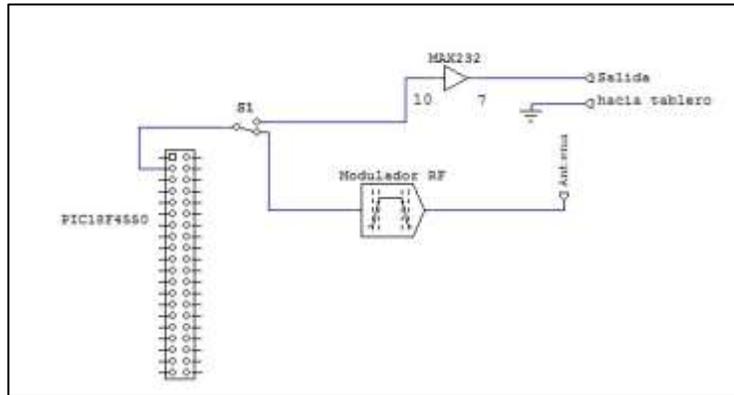
3.1. Descripción de la función de cada puerto PIC18F4550

El microcontrolador PIC18F4550 encapsulado DIP-40 consta de 35 puertos de entrada/salida los cuales se agrupan en 5, desde el Puerto A hasta el Puerto E.

3.1.1. PIC18F4550 en teclado

El puerto A consta de 7 pines de entrada/salida de los cuales solamente 6 son programables. Únicamente el pin A0 del puerto A es utilizado para el envío de información en formato serial, hacia el tablero por medio de un cable o inalámbrico usando los moduladores ASK. La selección del medio para transmitir la información hacia el tablero la realiza el *switch* de tres posiciones seleccionándolo de forma manual.

Figura 37. **Circuito comunicación con redundancia**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

El puerto B consta de 8 líneas de entrada/salida las cuales son utilizadas para controlar y desplegar la información de interfaz de usuario en la pantalla LCD. La conexión entre los pines del microcontrolador PIC y la LCD se realizan como se muestra en la sección 2.1.4.

En el puerto D se encuentra la interconexión con el teclado o interfaz de usuario que consta de 14 botones los cuales son utilizados para ingresar comandos o datos al microcontrolador por medio del codificador CD74HC147. Debido a que son 14 botones es necesario utilizar dos codificadores.

Tabla IX. **Interconexión codificador1-PIC**

PIN 1er. Codificador CD74HC147	PIN PIC18F4550	Puerto PIC
Y0	9	D.0
Y1	7	D.1
Y2	6	D.2
Y3	14	D.3

Fuente: elaboración propia.

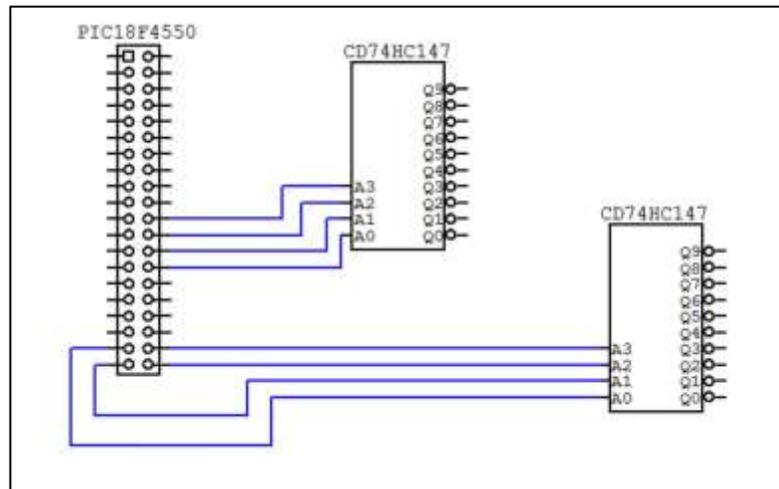
Tabla X. **Interconexión codificador2-PIC**

PIN 2do. Codificador CD74HC147		PIN PIC18F4550	Puerto PIC
Y0	9	27	D.4
Y1	7	28	D.5
Y2	6	29	D.6
Y3	14	30	D.7

Fuente: elaboración propia.

Con ambos codificadores se optimiza el uso de pines en el microcontrolador y en lugar de utilizar 14 solamente se utilizan 8, permitiendo utilizar otros puertos para otras funciones.

