



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

**CONTROL INALÁMBRICO Y MEJORAS EN
EL TABLERO DE DESPLIEGUE DE TENIS
POTROS ITSON**

T E S I S
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

PRESENTA

Manuel Trinidad Chin Duarte

CD. OBREGÓN, SONORA

OCTUBRE DE 2007

ÍNDICE

	Pág.
Lista de figuras	vi
Lista de tablas	viii
Resumen	ix

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Reglas del Tenis.....	5
2.1.1 Puntos.....	6
2.1.2 Servicio.....	6
2.1.3 Etapa.....	6
2.1.4 Muerte súbita.....	6
2.1.5 Criterio para dictaminar un ganador.....	7
2.2 Microcontroladores.....	7
2.2.1 Controlador y microcontrolador.....	7
2.2.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador.....	8
2.2.3 Aplicaciones de los microcontroladores.....	10
2.2.4 Criterio para selección de microcontrolador.....	10
2.2.5 Arquitectura básica.....	12
2.2.6 El procesador o UCP.....	13
2.2.7 Memoria.....	14

2.2.8 Puertos de entrada y salida.....	14
2.2.9 Reloj principal.....	15
2.2.10 Recursos especiales.....	15
2.3 Puerto serie.....	16
2.3.1 Definición.....	16
2.3.2 El estándar RS-232C.....	16
2.3.3 Conectores.....	17
2.3.4 Niveles lógicos.....	17
2.3.5 Funcionamiento.....	18

III. MÉTODO

3.1 Diagnóstico.....	20
3.1.1 Análisis de recursos existentes.....	20
3.1.2 Descripción de partes.....	21
3.1.3 Observaciones durante el diagnóstico.....	23
3.2 Análisis de las necesidades de hardware.....	23
3.2.1 Identificación de necesidades.....	24
3.2.2 Análisis de necesidades.....	24
3.2.2.1 Mando inalámbrico.....	25
3.2.2.2 Sistema de recepción y control del tablero.....	25
3.2.2.3 Retención de datos en los exhibidores.....	25
3.2.3 Opción de solución.....	28
3.2.3.1 Mando inalámbrico.....	28
3.2.3.2 Sistema de recepción y control del tablero.....	28
3.3 Selección de hardware.....	28
3.3.1 Selección de medio de transmisión para mando inalámbrico y sistema de recepción del tablero.....	29
3.3.2 Selección de componentes de mando inalámbrico.....	29
3.3.2.1 Medio de despliegue.....	30
3.3.2.2 Microcontrolador.....	31

3.3.3 Selección de microcontrolador de sistema de recepción y control del tablero.....	31
3.4 Estructura del hardware diseño esquemático.....	32
3.4.1 Mando inalámbrico.....	32
3.4.1.1 Pantalla LCD.....	33
3.4.1.2 Teclado.....	33
3.4.1.3 Transmisor RF.....	34
3.4.2 Sistema de recepción y control del tablero.....	36
3.4.2.1 Conexión de datos y direcciones.....	36
3.4.2.2 Receptor RF.....	37
3.4.2.3 Receptor cableado.....	37
3.4.2.4 Recepción inalámbrica/cableada y selector de modo de recepción.....	38

IV. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Mando inalámbrico.....	40
4.2 Sistema de recepción y control del tablero.....	41
4.3 Potencia y retención de datos.....	42

V. PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES

5.1 Mando inalámbrico.....	44
5.1.1 Condiciones de programa de control inalámbrico.....	44
5.1.1.1 Justificado de datos mostrados en el módulo LCD.....	45
5.1.1.2 Operación de variables mostradas en el LCD.....	45
5.1.1.3. Asignación de funciones para interruptores.....	48
5.1.1.4 Asignaciones de direcciones.....	49
5.1.2 Diagrama de flujo de programa para mando inalámbrico.....	50

5.1.3 Rutinas críticas de microcontrolador de mando inalámbrico.....	53
5.1.3.1 Subrutina de transmisión por puerto serie acoplado a módulo transmisor RF.....	53
5.1.3.2 Subrutina para actualizar tablero.....	56
5.2 Sistema de recepción y control de tablero.....	59
5.2.1 Condiciones de programa de sistema de recepción y control de tablero.....	59
5.2.1.1 Asignación de direcciones.....	59
5.2.1.2 Información inicial.....	59
5.2.1.3 Modo de recepción.....	59
5.2.2 Diagrama de flujo de programa para sistema de recepción y control de despliegue.....	60
5.2.3 Rutinas críticas de programa de recepción y control de despliegue.....	61
5.2.3.1 Rutina de servicio de interrupción por puerto serie.....	61
5.2.3.2 Rutina para configuración de velocidad para puerto serie.....	72

VI. RESULTADOS

6.1 Problemas presentados en pruebas iniciales.....	73
6.1.1 Medio de transmisión inalámbrico.....	73
6.1.2 Seguridad en la transmisión inalámbrica.....	74
6.1.3 Señal de salida de datos 7 segmentos del microcontrolador de tablero de despliegue.....	74
6.2 Soluciones a problemas presentados.....	75
6.2.1 Medio de transmisión inalámbrico.....	75
6.2.2 Seguridad en la transmisión inalámbrica.....	76

6.2.3 Señal de salida de datos 7 segmentos del microcontrolador de tablero de despliegue.....	77
6.3 Presentación del nuevo tablero de despliegue de tenis.....	78
6.3.1 Nuevo problema presentado y solución.....	81
6.3.2 Resultados finales.....	81
6.4 Propuesta de mejora.....	82
6.4.1 Utilización de interfaz a PC a través de puerto USB.....	83
6.4.2 Agregar desplegado alfanumérico para nombres de competidores.....	83
6.4.3 Cargador e indicador de carga.....	84
6.4.4 Cambio de acrílico de pantalla del tablero de despliegue.....	84
6.4.5 Protección de fuente de alimentación contra salpicaduras.....	84

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	85
Recomendaciones.....	87

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO

Imágenes de diagnóstico

APÉNDICES

Apéndice A: Selección de componentes

Apéndice B: Listado de materiales

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador....	9
Figura 2.2. El microcontrolador es un sistema cerrado.....	9
Figura 2.3. Esquema de arquitectura de Von Neumann.....	12
Figura 2.4. Esquema de arquitectura Harvard.....	13
Figura 2.5. Formato de una trama de información según el protocolo de comunicación RS-232.....	18
Figura 3.1. Diagrama a bloques de funcionamiento del tablero de tenis a mejorar.....	21
Figura 3.2. Formato de trama enviada al tablero.....	21
Figura 3.3. Distribución de las direcciones de activación de exhibidores siete segmentos y activación de banderas de servicio y muerte súbita por pines directos del PIC16F628.....	22
Figura 3.4. Diagrama a bloques de la propuesta de mejora del tablero de tenis.....	24
Figura 3.5. Circuito de retención y potencia para los exhibidores 7 segmentos (placa 1).....	26
Figura 3.6. Conexión de bus de direcciones de placa 1.....	27
Figura 3.7. Conexión de bus de direcciones de placa 2.....	27
Figura 3.8. Placas de circuito impreso para parte de potencia y retención de datos del tablero de despliegue de tenis otorgadas por el departamento.....	27
Figura 3.9. Estructura visual del sistema de despliegue de tenis.....	30
Figura 3.10. Diagrama esquemático de conexión entre pantalla de cristal líquido y microcontrolador.....	33
Figura 3.11. Diagrama esquemático de conexión de teclado matricial a microcontrolador.....	34
Figura 3.12. Diagrama esquemático de conexión de transmisor RF, control de transmisor y microcontrolador.....	34

Figura 3.13. Diagrama esquemático completo de mando inalámbrico.....	35
Figura 3.14. Diagrama esquemático de asignación de líneas de datos y líneas de activación de registros de retención de datos.....	36
Figura 3.15. Diagrama esquemático de conexiones entre receptor inalámbrico y microcontrolador.....	37
Figura 3.16. Diagrama esquemático para interfaz entre microcontrolador y computadora por puerto serie.....	38
Figura 3.17. Diagrama de conexión de selector de modo de recepción y los dos medios de recepción.....	38
Figura 3.18. Diagrama esquemático completo de sistema de recepción y control del tablero.....	39
Figura 4.1. Diagrama de circuito impreso para mando inalámbrico.....	41
Figura 4.2. Fotografía de mando inalámbrico implementado.....	41
Figura 4.3. Diagrama de circuito impreso para sistema de recepción y control de tablero.....	42
Figura 4.4. Fotografía de sistema de recepción y control de tablero implementado.....	42
Figura 4.5. Placas de potencia y retención de datos implementadas.....	43
Figura 5.1. Justificado de datos a desplegar en el módulo LCD.....	45
Figura 5.2. Asignación de funciones para interruptores.....	48
Figura 5.3. Diagrama de flujo (a, b, c) programa mando inalámbrico.....	50
Figura 5.4. Diagrama de flujo de programa de tablero de despliegue.....	60
Figura 6.1. Comportamiento presentado por los módulos transmisor y receptor de radio frecuencia.....	74
Figura 6.2. Análisis de error de transmisión y forma de corregirlo.....	75
Figura 6.3. Transmisión de un byte original separado en dos tramas para corregir error de transmisión causado por módulos RF (protocolo utilizado 8n1).....	76
Figura 6.4. Refuerzo de señal siete segmentos, diagrama esquemático (a), diagrama de circuito impreso (b), circuito implementado (c).....	77

Figura 6.5. Mando inalámbrico terminado.....	78
Figura 6.6. Sistema de recepción, control y parte de potencia de tablero de despliegue.....	79
Figura 6.7. Sistema de tablero instalado.....	79
Figura 6.8. Parte frontal de tablero de despliegue.....	80
Figura 6.9. Tablero de despliegue en cancha de tenis.....	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Terminales del conector DB-9 en puerto serie.....	17
Tabla 3.1. Comparación entre medios de despliegue para control inalámbrico..	30
Tabla 3.2. Comparación entre microcontroladores a usar en sistema de recepción y control de tablero.....	32
Tabla 5.1. Asignación de direcciones de elementos a desplegar.....	49

Resumen

Una opción de motivación para el deportista es la tecnología con la que se cuenta para facilitar el trabajo en un partido o entrenamiento, por tal motivo, se construyó un tablero de tenis para desplegar información referente al partido, dicho tablero se encuentra en funcionamiento pero se han encontrado deficiencias que abren paso a posibles mejoras. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de control para el tablero de despliegue de tenis existente (controlado por computadora), mediante un dispositivo de control inalámbrico y que trabajará acorde a las reglas de conteo del tenis a diferencia del control por computadora, además de efectuar mejoras y rediseños en algunas partes del tablero de despliegue, con el fin de mejorar la visión de los exhibidores a la luz del día afectada por la luz solar incidente. Específicamente, sólo se reutilizarán los exhibidores siete segmentos y las banderas de muerte súbita y servicio (compuestos por diodos led) empotrados en el tablero de despliegue, así como el programa para control por computadora desarrollado en Visual Basic. Estudio que condujo a satisfacer las necesidades de los solicitantes, en este caso, las personas del departamento de deportes del área de tenis del Instituto Tecnológico de Sonora a través del departamento de tecnología del deporte y teniendo como resultado un dispositivo capaz de controlar el tablero de despliegue a distancia, esto brinda la capacidad de desplazarse en cierta área próxima al tablero de despliegue sin necesidad de cableado entre estos dispositivos, además de la posibilidad de ser utilizado a cualquier horario, presentando ventajas sobre el control por computadora tales como facilidad de transporte, rápida preparación, funcionamiento ligado a reglas de conteo de tenis para evitar información errónea en el tablero de despliegue por errores del operador.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Instituto Tecnológico de Sonora es una institución educativa que se ha distinguido debido a su excelencia académica y por su competente participación en eventos deportivos, por lo cual, ha sido y seguirá siendo sede de importantes eventos deportivos, estos acontecimientos son benéficos para la institución, estudiantes y deportistas, debido a que se adquiere más reconocimiento ante otras universidades. El apoyo al deporte es un punto estratégico para lograr los resultados anteriores.

Una forma de impulsar al deportista a seguir trabajando para alcanzar sus objetivos es haciendo que éste se sienta motivado, y una opción para esto puede ser la tecnología con la que se cuenta y que facilita el trabajo durante un partido o entrenamiento.

En el Instituto Tecnológico de Sonora existen algunas necesidades de adquisición de equipo que tiene la finalidad de facilitar y mejorar el rendimiento del deportista de dicha institución, así como lograr el interés de futuros deportistas.

Una de las necesidades de infraestructura para el departamento de deportes es un tablero de despliegue de información referente a las condiciones del partido de tenis.

En el año 2005 fue financiada la construcción del tablero de tenis para desplegar información referente al partido, dicho tablero se encuentra en funcionamiento pero se han encontrado ciertos detalles en el funcionamiento del mismo, éstos abren paso a posibles mejoras que se aplicarán al sistema de despliegue.

1.2 Planteamiento del problema

El tablero de tenis se encuentra en funcionamiento, pero se han detectado dos detalles que limitan la funcionalidad de este exhibidor:

- El primero tiene que ver con la necesidad de utilizar una computadora para poder controlar el tablero de despliegue a través del puerto serial, y por consecuencia es forzoso establecer una conexión física entre tablero de despliegue y computadora. Es preciso considerar que ésta última queda expuesta a condiciones climáticas que pudieran dañar su sistema, como es el caso de lluvia, polvo, humedad, etc.
- El segundo detalle en el tablero de despliegue es que no se tiene una buena visibilidad de los exhibidores a la luz del día.

1.3 Justificación

Es necesario efectuar las mejoras al tablero de tenis para obtener un mayor rendimiento. Sería de gran ayuda tener la opción de controlar el tablero de despliegue con un sistema más fácil de manipular y movilizar que una

computadora, si el control es construido para trabajar inalámbricamente, podría trasladarse a cualquier punto sobre y alrededor de la cancha de tenis.

En el Torneo Future de Tenis en verano del año 2006, se observó que el tablero no sirvió mientras trabajaba a la luz del día, no se distinguía nada a consecuencia de la luz solar incidente.

Mejorar la visión de día del tablero de despliegue despertará el interés de más personas por las condiciones del partido, ya que éste podrá utilizarse en cualquier horario. Evitará malos entendidos en cuanto a la evolución del juego, debido a que los espectadores estarán evaluando las decisiones del árbitro.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar mejoras al sistema de despliegue de información de la cancha de tenis e implementar un nuevo sistema de control inalámbrico para el tablero.

Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar el sistema de control inalámbrico con el cual no será necesario utilizar la computadora, pero el sistema de recepción de información del tablero de despliegue podrá recibir órdenes de ambos sistemas, tanto de la computadora como del control inalámbrico. Dicho control deberá tomar en cuenta las reglas de conteo de tenis para evitar información errónea en el tablero de despliegue por errores del operador.
- Diseñar e implementar un nuevo sistema de recepción y control del tablero de tenis.
- Implementar un sistema de retención de datos para que la información presentada en el exhibidor permanezca más tiempo y así aumentar la intensidad de la luz en los diodos leds que conforman los segmentos de los exhibidores.

1.5 Delimitaciones

- El control portátil utilizará transmisión inalámbrica, con transmisores prefabricados y no será efectuado un análisis de éstos.
- La transmisión entre mando inalámbrico y tablero de despliegue será una transmisión serial simplex.
- Distancia de transmisión (inalámbrica), dependerá de la máxima distancia a la cual puedan enlazarse los elementos emisor y receptor.
- La fuente de alimentación del control portátil serán pilas recargables.
- No se diseñará el cargador.
- Serán empleados los exhibidores ya existentes del tablero a rediseñar.

II. MARCO TEÓRICO

En éste apartado se hará referencia a información relevante para mejorar el entendimiento de este estudio, tal es el caso de las reglas del tenis, microcontroladores, comunicación serial, entre otras cosas.

2.1 Reglas del Tenis

Las reglas de tenis en el desarrollo de este proyecto son de suma importancia, ya que se pretende que el control inalámbrico trabaje de acuerdo a las reglas de conteo y así evitar información errónea en el tablero de despliegue por desconocimiento de éstas por parte del operador, de la misma manera podrían presentarse errores por desconocimiento del funcionamiento del mando inalámbrico o errores de pulso de teclado del mismo cuando no debería haberlos.

2.1.1 Puntos

Forma de contar tantos es la siguiente:

Hay cuatro o más tantos en un juego (game) y seis o más juegos en una etapa (set). Los tantos de un juego se cuentan “15”, “30”, “40” y “game”, un jugador debe ganar un juego por diferencia de dos tantos por lo menos. Si la cuenta va 40-40, en esta situación uno de los jugadores debe ganar dos tantos seguidos para ganar el juego, el primer tanto que consiga se le llama “ventaja”. En caso de que el mismo jugador no pueda ganar el siguiente tanto, el marcador regresa de 40-ventaja o viceversa a 40-40 [Díaz, 1982].

2.1.2 Servicio

El saque debe cambiar de jugador cada “game” o juego alternadamente, el servicio inicial es decidido por acuerdo de los jugadores o puesto al azar si no se llega a un acuerdo.

2.1.3 Etapa

Aquel jugador que alcance 6 “games” primero gana la etapa o “set”, aunque el “set” debe ser ganado por 2 juegos de diferencia. Si en un “set” se tiene 5-5 gana el primero que alcance 7 “games”.

Si en un “set” se alcanzan los valores 6-6 “games” entonces cambian las condiciones del conteo de puntos y el servicio, a este caso se le denomina “muerte súbita” (tie break).

2.1.4 Muerte súbita

La muerte súbita (tie break) entra en vigor cuando se tiene 6-6 en cualquiera de los “set’s” y dura hasta que alguno de los jugadores llegue a 7 en el mismo, por consecuencia estaría ganando el “set”.

La forma de conteo cambia cuando está vigente “tie break”, este conteo se efectúa de uno en uno y gana el primero que llegue a 6 con diferencia de 2, en caso de que algún jugador llegue a 6 sin diferencia de 2, el conteo se extiende hasta alcanzar diferencia de 2, sin límite preestablecido.

El servicio también cambia cuando inicia “tie break”, el primer servicio corresponde al jugador que no sacó antes de entrar a “tie break”, después del primer servicio, el saque se va alternando cada 2 conteos o puntos.

2.1.5 Criterio para dictaminar un ganador

El ganador del partido (match) será quien gane el mayor número de “set’s”, ya sea 2 de 2 “set’s” o también podría ser 2 de 3 “set’s”. Nótese que se hace referencia a partidos a 3 “set’s”.

2.2 Microcontroladores

En el desarrollo de este proyecto es importante mencionar las principales características de los microcontroladores debido a su muy probable utilización.

2.2.1 Controlador y microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de una computadora. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada (computadora dedicada). En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada [A. Usategui y A. Martinez, 2003].

En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un circuito integrado (chip), el cual recibe el nombre de microcontrolador. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria flash para contener el programa.
- Líneas de entradas/salidas para comunicarse con el exterior (puertos).
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, conversores analógico a digital (ADC), etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: la integración del microcontrolador en un circuito integrado disminuye el volumen y la mano de obra.
- Mayor flexibilidad, las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

2.2.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la unidad central de proceso (UCP), también llamada procesador, de una computadora. La UCP está formada por la unidad de control, que interpreta las instrucciones y el camino de datos, que las ejecuta [Angulo 2003].

Las terminales de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la memoria y los módulos de entradas/salidas (E/S). Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine (Figura 2.1).

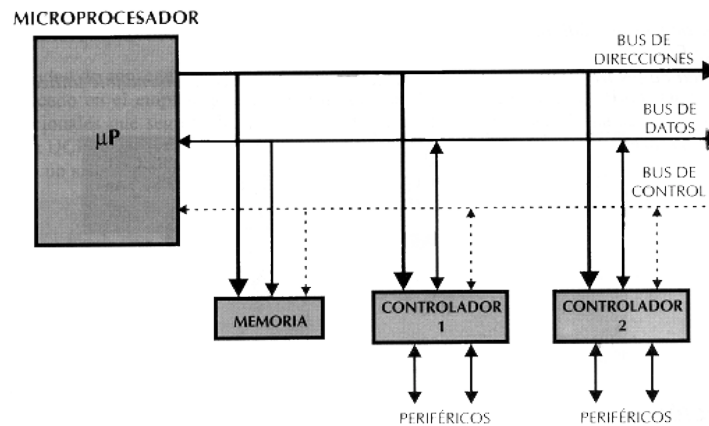


Figura 2.1. Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador. [Angulo 2003]

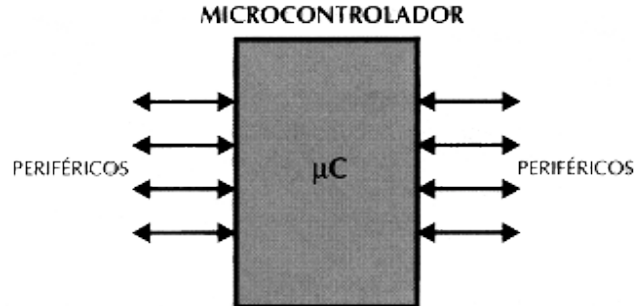


Figura 2.2. El microcontrolador es un sistema cerrado. [Angulo 2003]

Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

2.2.3 Aplicaciones de los microcontroladores

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y costo, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en la vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de un coche, etc.

Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

2.2.4 Criterio para selección de microcontrolador

Al momento de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles y su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.).

Costos

Como es lógico, los fabricantes de microcontroladores compiten duramente para vender sus productos, venden 10 veces más microcontroladores que microprocesadores.

Si el fabricante desea reducir costos debe tener en cuenta las herramientas de apoyo con que va a contar: emuladores, simuladores, ensambladores, compiladores, etc.

Aplicación

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

- Procesamiento de datos: puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso se debe asegurar la selección de un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de punto flotante. Una alternativa más barata y quizá suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión.
- Entrada-Salida: para determinar las necesidades de entrada/salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.
- Consumo: algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.
- Memoria: para detectar las necesidades de memoria de cada aplicación se debe separar en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (FLASH, ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración. En cuanto a la cantidad de memoria

necesaria puede ser imprescindible realizar una versión preliminar de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria.

- Ancho de palabra: el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costos importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (entrada/salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).

2.2.5 Arquitectura básica

Inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en la actualidad se impone la arquitectura Harvard.

La arquitectura de Von Neumann mostrada en la figura 2.3 se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

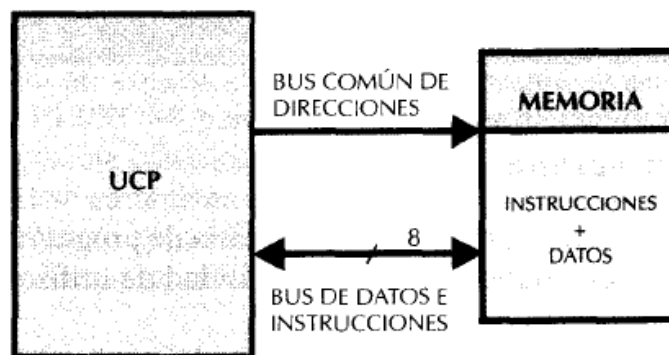


Figura 2.3. Esquema de arquitectura de Von Neumann. [Angulo 2003]

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos

sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, ver Figura 2.4.

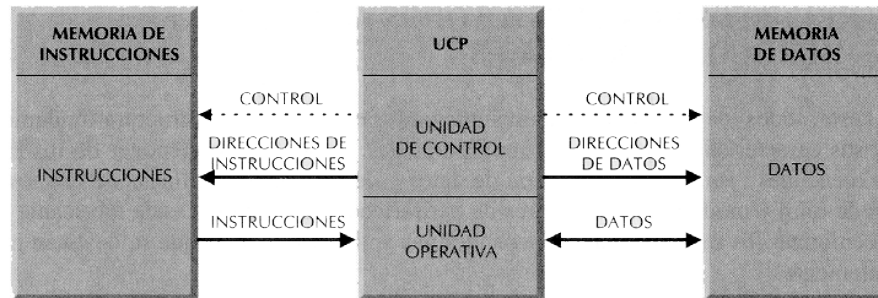


Figura 2.4. Esquema de arquitectura Harvard. [Angulo 2003]

2.2.6 El procesador o UCP

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales:

- Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadoras de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución.
- Tanto la industria de las computadoras comerciales como la de los microcontroladores están enfocándose hacia la filosofía RISC (Computadoras de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples, generalmente, se ejecutan en un ciclo.

- En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadoras de Juego de Instrucciones Específico).

2.2.7 Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de las computadoras personales:

- No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria no volátil, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.
- La memoria RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la memoria de programa.

2.2.8 Puertos de entrada y salida

La principal utilidad de las terminales que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican la computadora interna con los periféricos exteriores.

Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

2.2.9 Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero al mismo tiempo representa un incremento del consumo de energía.

2.2.10 Recursos especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el costo, el hardware y el software [Angulo, 2003].

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertos de E/S.
- Puertos de comunicación.

2.3 Puerto serie

2.3.1 Definición

El puerto serie RS-232 (Recommend Standard 232) es considerado como una de las más básicas conexiones externas a una computadora, ha sido una parte integral de todas las computadoras por más de 20 años. A pesar de que muchos sistemas nuevos han abandonado el puerto serie completamente y adoptado conexiones por puerto serie normalizado de mejores prestaciones denominado USB (Universal Serial Bus) [Maldonado, Álvarez y Valdés, 2002].

El término "serial" significa que se toma un byte de datos y se transmiten los 8 bits del byte, uno a la vez y la velocidad se mide en baudios (bits/segundo) [Clark, 2003].

La ventaja del puerto serie es que necesita únicamente 1 sólo cable para transmitir los 8 bits (mientras que un puerto paralelo necesita 8). La desventaja es que dura 8 veces más para transmitir el dato que si se tuvieran 8 cables.

La computadora controla el puerto serie mediante un circuito integrado específico, llamado UART (Transmisor-Receptor-Asíncrono Universal). El UART toma la salida paralela del bus del sistema de la computadora y lo transforma en forma serial, para transmitirse a través del puerto serie.

Esencialmente, el puerto serie permite conectar periféricos a una computadora, tal es el caso de microcontroladores que es lo que interesa en el desarrollo de este proyecto.

2.3.2 El estándar RS-232C

La interfaz serial RS-232C también conocida como interfaz estándar propuesta por la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) en 1969 [Couch II, 1998], realizándose posteriormente una versión internacional por el CCITT, conocida como V.24. Las diferencias entre ambas son mínimas, por lo que a veces se habla indistintamente de V.24 y de RS-232C (incluso sin el sufijo "C"), refiriéndose siempre al mismo estándar.

2.3.3 Conectores

El RS-232C consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines aunque en la actualidad es más usual el conector de 9 pines DB-9, más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos. Puesto que el conector DB-9 es más usual y el tablero de despliegue de tenis anterior lo utiliza, se hará referencia sólo a éste.

Las características de los pines y su nombre típico son:

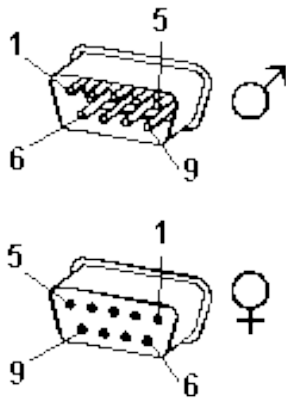
No. de Pin	Señal	Descripción	Tipo de señal	Conector
1	DCD	Detección de portadora	entrada	
2	RXD	Recibir datos	entrada	
3	TXD	Transmitir datos	salida	
4	DTR	Terminal de datos listo	salida	
5	SG	Tierra	referencia para señales	
6	DSR	Equipo de datos listo	entrada	
7	RTS	Solicitud de envío	salida	
8	CTS	Libre para envío	entrada	
9	RI	Indicador de llamada	entrada	

Tabla 2.1. Terminales del conector DB-9 en puerto serie.

2.3.4 Niveles lógicos

Las señales con las que trabaja usualmente el puerto serie de la computadora son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V, pero se tienen rangos de -3V a -25V para un nivel lógico alto y de +3V a +25V para un nivel lógico bajo [Clark 2003].

2.3.5 Funcionamiento

Al inicio de la transmisión el puerto serie envía un bit de inicio (transacción de 1 a 0 lógico), el RS-232 puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits, a unas velocidades determinadas (velocidad más usual, 9600 bits por segundo). Después de la transmisión de los datos, le sigue un bit opcional de paridad (indica si el número de bits transmitidos es par o impar, para detectar fallos), y después 1, 1.5 ó 2 bits de parada.

En la figura 2.5 se puede ver con detalle la transmisión del carácter ASCII A, que es el 65 y su representación binaria es 0100001. Es utilizado el protocolo: 8 bits de datos, con paridad y 1 bit de parada.

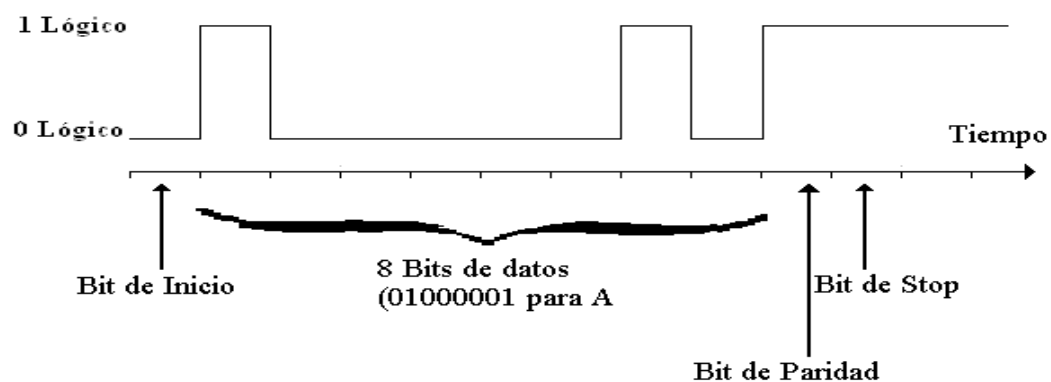


Figura 2.5. Formato de una trama de información según el protocolo de comunicación RS-232.

Normalmente, el protocolo utilizado es 8N1 (que significa, 8 bits de datos, sin paridad y con 1 bit de Stop).

Nótese que se envía primero el bit menos significativo, siendo el más significativo el último en enviarse [Clark 2003].

Una vez que ha comenzado la transmisión de un dato, los bits tienen que llegar uno detrás de otro a una velocidad constante y en determinados instantes de tiempo, por eso se dice que el RS-232C es asíncrono por carácter y síncrono por bit.

Tanto el aparato a conectar como la computadora (o el programa terminal) tienen que usar el mismo protocolo serie para comunicarse entre si. Puesto que el

estándar RS-232 no permite indicar en que modo se está trabajando, es el usuario quien tiene que decidirlo y configurar ambas partes.

La interfaz RS-232C esta hecha para tasas de datos hasta de 20 kbits/s y longitudes de cable hasta de 15.24 metros (50 pies) [Couch II, 1998].

Los puertos serie, también llamados puertos de comunicación (COM), son bidireccionales. La comunicación bidireccional permite a cada dispositivo recibir datos, así como también transmitirlos. Los dispositivos seriales usan distintos pines para recibir y transmitir datos.

Como ya fue limitado en puntos anteriores, la transmisión inalámbrica para el control remoto del tablero de tenis será una transmisión simplex o unidireccional, esto es debido a que tener un enlace duplex (bidireccional) representaría mayores costos y tamaños de dispositivos, así como disminución de tiempo de trabajo del control inalámbrico por el tiempo de descarga de la fuente de energía (pilas) a consecuencia del mayor consumo de energía. Por otra parte, la transmisión para el receptor y control del tablero será full-duplex, pero sólo operará como tal cuando éste sea controlado por la computadora.