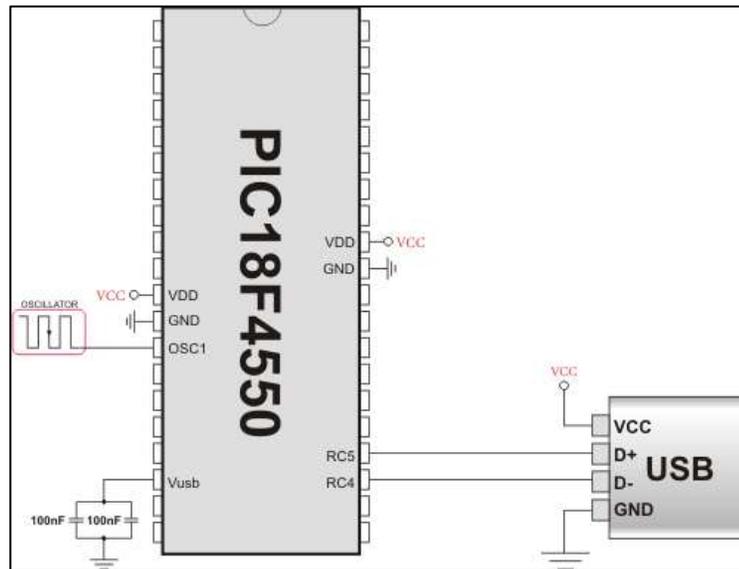
Figura 38. **Circuito codificadores control de mando**



Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

Por último, en el puerto C, los pines 23 y 24 del microcontrolador, puertos C4 y C5 respectivamente, son utilizados para la comunicación USB y así transferir todos los datos de los partidos jugados por medio de un puerto USB.

Figura 39. **Circuito interconexión usb**



Fuente: *Circuito interconexión usb*. www.edaboard.com. Consulta: mayo de 2015.

3.1.2. **PIC18F4550 en tablero**

En el diseño de este microcontrolador todos sus puertos son utilizados, debido a esto en el tablero se cuenta con dos. En los puertos B y D todos los pines son utilizados para enviar información a los decodificadores de siete segmentos los cuales cambian los datos en binarios enviados por el microcontrolador y los despliegan encendiendo cada segmento de leds en el tablero con los cuales se muestran los números decimales en el mismo. Debido a que son dos dígitos por equipo, se tendrían dos decodificadores para mostrar el marcador de cada equipo, teniendo en total cuatro para desplegar los puntos de ambos equipos.

Tabla XI. Interconexión decodificador-PIC marcador A

PIN 1er. Decodificador 74LS48		PIN PIC18F4550	Puerto PIC
A	7	33	B.0
B	1	34	B.1
C	2	35	B.2
D	6	36	B.3
PIN 2do. Decodificador 74LS48		PIN PIC18F4550	Puerto PIC
A	7	37	B.4
B	1	38	B.5
C	2	39	B.6
D	6	40	B.7

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Interconexión decodificador-PIC marcador B

PIN 1er. Decodificador 74LS48		PIN PIC18F4550	Puerto PIC
A	7	19	D.0
B	1	20	D.1
C	2	21	D.2
D	6	22	D.3
PIN 2do. Decodificador 74LS48		PIN PIC18F4550	Puerto PIC
A	7	27	D.4
B	1	28	D.5
C	2	29	D.6
D	6	30	D.7

Fuente: elaboración propia.

El puerto A y la mitad del puerto C son utilizados para encender los ledes de sets ganados para cada equipo.

Tabla XIII. **Interconexión PIC-Leds de sets ganados por equipo**

Sets equipo A	PIN PIC18F4550	Puerto PIC
1	2	A.0
2	3	A.1
3	4	A.2
Sets equipo B	PIN PIC18F4550	Puerto PIC
1	15	C.0
2	16	C.1
3	17	C.2

Fuente: elaboración propia.

La comunicación serial ya sea por medio de un cable o inalámbrica por medio de los módulos ASK se encuentra en el puerto C.7, pin 26 del microcontrolador.

Por último, con el puerto E se envían datos hacia el microcontrolador PIC16F886.

Tabla XIV. **Interconexión microcontroladores PIC**

Puerto PIC16F886	PIN PIC16F886	PIN PIC18F4550	Puerto PIC18F4550
A.2	4	8	E.0
A.1	3	9	E.1
A.0	2	10	E.2

Fuente: elaboración propia.

3.2. Descripción de la función de cada puerto PIC16F886

Este microcontrolador se encarga del cronómetro en el tablero, tiene menos puertos de entrada/salida, pero se organizaron de la mejor forma para cumplir su cometido dentro de todo el sistema. Solamente los puertos A, B y C son utilizados.

El puerto A es utilizado para recibir instrucciones del microcontrolador PIC18F4550 y se interconectan con el puerto E, respectivamente, como se describe en la tabla.

El puerto C es el encargado de habilitar los display del cronómetro por medio del demultiplexor 74LS139N, los puertos del microcontrolador se interconectan como se describe en la tabla.

Tabla XV. **Interconexión PIC-demultiplexor cronómetro**

Puerto PIC16F886	PIN PIC16F886	PIN 74LS139N	Entrada 74LS139N
C.0	11	3	B1
C.1	12	2	A1
C.2	13	1	ENABLE G1

Fuente: elaboración propia.