III. MÉTODO

En este capítulo se estudiarán las necesidades a solucionar: ¿Con qué se cuenta?, ¿Qué se necesita para solucionar estas necesidades? Se hará una propuesta de solución con la cual se trabajará a lo largo del proyecto.

3.1 Diagnóstico

Debido a que éste es un proyecto de mejora a un sistema, es necesario saber con qué se cuenta para ajustarse a las partes que pudiesen ser reutilizadas.

3.1.1 Análisis de recursos existentes

El tablero de despliegue de tenis funciona de acuerdo a los procedimientos mostrados en la figura 3.1 y las figuras del anexo contribuirán a un mejor entendimiento:

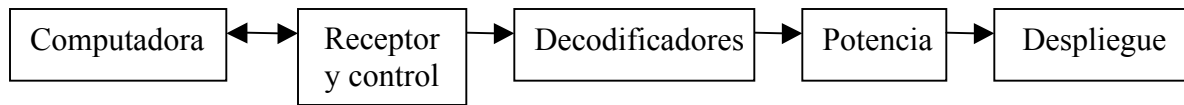


Figura 3.1. Diagrama a bloques de funcionamiento del tablero de tenis a mejorar.

3.1.2 Descripción de partes

- La computadora contiene un programa desarrollado en Visual Basic que tiene la función de generar ciertos códigos que son enviados a través del puerto serial y a los cuales obedece la etapa de control. El código antes mencionado es un byte para cada exhibidor siete segmentos y un byte más para las banderas del saque y muerte súbita. El byte enviado o la computadora es compuesto de la siguiente forma:

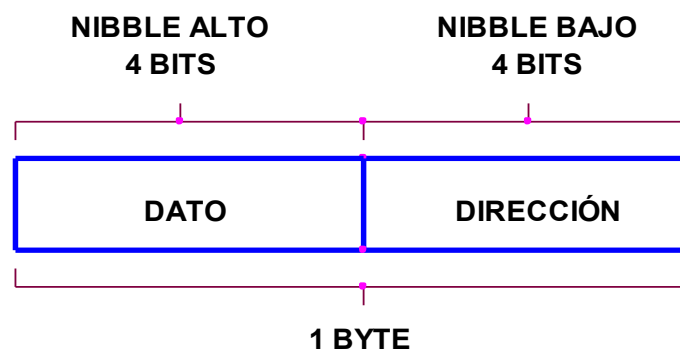


Figura 3.2. Formato de trama enviada al tablero.

- La etapa de recepción y control basada en microcontrolador PIC16F628 recibe órdenes de la computadora en forma serial a través del circuito integrado MAX232 acoplador de niveles lógicos para protocolo RS232, dicha etapa de recepción regresa el mismo byte como señal de recibido, de igual forma acomoda el dato del byte recibido (nibble alto) en ciertas localidades de memoria RAM a partir de las cuales se efectuará el barrido de información dirigida a la etapa de decodificación.

Las localidades de acomodo de datos en la memoria RAM y la dirección de activación de cada exhibidor 7 segmentos dependen de la

asignación de direcciones a cada una de las posiciones de los exhibidores del tablero, dicho lo anterior, en la figura 3.3 se muestra la distribución de las direcciones de activación de cada exhibidor (display).

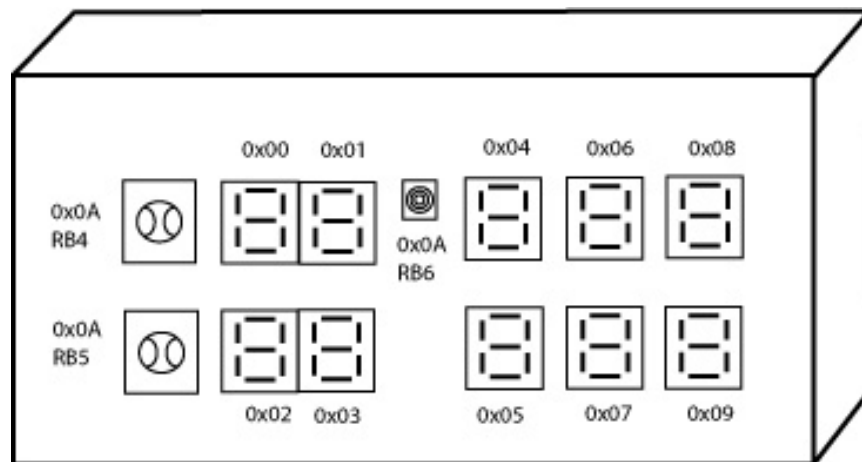


Figura 3.3. Distribución de las direcciones de activación de exhibidores siete segmentos y activación de banderas de servicio y muerte súbita por pines directos del PIC16F628.

El formato de las direcciones es mostrado en numeración hexadecimal, es posible observar que las banderas de servicio y muerte súbita, no son controladas por barrido, cada bandera tiene un pin del microcontrolador exclusivo para su control.

El barrido de información a cargo del microcontrolador es llevado a cabo tomando datos de la memoria RAM (datos iniciales y recibidos por el puerto serial) y suministrándolos al decodificador siete segmentos y posteriormente activando la dirección de selección de cada uno de los diez exhibidores siete segmentos por medio del decodificador de 4 a 16 líneas.

- Decodificador 7 segmentos como su nombre lo dice decodifica el dato recibido y lo envía a la etapa de potencia (4 bits a 7 segmentos).
Decodificador 4 a 16 líneas, se encarga de decodificar los cuatro bits de dirección (nibble bajo) a 16 líneas de activación de cada uno de los

exhibidores que poseen un bus de datos común (sólo se usan 10 líneas por el número de exhibidores).

- La etapa de potencia recibe información decodificada sobre cuales elementos de despliegue energizar, esta etapa proporciona mayor capacidad de corriente que la de los circuitos integrados decodificadores.
- La etapa de despliegue recibe la energía de la etapa de potencia y enciende sus diferentes grupos de diodos led que conforman los segmentos.

3.1.3 Observaciones durante el diagnóstico

Como consecuencia de las modificaciones que sufrirá el tablero de tenis dentro de las cuales se encuentran agregar la nueva etapa de potencia (diferente a la existente) y retención de datos, recepción de datos en forma inalámbrica, selector de modo de recepción, y algunas otras, se requiere diseñar e implementar un nuevo sistema de recepción y control del exhibidor de tenis. Decisión tomada a consecuencia de la revisión del sistema de control anterior, en el cual se encontraron las siguientes desventajas:

- Necesidad de hacer adaptaciones inseguras
- Tamaño de la placa de circuito impreso
- Componentes innecesarios
- Tiempo de vida restante del circuito impreso

Ver detalles en figuras AN.2 y AN.4 en el anexo.

3.2 Análisis de las necesidades de hardware

Antes de iniciar el estudio de necesidades se debe mencionar que se cuenta con un diseño del circuito de potencia y retención de datos, así como las placas de circuito impreso del diseño anteriormente mencionado, asignado por el

departamento, sólo resta seleccionar el tipo de registro (Flip flop o latch), resistor limitador de corriente para segmentos de exhibidores, transistores e implementar con estos componentes.

3.2.1 Identificación de necesidades

- Diseño e implementación de mando inalámbrico para el tablero de tenis.
- Diseño e implementación de sistema de recepción y control del tablero.
- Implementación de sistema de potencia y retención de datos.

3.2.2 Análisis de necesidades

Para comprender mejor la meta que se debe alcanzar y las necesidades que surgirán durante el desarrollo de este proyecto, se presenta la figura 3.4 que muestra la propuesta de estructura del nuevo sistema del tablero de tenis, incluyendo el control inalámbrico.

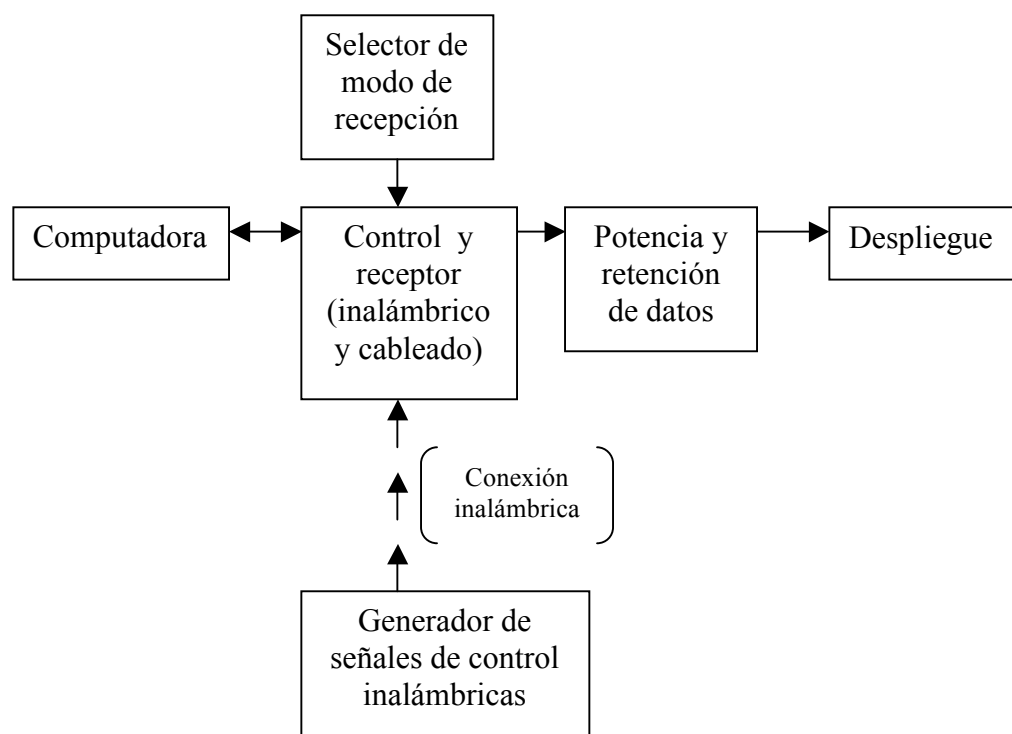


Figura 3.4. Diagrama a bloques de la propuesta de mejora del tablero de tenis.

3.2.2.1 Mando inalámbrico

- La asignación de direcciones para el manejo de información a desplegar y transmitir debe ser similar a la estructura mostrada en la figura 3.3.
- Es necesario tener un desplegado de información en el mando a distancia que posibilite organizar la información en forma visual tal como se muestra en la figura 3.3.
- Transmitir información al tablero cada vez que surja un cambio en el mando inalámbrico.
- Enviar información referente al estado inicial de desplegado, y aprovechar esto como una prueba del funcionamiento y enlace tanto del transmisor como del receptor.
- Selección de fuente de alimentación, (pila(s) y cargador).
- Necesidad de ver la información del mando inalámbrico en ausencia de luz.

3.2.2.2 Sistema de recepción y control del tablero

- La asignación de direcciones para el manejo de información recibida y dirigida a ser desplegada debe ser similar a la distribución mostrada en la figura 3.3.
- Debe poder recibir señales en forma serial provenientes del control inalámbrico y puerto serie de la computadora, así como analizarlos, decodificarlos y suministrarlos a la parte de potencia y retención de datos.
- Deberá controlar diez exhibidores siete segmentos y tres banderas a través de la etapa de potencia.
- Necesita contar con selector de modo alámbrico - inalámbrico.

3.2.2.3 Retención de datos en los exhibidores

- Selección de registro controlado por nivel (latch) o por flanco (flip flop) para retención de datos.

- Elección de transistor que controlará cada segmento de cada exhibidor.
- Cálculo de resistor limitador de corriente para cada segmento de cada exhibidor.

Para un mejor entendimiento, en la siguiente figura se muestra el diagrama esquemático de las conexiones del circuito impreso otorgado por el departamento para la implementación de la parte de potencia y retención de datos.

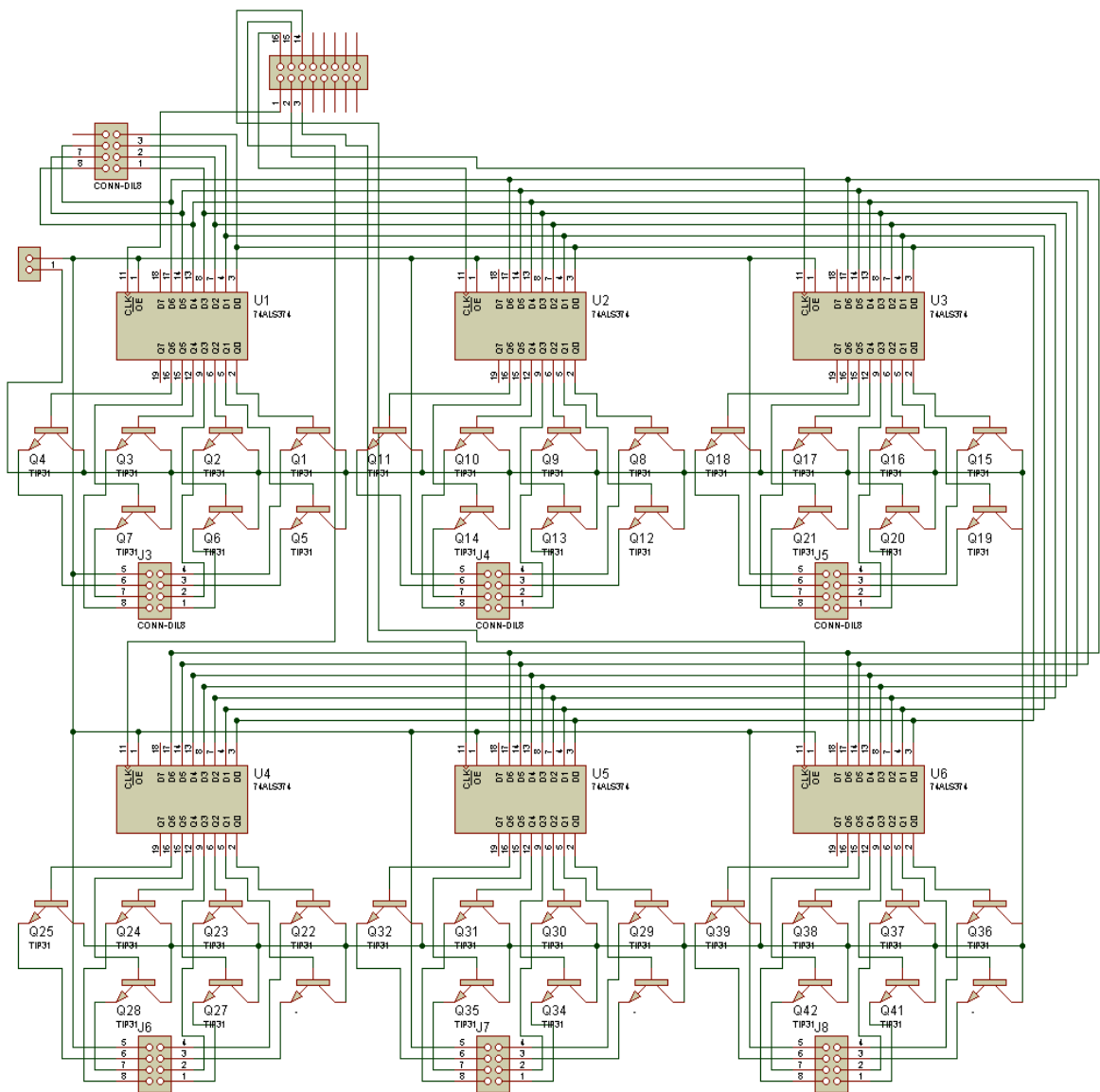


Figura 3.5. Circuito de retención y potencia para los exhibidores 7 segmentos (placa 1).

Por el número de registros requeridos, serán 2 placas de circuito impreso que contendrán el diseño anterior (placa 1), lo que diferenciará una de otra placa será la ubicación de las conexiones del bus de direcciones. La figura 3.6 muestra la conexión de placa 1 y la figura 3.7 muestra la conexión del bus de direcciones de la placa 2.

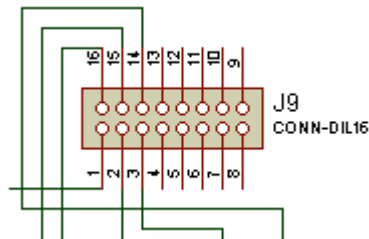


Fig. 3.6. Conexión de bus de direcciones de placa 1.

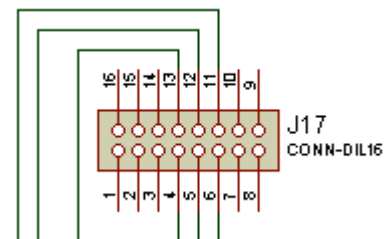


Fig. 3.7. Conexión de bus de direcciones de placa 2.

En la figura 3.8 se muestran las placas de circuito impreso a implementar para parte de potencia y retención de datos.

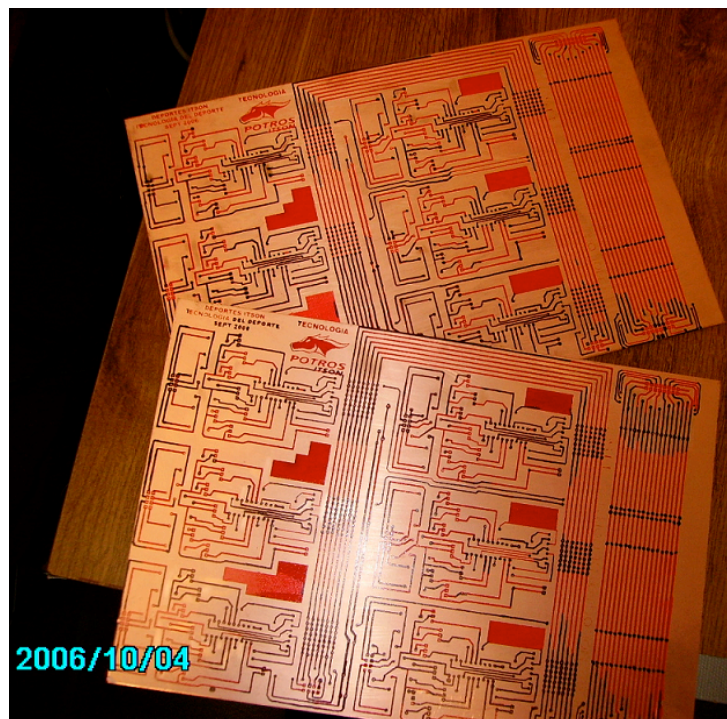


Figura 3.8. Placas de circuito impreso para parte de potencia y retención de datos del tablero de despliegue de tenis otorgadas por el departamento.

3.2.3 Opción de solución

3.2.3.1 Mando inalámbrico

Es necesario procesar datos en el control inalámbrico, para poder efectuar el desplegado, el envío de información en forma serial y modificar la información en el tablero de desplegado a través de botones en el mando, así como poder visualizar la información del mando inalámbrico a falta de luz, una opción para realizar estas operaciones es utilizando microcontroladores PIC.

Se tomó la decisión de utilizar microcontroladores PIC por las siguientes razones:

- Los microcontroladores PIC poseen las características necesarias para desempeñar un buen trabajo en la aplicación requerida.
- Bajo precio.
- Facilidad de adquirir repuestos en comparación a otros microcontroladores.

El requerimiento para la transmisión de datos inalámbricamente puede cubrirse utilizando, transmisión por radio frecuencia o por medios ópticos.

3.2.3.2 Sistema de recepción y control del tablero

Utilizando microcontroladores PIC pueden ser cubiertas las necesidades de procesamiento de datos, puerto serial, control de parte de potencia de exhibidores siete segmentos y control de modo de recepción.

3.3 Selección de Hardware

En este apartado se muestra la selección de los componentes más importantes, la selección de los componentes faltantes y mostrados en el diagrama esquemático completo (control inalámbrico, sistema de recepción y control, potencia y retención de datos) son analizados a detalle en el apéndice A.

En la selección de hardware es necesario analizar las características de distintos dispositivos para poder hacer una buena selección de éstos, pero existen ciertas condiciones que deberán tomarse en cuenta antes de seleccionar elementos para el diseño, condiciones que serán presentadas en cada apartado.

3.3.1 Medio de transmisión para mando inalámbrico y sistema de recepción del tablero

La selección de un medio de transmisión que satisfaga las necesidades del control inalámbrico para el tablero de despliegue de la cancha de tenis es de vital importancia por la razón de que una de las partes principales de este proyecto es la transmisión inalámbrica. A causa de lo anterior se seleccionaron los módulos prefabricados de transmisión por radiofrecuencia (TWS-BS-3, RWS-374-6), que en sus hojas de datos mencionan una distancia máxima de transmisión de 120 metros en línea de vista. Una distancia de 12 metros es el alcance necesario para que el árbitro pueda operar el tablero de despliegue vía RF, esta distancia es desde el tablero al punto lateral medio más alejado (del tablero) en la cancha, lugar donde se coloca el árbitro. Por lo tanto, la distancia de transmisión ofrecida por los módulos RF es más que suficiente para esta aplicación. Además, menciona tasas de transferencia de datos de 8 kbps para el transmisor y 4.8 kbps para el receptor. Otra razón de selección de este medio es su bajo consumo de energía y omnidireccionalidad (dependiente del tipo de antena). El módulo transmisor presenta un rango de voltaje de operación de 3 a 12 volts, esto permite trabajarlo con la misma fuente de energía del microcontrolador.

3.3.2 Selección de componentes de mando inalámbrico

El análisis y selección de componentes para el mando inalámbrico es de suma importancia por la razón de ser sistema portátil, debe poseer tamaño, peso y consumo de energía mínimo, así como proporcionar facilidad de manejo al usuario.

3.3.2.1 Medio de despliegue

Es común que en torneos de tenis se lleven a cabo partidos en horarios en donde la luz solar no se hace presente, por tal motivo es necesario un despliegado luminoso que cuente con la posibilidad de estructurar la información a desplegar como se muestra en la figura 3.9.

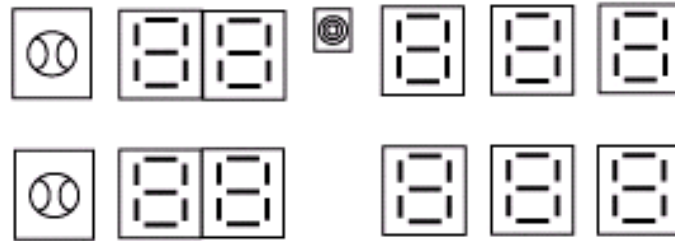


Figura 3.9. Estructura visual del sistema de despliegue de tenis.

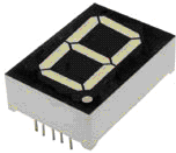
Consideración	Exhibidor 7 segmentos	Pantalla LCD 16x2 caracteres
Modelo	GM1-5611CURG	JHD-162ASTNGLED
Tamaño	19x12.6mm=(239.4 mm ²)x10 pzas= 2394 mm ²	36x80mm = 2880 mm ²
Voltaje de operación	2.1 V	2.7 a 5.5 V
Consumo de corriente a 5 V	10 mA/ segmento a 2.1 V	2 mA LCD+220 mA Backlight = 222 mA a 5 V
# de elementos	10	1
Hardware adicional	8 resistores 11 transistores 3 diodos led	1 resistor
Pines p/controlar	19	6
Imagen		

Tabla 3.1. Comparación entre medios de despliegue para control inalámbrico.

El medio de despliegue seleccionado fue pantalla LCD 16x2 caracteres por presentar el menor consumo de energía, tamaño, número de pines necesarios para controlarlo, precio y por la mínima cantidad de hardware adicional.

3.3.2.2 Microcontrolador

Las condiciones para la selección del microcontrolador PIC son: que el PIC posea puerto de transmisión serial y disponga como mínimo de 14 pines para entradas y/o salidas digitales.

Se decidió trabajar con el microcontrolador PIC16F628A debido a que este microcontrolador es capaz de llevar a cabo la aplicación mencionada, además de la posibilidad de reutilizar componentes del anterior tablero de despliegue de tenis.

3.3.3 Selección de microcontrolador de sistema de recepción y control del tablero

Este microcontrolador al igual que el seleccionado para el mando inalámbrico también debe contar con puerto serial para poder recibir información desde el mando inalámbrico y desde la computadora y un mínimo de 13 pines disponibles para entradas y/o salidas digitales.

Consideraciones	PIC16F628	PIC16F877
Modelo	PIC16F628A-I/P	PIC16F877-20I/P
# pines / puertos	16 e/s // 2 puertos	33 e/s // 5 puertos
Oscilador	Interno-externo max. 4 MHz	Ext. max. 20 MHz
Componentes adicionales	74154-Decodificador 4 a 16 líneas 7448-Decodif. BCD a 7 segmentos	Ninguno
Voltaje de operación	16F628A = 2 a 5.5 V 74154 = 4.75-5.25 V 7448 = 4.75-5.25 V	2 a 5.5 V
Corriente típica	16F628 = 120 μ A @ 1 MHz Vcc = 2V 74154 = 56 mA	25 mA

	7448 = 103 mA salidas circ. abierto	
Área cubierta por circuito(s) integrado(s)	A(total)= A1+A2+A3 = 939.54 mm ² A1(16F628A)=214.32 mm ² A2(74154)=570.12 mm ² A3(7448)=155.1 mm ²	A= 862.81 mm ²
Encapsulado	16F628 = Pdip 18 pines 74154 = Pdip N24A 24 pines 7448 = Pdip N16E 16 pines	Pdip 40 pines
Memoria flash	2048 palabras	8 k
Memoria RAM (bytes)	224	368
Mem.Eeprom (bytes)	128	256
Pila (niveles)	8	8

Tabla 3.2. Comparación entre microcontroladores a usar en sistema de recepción y control de tablero.

Fue elegido el PIC16F877, las causas, no utilizar componentes adicionales, menor complejidad en el circuito impreso y una mayor cantidad de memoria de programa, todo esto respecto al PIC16F628.

3.4 Estructura del hardware diseño esquemático

Tras haber seleccionado los componentes de cada una de las etapas de este proyecto, se estructurarán los elementos seleccionados para generar una mejor idea del arreglo que se tendrá al llevar a la implementación estos diseños.

3.4.1 Mando inalámbrico

Tener en cuenta que:

Al microcontrolador PIC16F628A se le configurará el oscilador interno a 4 MHz y por lo tanto podrán ser utilizados los pines RA6 y RA7.

3.4.1.1 Pantalla LCD

Se presenta el diagrama esquemático (Figura 3.10) que muestra la conexión eléctrica entre el microcontrolador y la pantalla de cristal líquido 16x2 caracteres. La interfaz entre los dispositivos mencionados es de 4 bits de datos, en total serán utilizados 7 pines, los 4 anteriores, 2 pines de control y un pin más de control de iluminación. Es necesario aclarar que el diodo led adyacente al módulo LCD simula el diodo de iluminación de la pantalla LCD comercial, el componente LCD en simulación no lo posee.

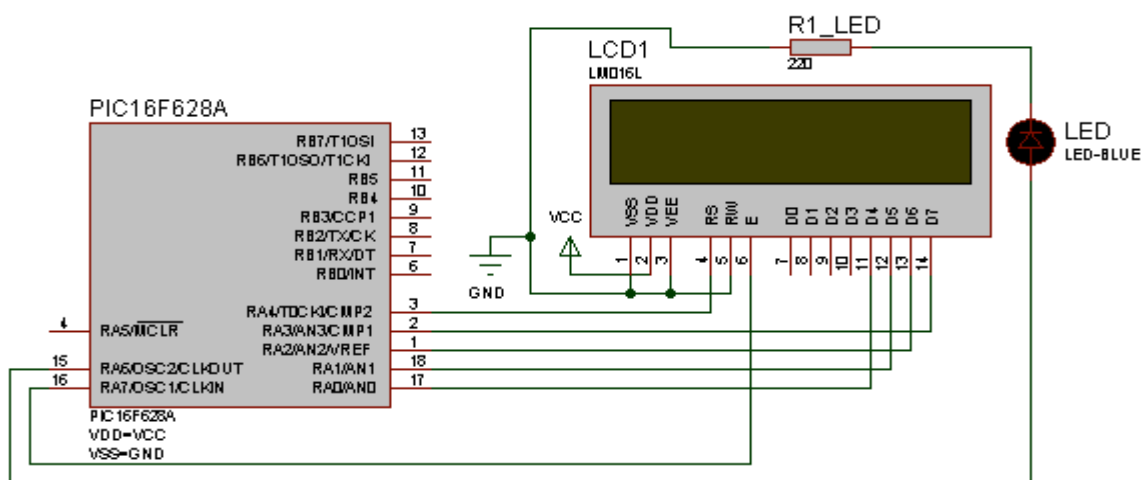


Figura 3.10. Diagrama esquemático de conexión entre pantalla de cristal líquido y microcontrolador.

3.4.1.2 Teclado

Es presentado en la figura 3.11 el diagrama esquemático referente a las conexiones y componentes necesarios para el teclado matricial de 6 teclas. Los resistores R2, R3 y R4 son utilizados para suministrar una señal de tierra (GND) cuando ninguna tecla es presionada. Los diodos rectificadores D2 y D3 aíslan eléctricamente una de las columnas del teclado matricial al estar operando la columna contraria, de esta forma son evitados los cortos circuitos en el teclado matricial al oprimir varias teclas, parte que podría omitirse haciendo reconfiguración de puertos al llevar a cabo el escaneo del teclado, pero utilizados para mayor seguridad en pruebas iniciales.

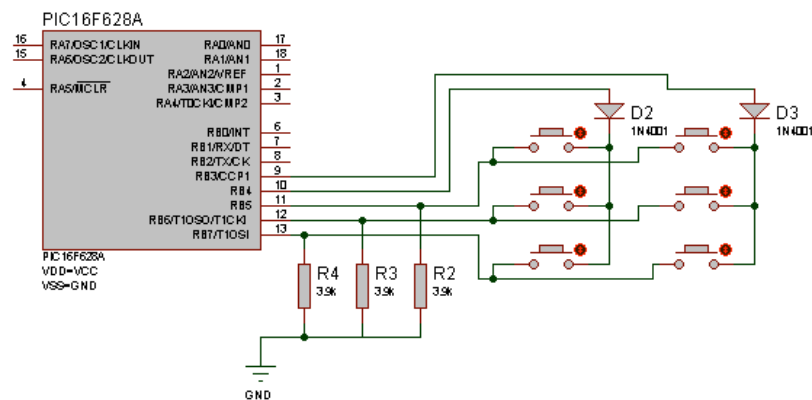


Figura 3.11. Diagrama esquemático de conexión de teclado matricial a microcontrolador.

3.4.1.3 Transmisor RF

La figura 3.12 muestra el diagrama esquemático del sistema de transmisión inalámbrica. Es necesario mencionar que el módulo transmisor por radio frecuencia no es encontrado entre los componentes del simulador, por lo cual se colocó un conector de 4 terminales para simular el transmisor, corresponde a las terminales del módulo RF. Se dejará libre el pin RX (RB1), por si hubiese necesidad de utilizar la recepción serial del microcontrolador, pueda ser el caso de las pruebas de comunicación del mando inalámbrico. En la misma figura también se puede observar el transistor IRF840 que se encarga de energizar el modulo transmisor cuando éste va a ser utilizado y desenergizarlo cuando no se usa, ya que éste es un sistema portátil, trabajará con pilas recargables y se debe prolongar en lo posible la duración de carga de la batería.