Por medio del puerto B se envía hacia el decodificador 74LS48 los números decimales a mostrar en los display del cronómetro, estos números se envían en binario al decodificador y luego este enciende los segmentos correspondientes en el display. El puerto B del microcontrolador y el decodificador se interconectan como se describe en la tabla.

Tabla XVI. **Interconexión PIC-decodificador cronómetro**

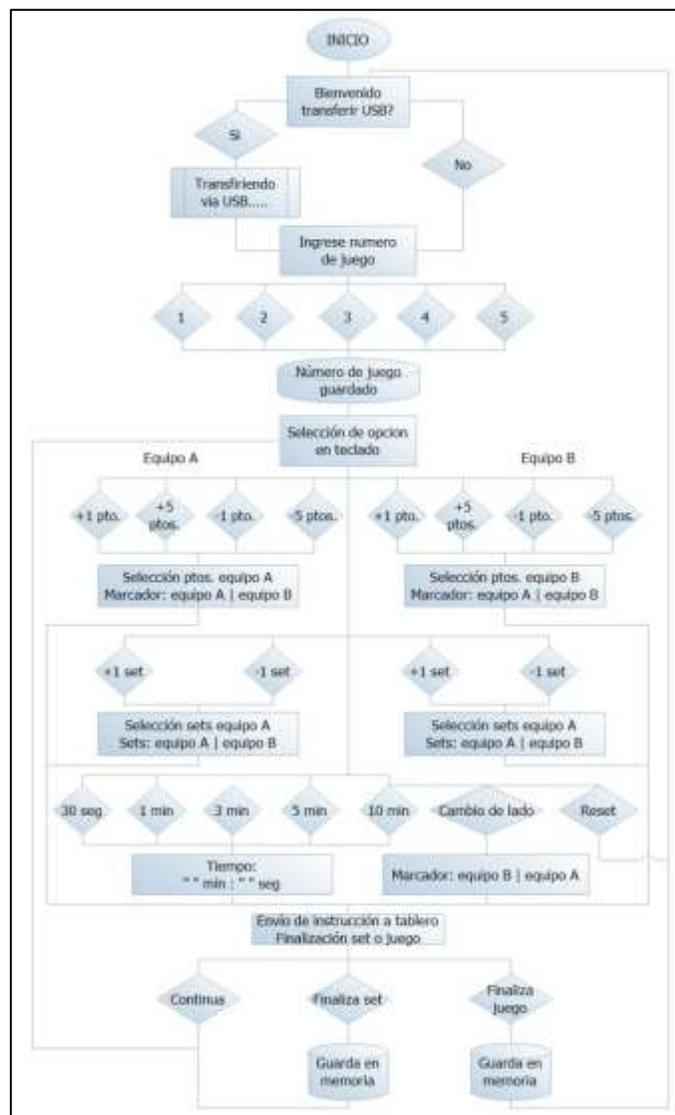
Puerto PIC16F886	PIN PIC16F886	PIN 74LS48	Entrada 74LS48
B.0	21	7	A
B.1	22	1	B
B.2	23	2	C
B.3	24	6	D

Fuente: elaboración propia.