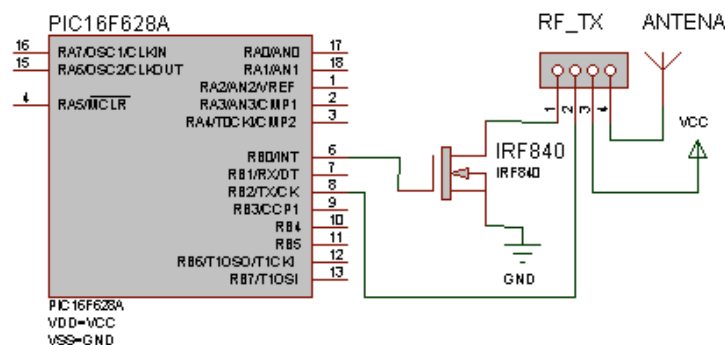


Figura 3.12. Diagrama esquemático de conexión de transmisor RF, control de transmisor y microcontrolador.

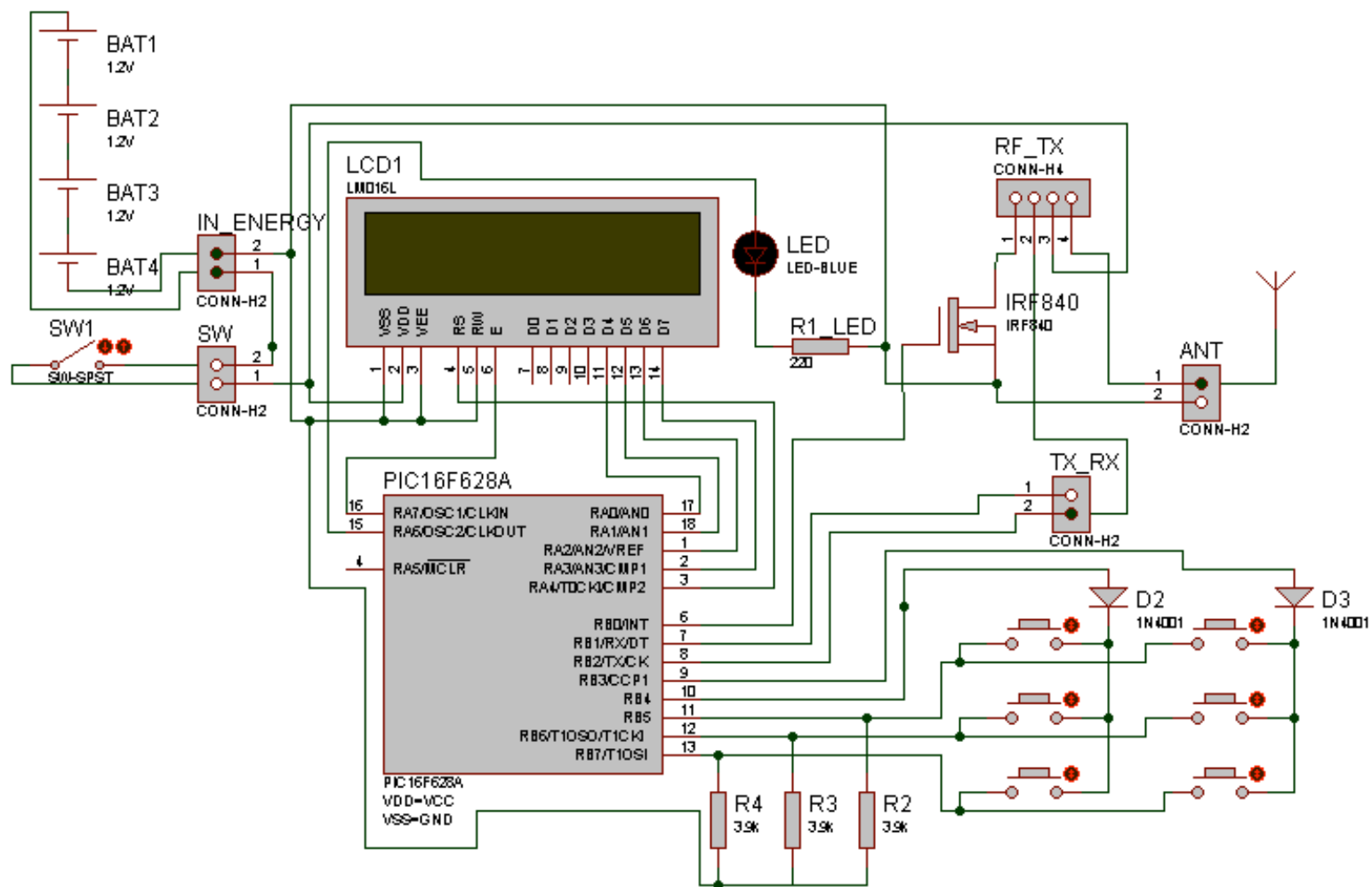


Figura 3.13. Diagrama esquemático completo de mando inalámbrico.

3.4.2 Sistema de recepción y control del tablero

Recordar que:

- Se requiere una salida de datos de 7 bits para los datos de los 7 segmentos dirigidos a los exhibidores.
- Es necesario un bus de direcciones con el cual se le darán las activaciones a los registros de retención de datos, éste debe ser de 11 bits (10 bits para los exhibidores y 1 para banderas de servicio y muerte súbita).
- Los bits 6 y 7 del puerto C del microcontrolador deberán ser utilizados para transmisión y recepción.

3.4.2.1 Conexión de datos y direcciones

En la figura 3.14 se muestran los detalles de las conexiones dirigidas al circuito de potencia y retención de datos, el conector J4 llevará la información de los siete segmentos correspondientes a cada exhibidor como un bus de datos común, y el conector J2 enviará las activaciones para cada uno de los registros retenedores de datos, según la dirección del registro y el dato que daba retener. Es preciso mencionar que la decodificación de la información recibida será efectuada en el programa del microcontrolador a diferencia del tablero anterior, en donde se decodificaba con circuitos integrados.

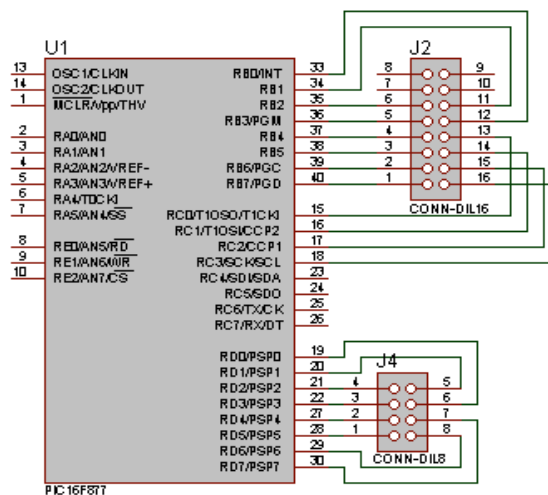


Figura 3.14. Diagrama esquemático de asignación de líneas de datos y líneas de activación de registros de retención de datos.

3.4.2.2 Receptor RF

Como se ha mencionado en puntos anteriores, el simulador no posee los componentes transmisor y receptor de radio frecuencia, por esta razón fue necesario utilizar 2 conectores de 4 terminales que simularán los pines de conexión del receptor RF. En este diagrama puede observarse que el pin de recepción del microcontrolador fue conectado al receptor de radiofrecuencia en su salida digital (pin 2 del conector J5).

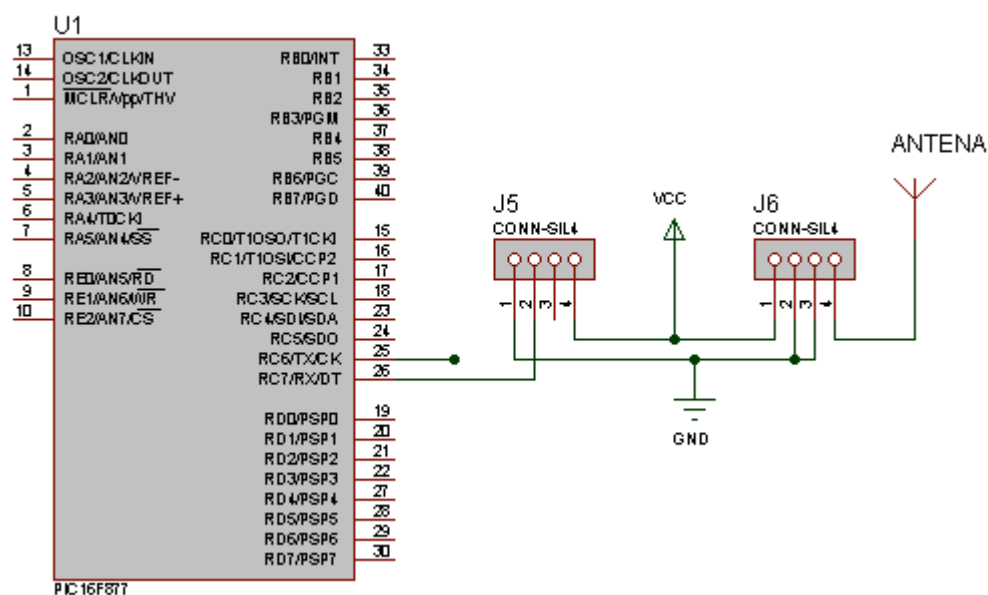


Figura 3.15. Diagrama esquemático de conexiones entre receptor inalámbrico y microcontrolador.

3.4.2.3 Receptor cableado

Cuando se usa interfaz entre una computadora y un microcontrolador a través del puerto serie, se presentan diferencias de voltajes en niveles lógicos de señales a enlazar, debido a esto, será necesario utilizar el CI MAX232 para acoplar los niveles de voltajes del protocolo RS232C a los niveles lógicos admitidos por el microcontrolador PIC (señales TTL). La configuración anteriormente mencionada es presentada en la figura 3.16. La función de cada una de las terminales del conector DB-9 para puerto serie son descritas en la tabla 2.1 del capítulo 2.

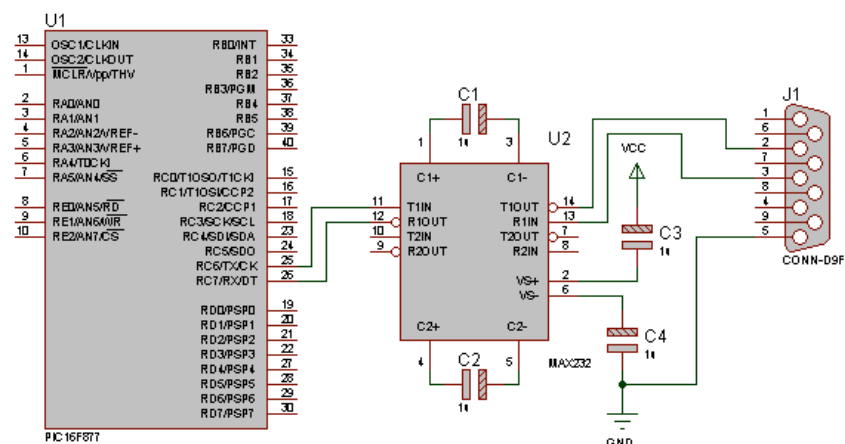


Figura 3.16. Diagrama esquemático para interfaz entre microcontrolador y computadora por puerto serie.

3.4.2.4 Recepción inalámbrica/cableada y selector de modo de recepción

Es posible ver los detalles de la configuración y acoplamiento de ambos medios de recepción (inalámbrico-cableado) en la figura 3.17. El interruptor 2 polos 4 tiros (SW2) por un lado, proporciona un 0 lógico o un 1 lógico al pin RA0 dependiendo de la posición del interruptor, y por otro lado, conmuta la línea de recepción del PIC (RC6) entre los dos medios de recepción (receptor RF o MAX232 con señal proveniente de la computadora).

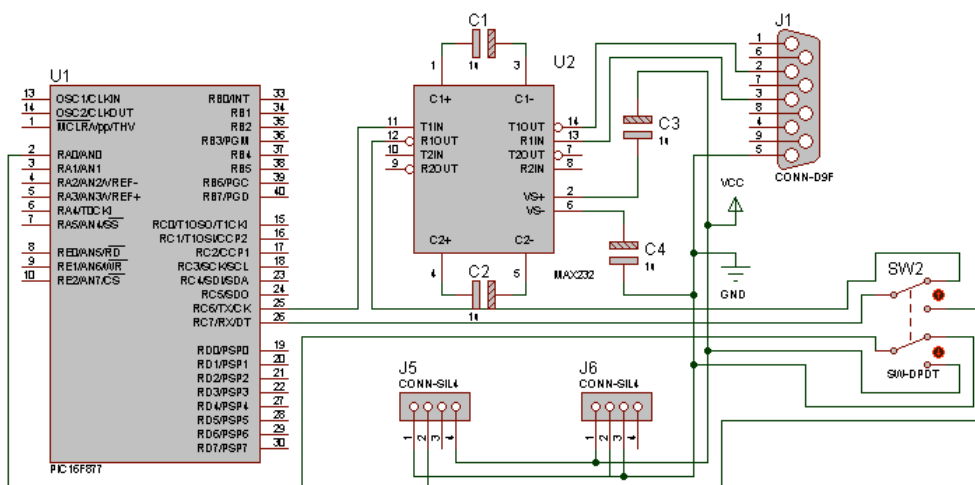


Figura 3.17. Diagrama de conexión de selector de modo de recepción y los dos medios de recepción.

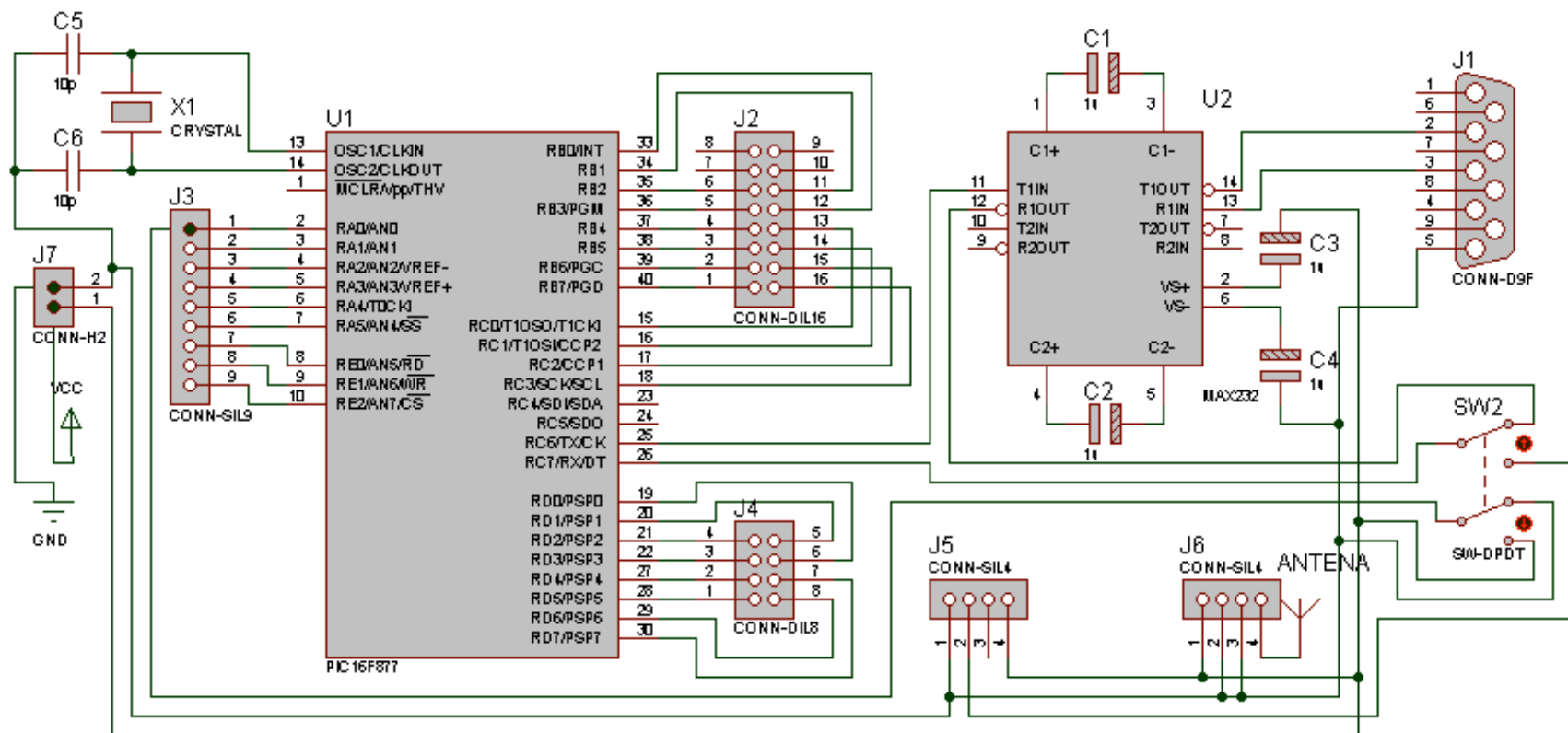


Figura 3.18. Diagrama esquemático completo de sistema de recepción y control del tablero.