3.3. Algoritmo PIC18F4550

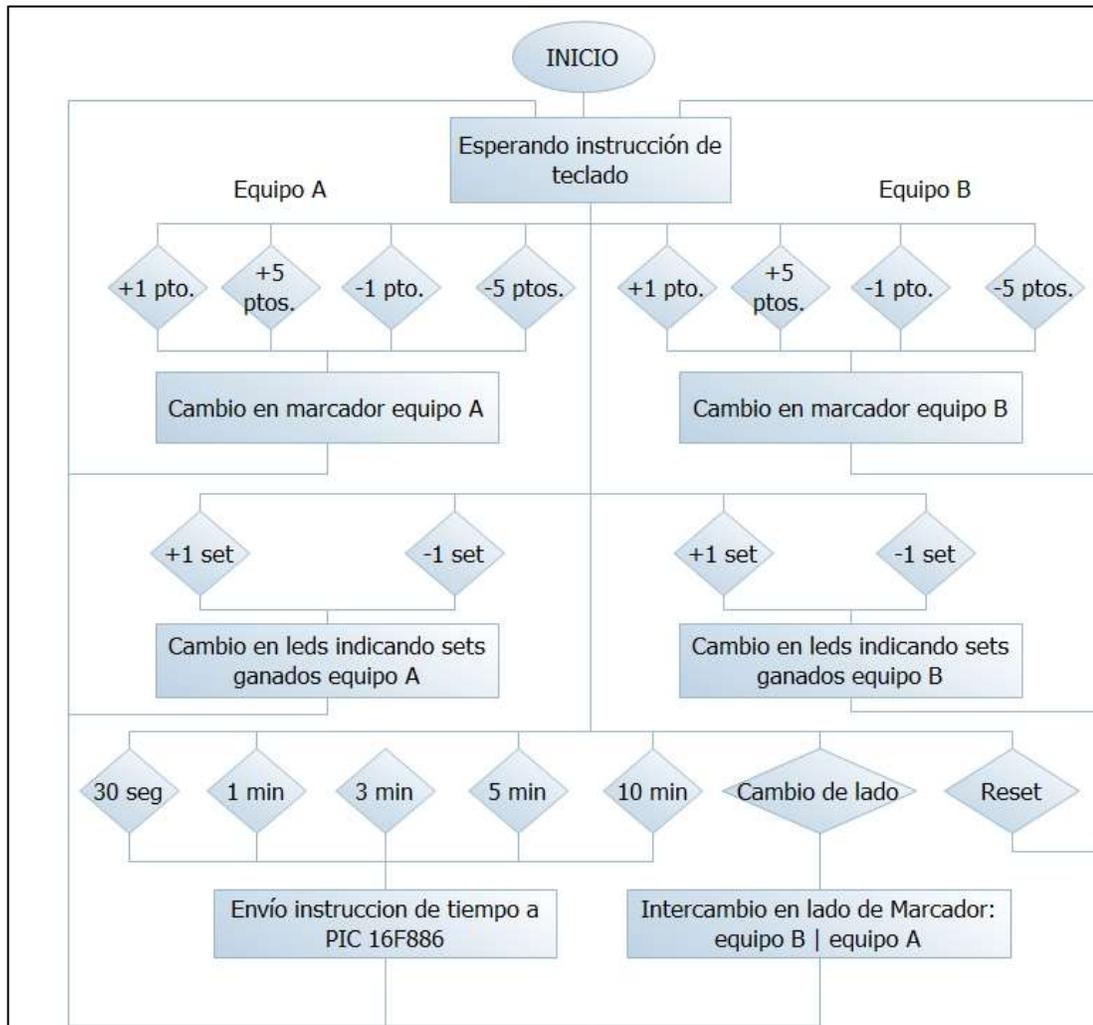
Los microcontroladores son programados en lenguaje Basic cada uno de acuerdo a las necesidades de utilización de sus entradas/salidas.

Figura 40. Diagrama de flujo algoritmo PIC18F4550 en teclado



Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max 5.

Figura 41. Diagrama de flujo algoritmo PIC18f4550 en tablero



Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max 5.

3.4. Algoritmo PIC16F886

El microcontrolador PIC16F886 se encargará exclusivamente del *display* del cronómetro o tiempo en el tablero, por medio de los *displays* de siete

segmentos se mostrarán los cuatro dígitos, de los cuales dos son minutos y dos en segundos.

Figura 42. Diagrama de flujo algoritmo PIC16F886



Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max 5.

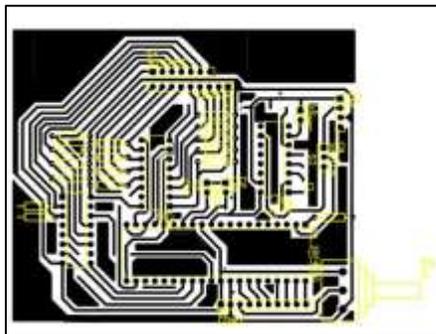
4. CIRCUITO PCB E INTERCONEXIÓN FÍSICA

En este capítulo se muestra el diseño del circuito impreso del tablero y control de mando, estos fueron diseñados con sockets para poder reemplazar y verificar en caso de falla, fácilmente los circuitos integrados anteriormente mencionados o los microcontroladores PIC utilizados. Además, se incluyeron agujeros de acuerdo al tamaño de los potenciómetros para evitar que estos fueran un punto de falla en la tarjeta final, así como conectores para los +12 volts, +5 volts y 0 volts (GND) provenientes de las respectivas fuentes de poder, tanto del control de mando (anteriormente mencionado como teclado) y el tablero.

4.1. Diseño PCB del control de mando

El circuito impreso se diseñó de forma compacta y optimizada, utilizando conectores hacia los botones que se encuentran en el control de mando.