IV. IMPLEMENTACIÓN

Tras haber presentado los diseños y seleccionado los componentes para los mismos, se procederá a construir los dispositivos necesarios para conducir al funcionamiento de este proyecto. A partir de los diagramas esquemáticos, se diseñarán los circuitos a imprimir para poder implementarlos.

4.1 Mando inalámbrico

En el caso del diseño de circuito impreso para el control inalámbrico, fue realizada una estimación del tamaño del circuito impreso, así fue posible seleccionar la caja para prototipo (apéndice A), sobre la cual se diseñó el circuito impreso final.

La figura 4.1 muestra el diseño de circuito impreso del control inalámbrico, nótese que son dos piezas y la más pequeña será sobrepuesta a la mayor, la razón, el tamaño de la caja para prototipo y para dar una mayor altura a los

interruptores pulsadores. Lo anterior puede ser entendido mejor observando la figura 4.2, la cual muestra el circuito impreso de la figura 4.1 ya implementado.

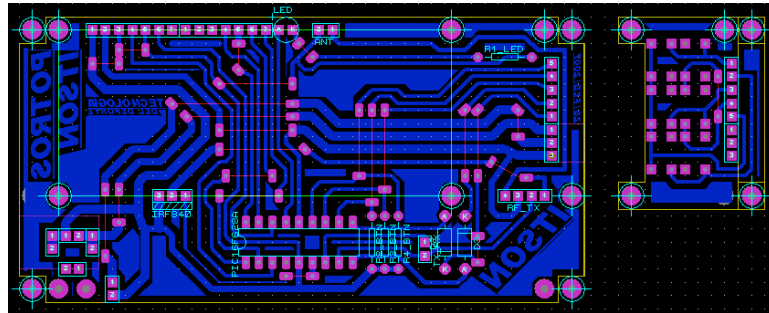


Figura 4.1. Diagrama de circuito impreso para mando inalámbrico.

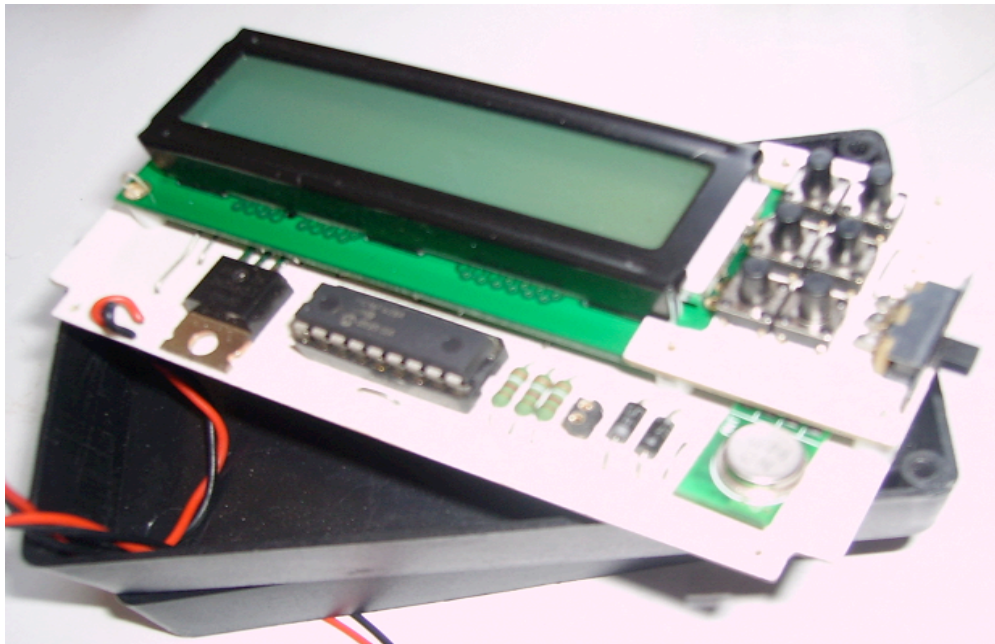


Figura 4.2. Fotografía de mando inalámbrico implementado.

4.2 Sistema de recepción y control del tablero

En la figura 4.3 es mostrado el diagrama de circuito impreso a implementar para el sistema de recepción y control.

Es necesario mencionar que en la tira de pines enlazada a los pines 2 a 10 del micro 1 (U1) sólo se usará el pin 2 del U1 para selección de modo de recepción y los

demás pines estarán disponibles para expansión. Se utilizó tira de pines doble para dar soporte a conectores de cable plano y reducir el tamaño del circuito impreso.

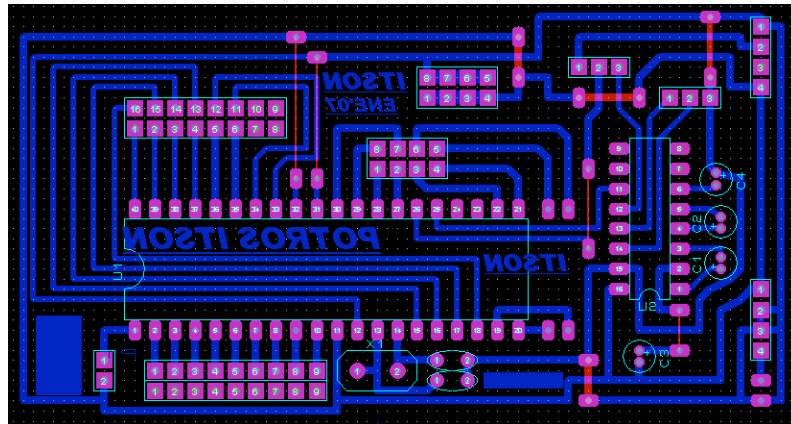


Figura 4.3. Diagrama de circuito impreso para sistema de recepción y control de tablero.

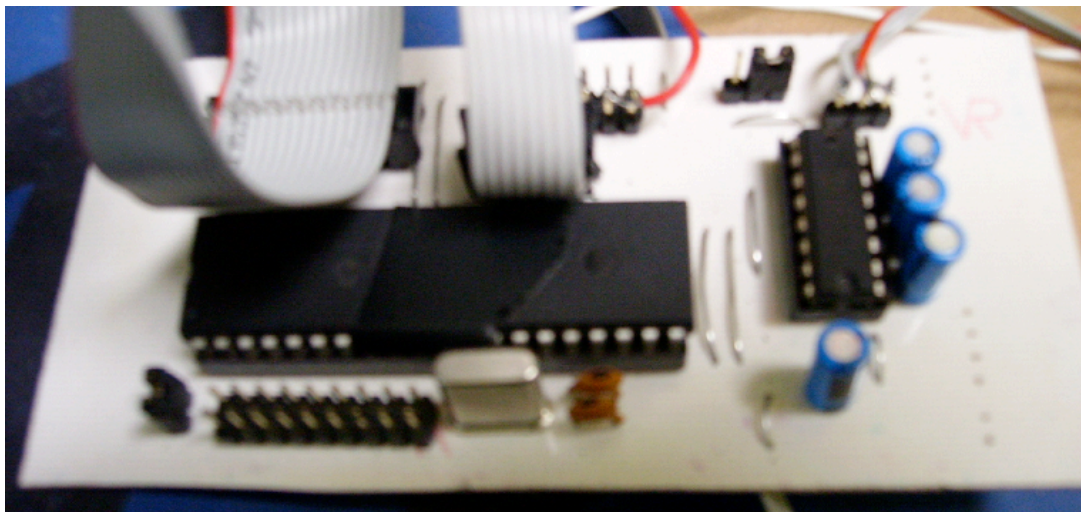


Figura 4.4. Fotografía de sistema de recepción y control de tablero implementado.

4.3 Potencia y retención de datos

En la figura 4.5 son mostradas las placas de potencia y retención de datos para los exhibidores siete segmentos después de haber sido implementadas. Recordar que de estas placas sólo fueron seleccionados los componentes e implementados, los diseños provienen del departamento de Tecnología del Deporte.

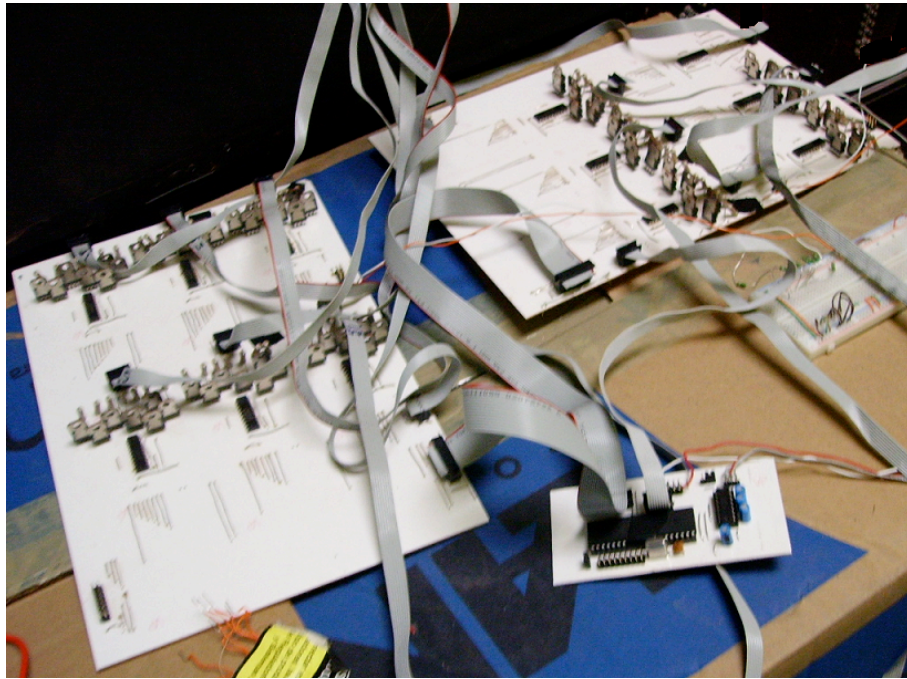


Figura 4.5. Placas de potencia y retención de datos implementadas.

Una vez terminada la implementación de todos los sistemas, fueron ejecutadas pruebas de continuidad en todos los circuitos impresos, probando conexiones donde deberían existir, y aislamiento en donde no debería haberlas.

V. PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES

En este apartado se trabajará en la programación de los microcontroladores de mando inalámbrico y del sistema de recepción y control de tablero, analizando las necesidades que deba satisfacer y posteriormente estructurando los programas.

5.1 Mando inalámbrico

5.1.1 Condiciones de programa de control inalámbrico

Se debe tener en claro las operaciones que el mando inalámbrico deberá realizar para poder estructurar el programa que se encargará de llevarlas a cabo. En los siguientes puntos serán desarrolladas dichas condiciones:

5.1.1.1 Justificado de datos mostrados en el módulo LCD

El acomodo de los datos a desplegar mostrado en la figura 5.1 juega un papel importante en este proyecto, esto ayudará a un buen entendimiento del funcionamiento del mando inalámbrico.

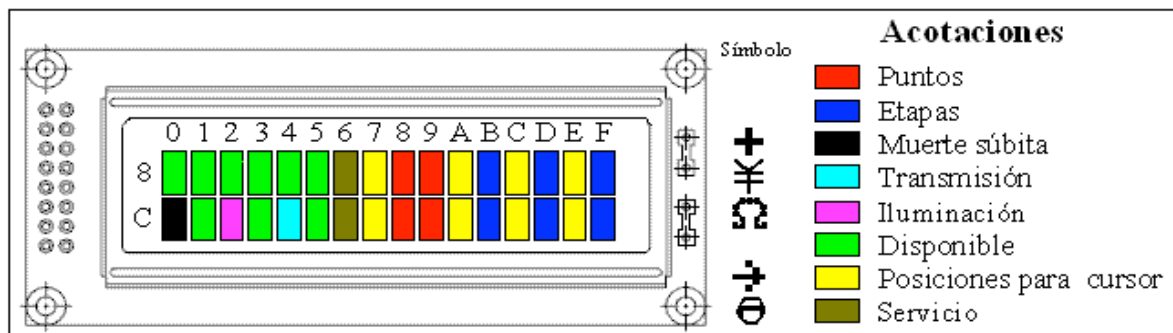


Figura 5.1. Justificado de datos a desplegar en el módulo LCD.

5.1.1.2 Operación de variables mostradas en el LCD

A continuación se describe la forma de operación de variables a ser mostradas en la pantalla de cristal líquido, dichas variables son las que mostrarán al usuario el estado del mando inalámbrico, tendrán efectos para mejorar el uso del control.

- Configuración inicial

Se inician los puntos de ambos jugadores en ceros, la primer etapa (direcciones 8B y CB) en ceros y el resto de las etapas sin información como señal de que no han sido jugadas. El cursor se inicia en la dirección 87 y la bandera de servicio en la posición 86. El módulo transmisor RF se inicia desactivado al igual que su bandera a ser mostrada en la dirección C4 del módulo LCD, esta operación ayudará para cuando por alguna razón sea apagado el mando inalámbrico durante un partido y sea necesario reencenderlo y actualizarlo sin reflejar en el tablero los pasos seguidos durante la actualización. La forma de activar la transmisión y actualizar el tablero es mostrada más adelante en el punto “asignación de funciones para interruptores”.

- Etapas

- Por regla ganará la etapa (set) quien llegue primero a 6 con diferencia de 2, de lo contrario, ganará quien llegue primero a 7.
- En caso de ganar un “set”, se activará el siguiente con numeración 0-0.
- Un punto importante es, si se llega a 6-6 en cualquier “set”, se activa la bandera de muerte súbita y cambian las condiciones de conteo de puntos y servicio.
- Una vez ganado el “set”, éste se bloqueará para incrementos y sólo podrá decrementarse el valor mayor del “set” concluido (para casos de error humano).
- En la situación de ejecutar el decremento antes mencionado, el (los) “set (s)” consecutivos regresarán a su estado inicial (sin información) como señal de que no han sido jugados.

- Puntos (tantos)

Numeración que podrá mostrar el marcador de puntos 00-15-30-40 y Ad (ventaja) cuando esta última aplique.

Por regla ganará el juego (game) el primer jugador que pase de 40 con diferencia de 2 tantos, es decir, el conteo va 40-30 y el jugador que lleva 40 deberá anotar un tanto más para poder ganar el juego. Sin embargo, si el conteo se torna 40-40 el competidor que anote un tanto pasará a ventaja (Ad) y éste mismo jugador necesita anotar un tanto más para poder ganar el juego. En dado caso que en conteo de tantos se encuentre 40-Ad y el jugador que lleva 40 anota un tanto, el conteo regresa a 40-40.