Figura 43. PCB control de mando

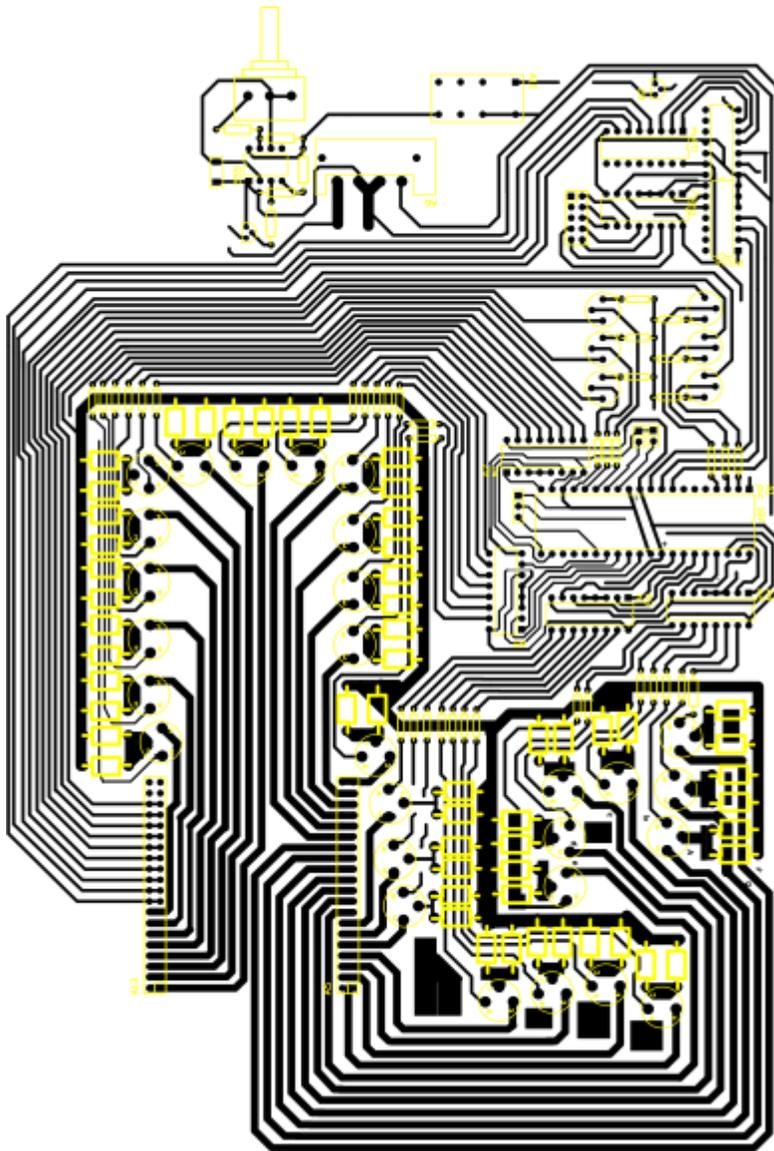


Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

4.2. Diseño PCB del tablero

El circuito impreso del tablero fue diseñado con el fin de interconectar todos los componentes y los leds fuera del tablero por medio de conectores.

Figura 44. **PCB tablero**

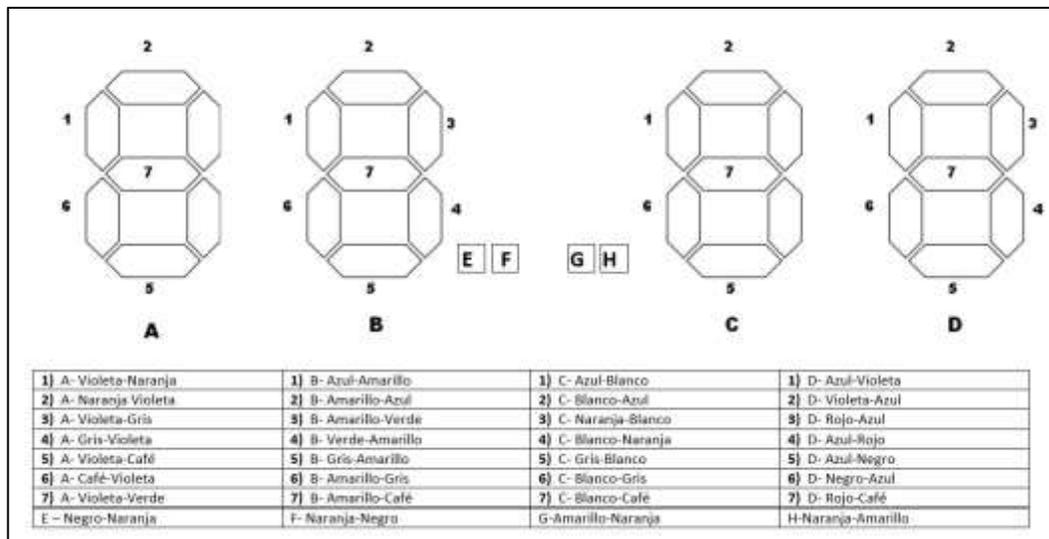


Fuente: elaboración propia, empleando Circuit Maker 2000.

4.3. Diseño de interconexiones de ledes en tablero

El diseño de los números a mostrar en el tablero fue realizado con base en un *display* de siete segmentos, así fueron colocados los ledes.

Figura 45. Diseño segmentos marcador en tablero

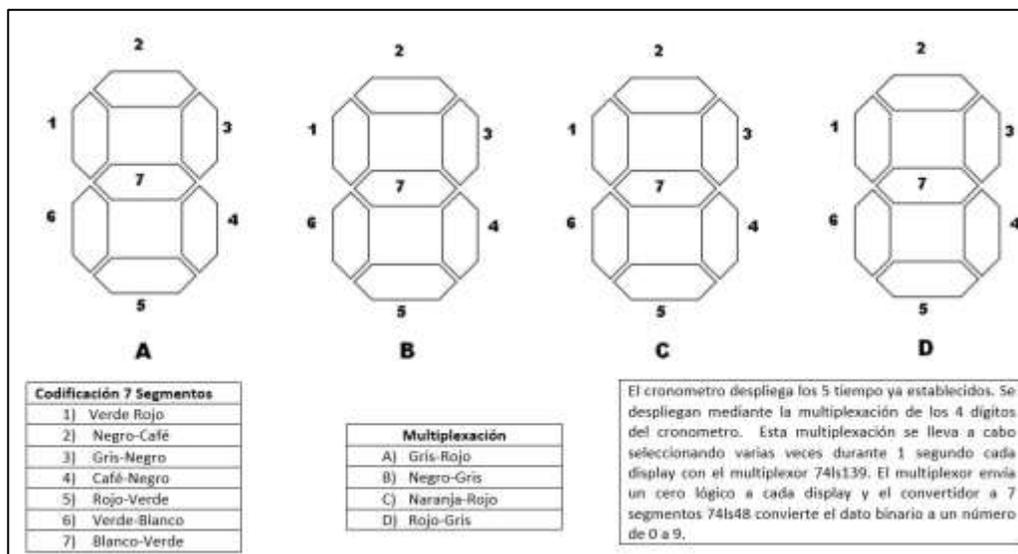


Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max 5.

4.4. Diseño de interconexión *displays* en cronómetro

El cronómetro en el tablero fue diseñado utilizando cuatro *displays* de siete segmentos de los cuales dos muestran los segundos y dos los minutos.

Figura 46. **Diseño conexiones en cronómetro**



Fuente: elaboración propia, empleando Edraw Max 5.

5. PRESENTACIÓN FINAL Y ANÁLISIS DE COSTOS

El control de mando y tablero se realizaron principalmente de madera lijada para eliminar asperezas, con una capa de pintura gris. Los botones en el control de mando fueron ensamblados a presión con tuercas en la parte interior de la armazón. Al igual que los leds del tablero se apertura un orificio para cada patilla milimétricamente alineados para tener los siete segmentos de cada dígito en el marcador, más los indicadores de sets ganados de cada equipo.

5.1. Presentación final tablero y control de mando

El control de mando y tablero fueron diseñados de forma intuitiva y sin instrucciones complejas y confusas para su utilización.

Figura 47. Presentación control de mando



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Presentación tablero



Fuente: elaboración propia.

5.2. Análisis de costos y ROI

En la siguiente tabla se muestra el precio de cada elemento utilizado en el tablero y control de mando, incluyendo la armazón y los agentes externos para la creación de los mismos hasta su presentación final.

Tabla XVII. Análisis de costos

Ctd.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
320	Led 10MM Azul Transparente	Q 6,75	Q 2 160,00
4	Led 10MM Blanco Transparente	Q 7,00	Q 28,00
2	Led 10MM Rojo	Q 6,00	Q 12,00
2	Max 232	Q 40,00	Q 80,00
6	TTL Decoder BCD p/7 segmentos NTE74ls48	Q 25,00	Q 150,00
1	Pic 16F886 (28 pines)	Q 325,00	Q 325,00
2	Pic 18f4550 (40 pines)	Q 450,00	Q 900,00
28	Transistores BJT NPN	Q 15,00	Q 420,00
1	Fuente de Poder	Q 150,00	Q 150,00
1	BCD 74ls139	Q 25,00	Q 25,00
4	Displays 7 segmentos color Rojo	Q 20,00	Q 80,00

Continuación de la tabla XVII.

2	DCB CD74HC147E	Q 25,00	Q 50,00
1	Placa de Cobre para Circuito Impreso	Q 195,00	Q 195,00
2	Litro Ácido para Cobre	Q 30,25	Q 60,50
38	Resistencias 1/4 watt	Q 0,75	Q 28,50
58	Resistencias 1W 200 ohms	Q 1,75	Q 101,50
1	Pantalla LCD	Q 175,00	Q 175,00
16	Pulsadores (NA)	Q 4,25	Q 68,00
28	led 10mm azul transparente	Q 6,75	Q 189,00
1	Acetona (para placa)	Q 10,50	Q 10,50
1	Botella de alcohol	Q 9,75	Q 9,75
1	moduladores (inalámbrico)	Q 300,00	Q 300,00
Materiales para armazón			
3	Jack en línea 3.5mm (entrada alámbrica)	Q 3,50	Q 10,50
2	moldura para mesa	Q 36,00	Q 72,00
4	metros cable micrófono mono	Q 4,50	Q 18,00
2	Acceso p. audio (hembra entrada alámbrica)	Q 3,00	Q 6,00
25	tornillos con tuerca 1/2 pulgada	Q 0,75	Q 18,75
10	Tornillos 8-32 X 1.1/2	Q 0,20	Q 2,00
10	Tornillos 8-32 X 1.1/4	Q 0,25	Q 2,50
20	Tuerca galvanizada	Q 0,15	Q 3,00
20	Roldana galvanizada no.8	Q 15,00	Q 300,00
20	Washa de presión galvanizada	Q 0,10	Q 2,00
1	punta de cautín 40 watts	Q 15,00	Q 15,00
3	Brocas Twill para metal 1/32	Q 11,60	Q 34,80
1	Madera para caja	Q 160,00	Q 160,00
1	Pintura Negra	Q 29,00	Q 29,00
	TOTAL		Q 6 191,30
	PRECIO DE VENTA		Q 10 000,00