- Servicio

El primer servicio, al inicio del partido, es decidido por los competidores, comúnmente puesto al azar. El servicio va alternándose automáticamente cada juego o game sin importar quien resulte ganador.

- Muerte súbita

La bandera de muerte súbita será activada automáticamente cuando en alguna de las etapas (set's) se encuentre la numeración 6-6. Dicha bandera será el indicador para que el conteo de tantos y el servicio funcionen de una manera diferente. La nueva forma de conteo de puntos será por unidades (01-02-03-....99) y el ganador del juego será quien llegue primero a 6 con diferencia de 2, si lo anterior no fuera posible, se extiende el conteo hasta alcanzar una diferencia de dos. Muerte súbita dura hasta que el juego o game es concluido y cambia el valor del "set" a 6-7 ó 7-6, en la anterior situación uno de los contrincantes gana el "set".

La forma de operación del servicio en muerte súbita es: sirve primero quien no estaba sacando antes de entrar a muerte súbita, y después del primer servicio se va alternando cada dos puntos.

- Cursor

El cursor podrá ser desplazado por todas las direcciones marcadas de color amarillo mostradas en la figura 5.1, el cursor indica la posición a modificar, ya sean puntos o etapas.

- Transmisión

La bandera de transmisión a mostrar en la posición C4 estará ausente cuando sea posible hacer cambios en el mando inalámbrico y no enviar la señal de radio frecuencia que modificará el contenido del tablero de despliegue. En caso de que esta bandera se haga presente, los cambios efectuados en el control inalámbrico deberán ser reflejados en el tablero de despliegue.

Control de transmisión ayudará al usuario a hacer modificaciones en el mando inalámbrico de manera más rápida y sin que el tablero de despliegue muestre la secuencia de los cambios, así el espectador sólo observará una actualización de datos en el tablero.

- Iluminación

La bandera de iluminación funcionará a la par de la luz del módulo LCD, esta bandera servirá para ver el estatus de la iluminación cuando a la luz del día sea difícil darse cuenta del estado del diodo led de iluminación, esta función contribuirá al ahorro de energía del mando inalámbrico.

5.1.1.3. Asignación de funciones para interruptores

En la figura 5.2 se muestra la asignación de funciones para los seis interruptores del mando inalámbrico.

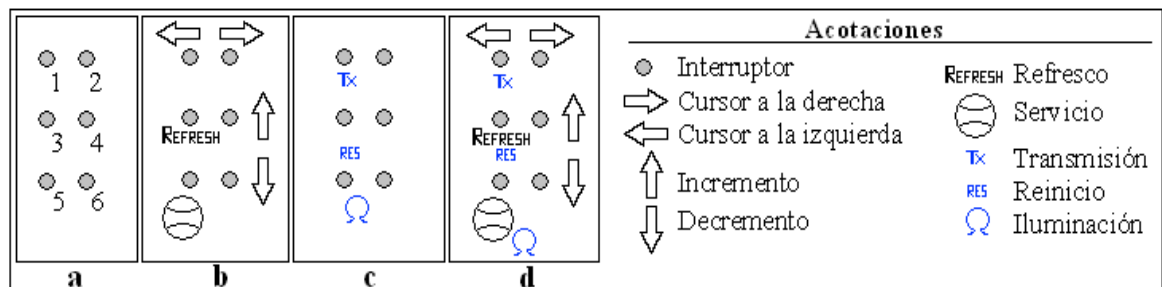


Figura 5.2. Asignación de funciones para interruptores.

Las funciones de los interruptores pueden verse en las acotaciones de la anterior figura 5.2. En la parte (b) de la figura anteriormente mencionada, se muestran las primeras funciones, éstas responden al pulsar el respectivo interruptor de cada función.

Al ejecutarse la función “refresco”, el mando inalámbrico reenviará toda la información de sus marcadores al tablero de despliegue, a fin de corregir errores en el mismo, será posible siempre y cuando esté activa la bandera de transmisión.

Las segundas funciones mostradas en la figura 5.2 parte (c) responden al mantener oprimido el respectivo botón de cada función durante cierto tiempo (aproximadamente 3 segundos).

La función de transmisión bloquea o desbloquea la capacidad del mando inalámbrico para enviar los cambios efectuados al tablero de despliegue.

Reinicio es una función que como su nombre lo dice, pone en estado inicial al mando inalámbrico, y sólo basta con mantener oprimido el interruptor Tx para que los cambios de reinicio se presenten en el tablero de despliegue.

5.1.1.4 Asignaciones de direcciones

La asignación de direcciones es similar a la presentada en la figura 3.3 del capítulo III, sólo que se presenta un detalle, la dirección para las banderas de muerte súbita y servicio es la misma (A0h) pero surge un cambio en el acomodo de estas tres banderas y se muestra a continuación:

					Muerte súbita	Servicio inferior	Servicio superior
--	--	--	--	--	---------------	-------------------	-------------------

Tomando como menos significativo el bit de la derecha del recuadro.

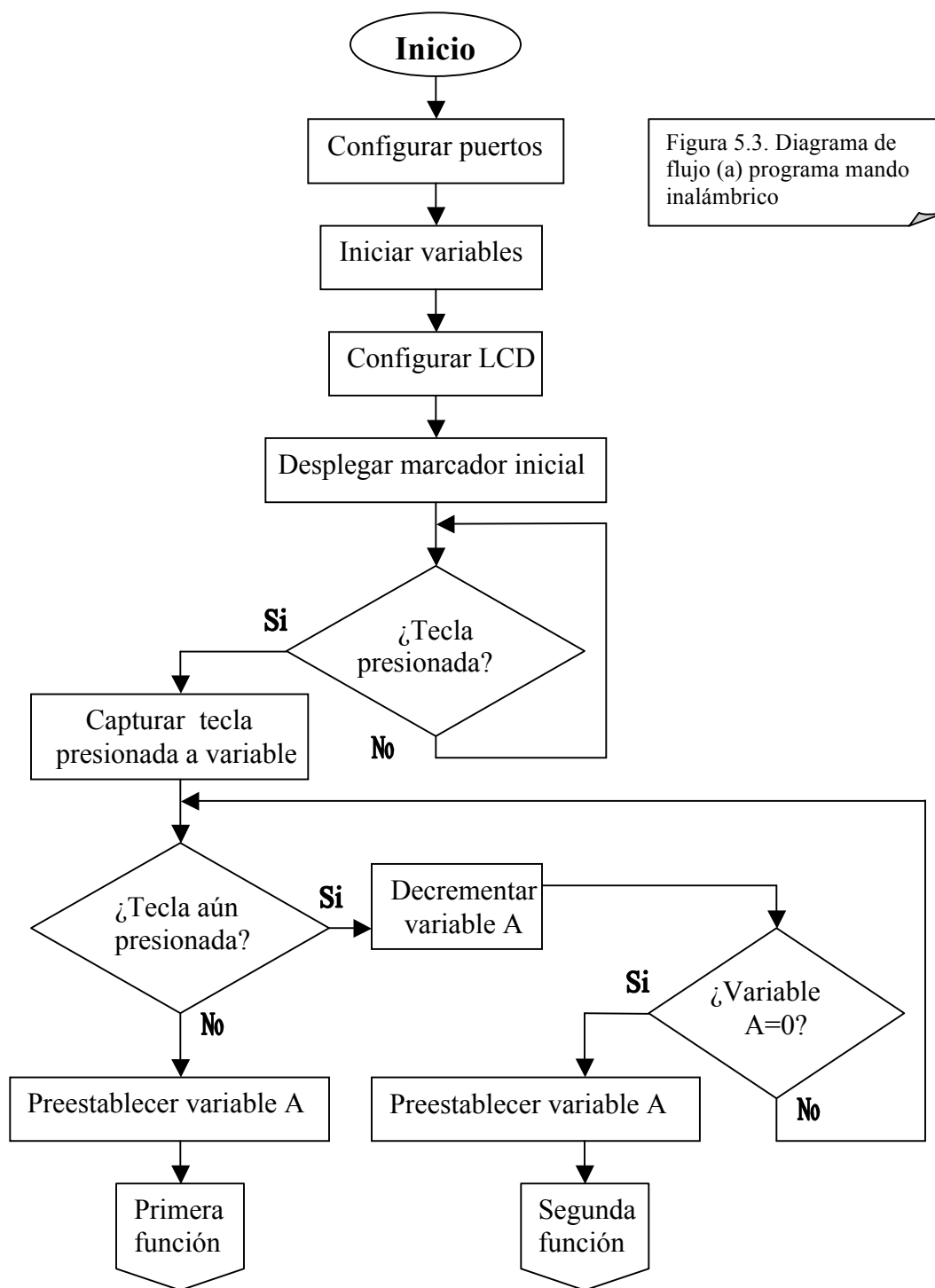
Se presenta de nuevo la asignación de direcciones de los exhibidores siete segmentos del tablero y las direcciones que deberá manejar el programa del mando inalámbrico y el tablero de despliegue.

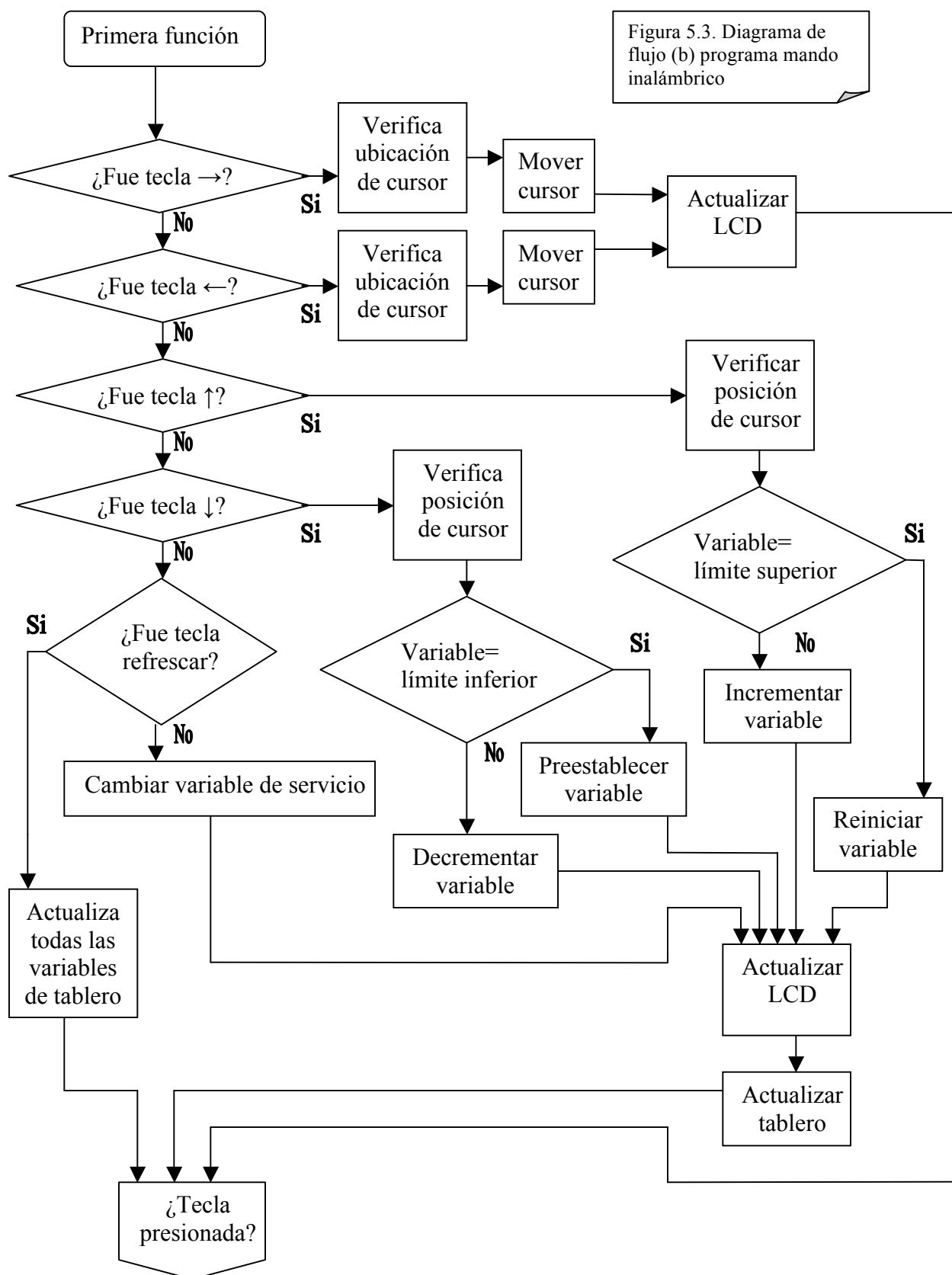
Elemento	Dirección en hexadecimal
Puntos decenas superior	00
Puntos unidades superior	01
Puntos decenas inferior	02
Puntos unidades inferior	03
Etapas superior izquierda	04
Etapas inferior izquierda	05
Etapas superior central	06
Etapas inferior central	07
Etapas superior derecha	08
Etapas inferior derecha	09
Banderas	0A

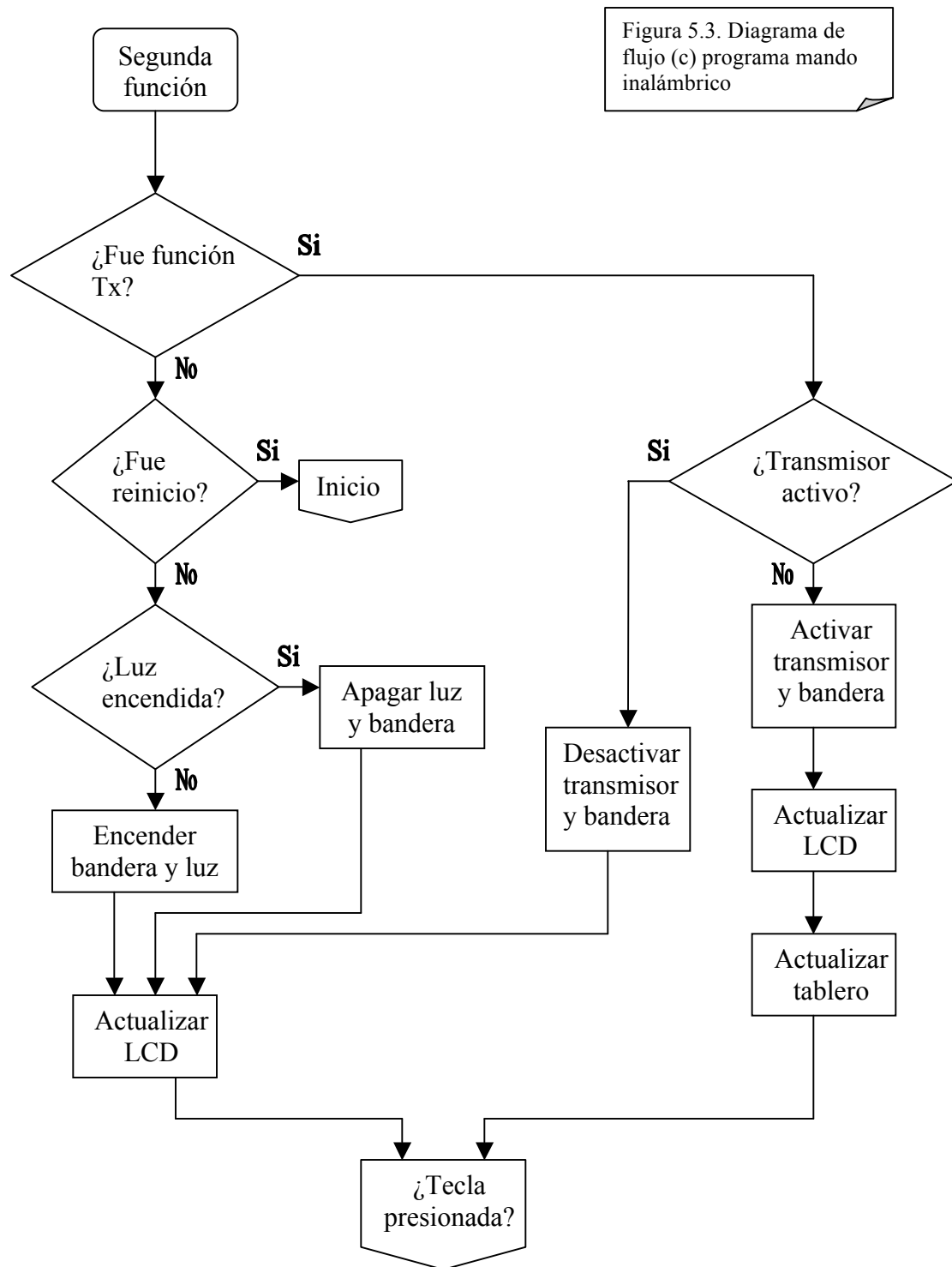
Tabla 5.1. Asignación de direcciones de elementos a desplegar.