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, durante los distintos eventos realizados por la Federación Nacional de Voleibol, se cuenta con un *staff* de árbitros, los cuales se dividen en grupos donde se encuentran los árbitros principales y los auxiliares. Con esta herramienta, por su fácil y práctico diseño, suplirá las funciones de un árbitro auxiliar, que es el encargado de voltear cada papeleta de un marcador manual, por lo tanto ya no es necesario.

Con un costo de Q 300 por árbitro auxiliar diario, con duración de 3 días por torneo, más un promedio de 12 torneos anuales de voleibol de salón en ambas ramas masculina y femenina y 2 de voleibol de playa, el retorno de inversión en el primer año será:

$$\text{ROI} = \text{beneficio} / \text{inversión}$$

$$\text{ROI} = 12\,600 / 10\,000 = 1,26$$

Por lo cual, la inversión es recuperable en el primer año de funcionamiento.

CONCLUSIONES

1. Mediante el uso de microcontroladores como parte central de un sistema, los cuales controlan los decodificadores, demultiplexores, codificadores, displays y transistores, se implementó una herramienta portátil y automatizada para el desempeño arbitral en un juego de voleibol.
2. Por medio de la memoria eeprom interna del microcontrolador, fue posible un diseño para guardar los marcadores y resultados finales de los juegos, los cuales podrán ser consultados utilizando una interfaz usb ubicada en el control de mando. Sin embargo, utilizar esta funcionalidad resulta un reto muy grande para los jueces arbitrales en general por su falta de familiarización con la tecnología y computadores por lo cual su utilización se delegó únicamente al director técnico dentro de la Federación Nacional de Voleibol.
3. Definiendo las necesidades arbitrales y todos los escenarios durante un juego, se logró el diseño de un algoritmo secuencial, el cual cubre todas las situaciones posibles obteniendo una herramienta viable en funcionamiento. Sin embargo, la misma cuenta con componentes mecánicos como los botones y switches, los cuales tienen un límite de vida útil llegando a provocar fallas a largo plazo, por lo cual se deberá tener un mantenimiento preventivo anual.

RECOMENDACIONES

1. El tablero se encuentra diseñado para disipar el calor generado por los componentes electrónicos utilizados por medio de un ventilador y orificios en los costados de la armazón. En situaciones de funcionamiento continuo o climas muy húmedos con altas temperaturas, es posible que el umbral de temperatura soportado se reduzca por lo que se deberá verificar el teclado cuando se encuentre en situaciones anteriormente descritas.
2. En situaciones donde se tenga mucha iluminación natural el ángulo de visión del haz de luz emitido por los leds puede ser reducido, por lo que esto podrá ser tomado en cuenta para la armazón de futuros diseños o mejoras del mismo.
3. Todos los circuitos integrados, incluyendo los microcontroladores, ubicados en el control de mando y tablero, pueden ser removidos debido a que no se encuentran soldados directamente sino sobre plataformas que permiten removerse fácilmente. Por lo cual, es recomendable retirarlos con herramientas como pinzas para evitar daños a estas plataformas.
4. El mantenimiento preventivo es parte esencial para incrementar la vida útil del tablero y todo el sistema, por lo cual se recomienda realizarlo una vez al año o luego de 100 horas de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blog de temas de electrónica. *BJT Transistor Tutorial*. [en línea]. <<https://bjttransistor.wordpress.com/>>. [Consulta: mayo de 2015].
2. Blog de temas de ingeniería, Colombia. *Ingeniero Forigua, diseño de circuitos impresos*. [en línea]. <<http://ingeniero-forigua.blogspot.com/2009/02/disen-de-circuitos-impresos-mediante.html>>. [Consulta: enero de 2015].
3. *CD74HC147 High Speed CMOS Logic 10-to-4 Line Priority Encoder. Catálogo de hojas de datos*. [en línea]. <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/27010/TI/CD74HC147.html>>. [Consulta: mayo de 2015].
4. *Data sheet 74LS48. Catálogo de hojas de datos*. [en línea]. <http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/7/4/L/S/74LS48.shtml>. [Consulta: abril de 2015].
5. *DUAL 1-OF-4 DECODER/ DEMULTIPLEXER. Catálogo de hojas de datos*. [en línea]. <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5657/MOTOROLA/74LS139.html>>. [Consulta: mayo de 2015].
6. *MAX232 DUAL EIA232 DRIVERS/RECEIVERS. Catálogo de hojas de datos*. [en línea]. <<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/27251/TI/MAX232/20/1/MAX232.html>>. [Consulta: mayo de 2015].

7. *PIC16F882/883/884/886/887 Data Sheet. Catálogo de hojas de datos.*
[en línea]. <[http:// ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc /41291D.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291D.pdf)>. [Consulta: mayo de 2015].

8. *PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet.* [en línea].
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc /39632c.pdf>>
[Consulta: mayo de 2015].

9. *RF ASK Hybrid Modules for Radio Control. Catálogo de hojas de datos.*
[en línea]. < http://www.sigmaelectronica.net/manuals /TLPRLP434A_ TLPRLP418A.pdf >. [Consulta: mayo de 2015].

APÉNDICE

Apéndice 1. Manual de usuario tablero inalámbrico



Teclado



Tablero



Continuación del apéndice 1.



Descripción

- El tablero consta de un cronómetro y un arreglo de leds brillantes donde se despliega el marcador.
- Al costado izquierdo se encuentran
 - botón de encendido/apagado
 - switch inalámbrico (hacia arriba)/alámbrico (hacia abajo)
 - conector modo alámbrico
 - antena
- Para trabajar en el modo alámbrico es importante conectar el tablero y el teclado mediante el conector alámbrico.
- Para la modalidad inalámbrica solo se debe tener ambos switch en posición inalámbrica y estirar ambas antenas.

Continuación del apéndice 1.

Instrucciones de uso

- El marcador MHG tiene dos modalidades de funcionamiento. En la modalidad alámbrica, se debe conectar el cable proporcionado en cada extremo del tablero y teclado respectivamente.
- Como se observa en la imagen, el tablero consta de 15 botones con diferentes funciones cada uno.
 - El botón reset reinicia el marcador a 0 puntos.
 - El botón cambio, intercambia el marcador de ambos lados.
 - El botón +1 set sube a un set ganado cada lado respectivamente. Para mostrar dos sets ganados se debe presionar el botón nuevamente. Y para borrar todos los sets deberá presionar por tercera vez el botón.
 - Los botones de tiempo inician el cronómetro dependiendo del tiempo deseado.
 - El botón +5 puntos sube cinco puntos en el marcador cada vez que se presiona.
 - El botón +1 punto sube un punto en el marcador cada vez que se presiona.
 - El botón -1 punto baja un punto en el marcador cada vez que se presiona.
 - El switch en la parte superior izquierda del tablero controla los dos tipos de modalidades disponibles. Hacia arriba se seleccionara la modalidad inalámbrica y hacia abajo la modalidad alámbrica.
- La pantalla LCD desplegara toda la información del marcador, sets ganados y tiempos seleccionados por medio de los botones respectivos.
- La modalidad alámbrica proporciona una comodidad para el usuario ya que el teclado y el tablero no se conectan por medio de un cable. Para entrar a esta modalidad se selecciona con el switch en la parte superior del teclado y en el costado del tablero. Es importante que ambos switch se encuentren en la misma modalidad y estirar ambas antenas.

Switch modo Alámbrico/Inalámbrico



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización creación de Federación Nacional de voleibol



Fuente: Federación Nacional de Voleibol de Guatemala.

Anexo 2. Carta de aceptación Federación Nacional de voleibol



Federación Nacional de Voleibol de Guatemala

Guatemala
2016

Guatemala
11 de Julio 2016
REF/FGVB-G-145-2016

Señor
Héctor Eliú Cifuentes Nájera
Presente

Estimado Señor Cifuentes:

Atentamente tengo el agrado de dirigirme a usted, con el objeto de manifestarle que el **TABLERO INALAMBRICO PORTATIL** fue aprobado y aceptado por esta Federación, debido a que cumplió con las características y funcionamiento requerido por las reglas oficiales del voleibol, así mismo lleno las expectativas requeridas para los campeonatos de voleibol, tanto en voleibol sala como en voleibol playa.

Agradeciendo su atención y colaboración hacia esta federación, me suscribo

Deferentemente


Magnolia Ivonne Escobar
Gerente



Affixes to:
FEDERACION INTERNACIONAL DE VOLEIBOL - UNIV. ASSOCIACION DE FEDERACIONES CENTROAMERICANAS DE VOLEIBOL - ASERVOL
Guatemala 7-09, Avenida Central de San Diego, Zona 1, Guatemala, C. A. (teléfono: 2042 2194 2028; fax: 2042 2194 4232; correo: fiv@fiv.org; fiv@fiv.org) fiv@fiv.org

Fuente: Federación Nacional de Voleibol de Guatemala.