5.1.2 Diagrama de flujo de programa para mando inalámbrico

Dadas las condiciones con las que debe cumplir el programa de mando inalámbrico, se presentan los siguientes diagramas de flujo (a, b, c).







5.1.3 Rutinas críticas de microcontrolador de mando inalámbrico

5.1.3.1 Subrutina de transmisión por puerto serie acoplado a módulo transmisor RF

Subrutina de transmisión de datos a través del puerto serie y módulo transmisor RF. La siguiente subrutina puede ser llamada de cualquier parte del programa, sólo es precargado el dato a enviar (1 byte) en la variable PRETRANS declarada en la memoria RAM del microcontrolador y se manda llamar la subrutina TRANSMISIONTX. Las operaciones que se realizan para corregir el problema presentado con los módulos RF (punto 6.1.1) y para aumentar la seguridad en la transmisión (punto 6.1.2) son las siguientes:

- Se antepone una clave de 3 bytes antes del byte a enviar y la trama compuesta por 4 bytes se forma: [ABh, CDh, EFh, PRETRANS].
- Cada byte de los 4 anteriores se desdobra en 2 bytes (se tendrían 8 bytes).
- Lo anterior se transmite 7 veces (redundancia, en total se transmiten 56 bytes para modificar sólo un display siete segmentos).

TRANSMISIONTX

BTFSS	TXACTIVED_VAR,0	; salta si la transmisión está activada
RETURN		; sale de subrutina de transmisión
BSF	PORTB,0	; se activa módulo transmisor RF
MOVLW	B'01010101'	; carga en W constante para reactivar el enlace RF
MOVWF	TXREG	; se envía por puerto serie el dato en W
CALL	FGH	; llamada a retardo entre transmisión y transmisión
SWAPF	PRETRANS,F	; invierte nibbles de la variable PRETRANS
MOVLW	D'1'	; carga variables para subrutina de retardo FGH
MOVWF	TITW	; carga variables para subrutina de retardo FGH
MOVLW	D'250'	; carga variables para subrutina de retardo FGH
MOVWF	TITY	; carga variables para subrutina de retardo FGH
MOVLW	D'7'	; carga en W el número 7 decimal
MOVWF	TITU	; descarga número 7 en variable TITU (veces a transmitir la misma trama)

ERTY

BTFSS	BANDER4TRA,0	; salta si bandera de clave AB transmitida está activada
GOTO	ABAB	; salta a enviar clave AB
BTFSS	BANDER4TRA,1	; salta si bandera de clave CD transmitida está activada
GOTO	CDCD	; salta a enviar clave CD
BTFSS	BANDER4TRA,2	; salta si bandera de clave EF transmitida está activada
GOTO	EFEF	; salta a enviar clave EF
GOTO	INFO	; salta a enviar dato original (variable PRETRANS)

ABAB

MOVLW	0XAB	; carga dato AB en W
MOVWF	REENTERO	; descarga AB en variable REENTERO (byte entero a separar en 2 bytes)
BSF	BANDER4TRA,0	; activa bandera de clave AB transmitida
GOTO	ORDENAREG	; salta a separar variable REENTERO en dos bytes y enviarlos separadamente

CDCD

MOVLW	0XCD	; carga dato CD en W
MOVWF	REENTERO	; descarga CD en variable REENTERO (byte entero a separar en 2 bytes)
BSF	BANDER4TRA,1	; activa bandera de clave CD transmitida
GOTO	ORDENAREG	; salta a separar variable REENTERO en dos bytes y enviarlos separadamente

EFEF

MOVLW	0XEF	; carga dato EF en W
MOVWF	REENTERO	; descarga EF en variable REENTERO (byte entero a separar en 2 bytes)
BSF	BANDER4TRA,2	; activa bandera de clave EF transmitida
GOTO	ORDENAREG	; salta a separar variable REENTERO en dos bytes y enviarlos separadamente

INFO

MOVF	PRETRANS,W	; carga dato de variable PRETRANS en W
MOVWF	REENTERO	; descarga dato de W en la variable REENTERO
CLRF	BANDER4TRA	; borra variable de todas las claves transmitidas
BSF	BANDER4TRA,3	; señal de envío de dato original (PRETRANS)
GOTO	ORDENAREG	; salta a separar variable REENTERO en dos bytes y enviarlos separadamente (este punto puede omitirse)

ORDENAREG

CLRF	REGLOW	; borra variable en donde se desdoblán los 4 bits LSB de variable REGENTERO
CLRF	REGHI	; borra variable en donde se desdoblán los 4 bits MSB de variable REGENTERO

NEXT0

BTFSS	REGENTERO,0	; salta si bit 0 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT1	; salta a verificar bit 1 de REGENTERO
BSF	REGLOW,0	; pone a 1 el bit 0 de la variable REGLOW
BSF	REGLOW,1	; pone a 1 el bit 1 de la variable REGLOW

NEXT1

BTFSS	REGENTERO,1	; salta si bit 1 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT2	; salta a verificar bit 2 de REGENTERO
BSF	REGLOW,2	; pone a 1 el bit 2 de la variable REGLOW
BSF	REGLOW,3	; pone a 1 el bit 3 de la variable REGLOW

NEXT2

BTFSS	REGENTERO,2	; salta si bit 2 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT3	; salta a verificar bit 3 de REGENTERO
BSF	REGLOW,4	; pone a 1 el bit 4 de la variable REGLOW
BSF	REGLOW,5	; pone a 1 el bit 5 de la variable REGLOW

NEXT3

BTFSS	REGENTERO,3	; salta si bit 3 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT4	; salta a verificar bit 4 de REGENTERO
BSF	REGLOW,6	; pone a 1 el bit 6 de la variable REGLOW
BSF	REGLOW,7	; pone a 1 el bit 7 de la variable REGLOW

NEXT4

BTFSS	REGENTERO,4	; salta si bit 4 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT5	; salta a verificar bit 5 de REGENTERO
BSF	REGHI,0	; pone a 1 el bit 0 de la variable REGHI
BSF	REGHI,1	; pone a 1 el bit 1 de la variable REGHI

NEXT5

BTFSS	REGENTERO,5	; salta si bit 5 de variable REGENTERO es uno
GOTO	NEXT6	; salta a verificar bit 6 de REGENTERO
BSF	REGHI,2	; pone a 1 el bit 2 de la variable REGHI
BSF	REGHI,3	; pone a 1 el bit 3 de la variable REGHI

NEXT6

BTFSS	REENTERO,6	; salta si bit 6 de variable REENTERO es uno
GOTO	NEXT7	; salta a verificar bit 7 de REENTERO
BSF	REGHI,4	; pone a 1 el bit 4 de la variable REGHI
BSF	REGHI,5	; pone a 1 el bit 5 de la variable REGHI

NEXT7

BTFSS	REENTERO,7	; salta si bit 7 de variable REENTERO es uno
GOTO	NEXTX	; salta a enviar variable REGHI y REGLOW
BSF	REGHI,6	; pone a 1 el bit 6 de la variable REGHI
BSF	REGHI,7	; pone a 1 el bit 7 de la variable REGHI

NEXTX

MOVF	REGHI,W	; carga en W la variable REGHI
MOVWF	TXREG	; descarga W en TXREG (se transmite)
CALL	FGH	; llamada a retardo entre transmisión y transmisión
NOP		; ninguna operación
NOP		; ninguna operación
MOVF	REGLOW,W	; carga en W la variable REGLOW
MOVWF	TXREG	; descarga W en TXREG (se transmite)
CALL	FGH	; llamada a retardo entre transmisión y transmisión
NOP		; ninguna operación
NOP		; ninguna operación
BTFSS	BANDER4TRA,3	; salta si fue transmitidas las claves AB, CD, EF y dato original (PRETRANS)
GOTO	ERTY	; salta a verificar que se ha enviado (claves AB, CD o EF)
CLRF	BANDER4TRA	; borra señal de que fue transmitida trama completa (AB, CD, EF y dato original)
DECFSZ	TITU	; decrementa variable veces a transmitir y salta si es cero
GOTO	ERTY	; salta a retransmitir trama completa (AB, CD, EF y dato original)
BCF	PORTB,0	; desactiva módulo transmisor RF
RETURN		; sale de subrutina de transmisión

5.1.3.2 Subrutina para actualizar tablero

Las variables AS, BS, CS, . . .KS, fueron declaradas en la memoria RAM para contener los datos lógicos de los puntos y etapas del partido de tenis, así

como las banderas de muerte súbita y servicio. Estas variables son modificadas en el mando inalámbrico al anotar un punto o modificar un “set” y también son las variables en las que se basa el desplegado del LCD y la información enviada al tablero. Cada una de estas variables corresponde a una dirección de envío de información como se muestra en la subrutina INFOTABLERO. Como ejemplo se tiene que la variable AS corresponde la dirección 04h para etapa superior izquierda, asignación mostrada en la tabla 5.1. Nótese que en la subrutina se tiene un 40h para la variable AS, esto es debido a que las operaciones en variables como incremento y decrementos son más fáciles y rápidas con el nibble menos significativo, en la subrutina TRANSMISIONTX se invierte de nuevo los nibbles del dato a enviar.

INFOTABLERO

AAA

MOVLW	0X40	; carga en W una constante, dirección a la cual va dirigido el dato AS (etapa superior izquierda)
IORWF	AS,W	; se hace una OR lógica entre dato en W (40h) y el dato en la variable AS, quedando el resultado en W
MOVWF	PRETRANS	; descarga W en variable a transmitir
CALL	TRANSMISIONTX	; se llama a subrutina de transmisión

BBB

MOVLW	0X50
IORWF	BS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

CCC

MOVLW	0X60
IORWF	CS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

DDD

MOVLW	0X70
IORWF	DS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

EEE

MOVLW	0X80
IORWF	ES,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

FFF

MOVLW	0X90
IORWF	FS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

GGG

MOVLW	0X10
IORWF	GS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

HHH

MOVLW	0X00
IORWF	HS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

III

MOVLW	0X30
IORWF	IS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

JJJ

MOVLW	0X20
IORWF	JS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

KKK

MOVLW	0XA0
IORWF	KS,W
MOVWF	PRETRANS
CALL	TRANSMISIONTX

RETURN

5.2 Sistema de recepción y control de tablero

La lógica de operación de datos en este proyecto, se encuentra en el control inalámbrico. En éste se llevan a cabo las operaciones necesarias para controlar el tablero de despliegue, por dicha razón, el programa del sistema de recepción y control, se ocupará sólo de recibir la información por cualquier medio, analizarla y desplegarla.

5.2.1 Condiciones de programa de sistema de recepción y control de tablero

Hay ciertas condiciones que se deben tomar en cuenta para la operación del tablero de despliegue, condiciones mencionadas en los siguientes puntos:

5.2.1.1 Asignación de direcciones

La asignación de direcciones para recepción y despliegue de datos en el tablero deberá ser la misma asignación de direcciones del mando inalámbrico (tabla 5.1) y por consecuencia igual a la del programa de control por computadora.

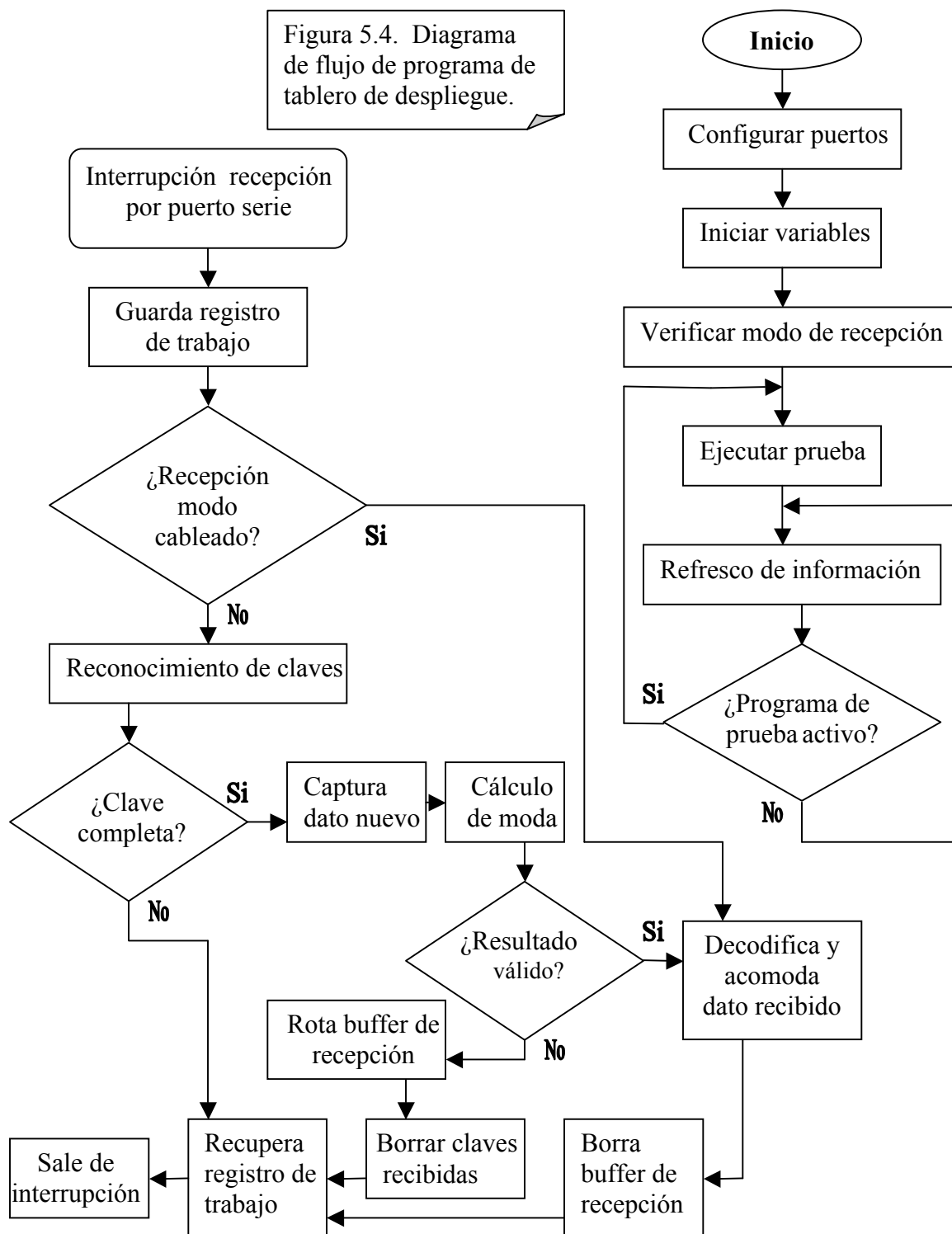
5.2.1.2 Información inicial

El tableo de despliegue será encendido y mostrará un programa de prueba, en tal programa será controlado el encendido de uno de los segmentos de cada uno de los exhibidores a la vez, y cambiará de segmento después de determinado tiempo, esto es a fin de probar el tablero y evitar posibles fallos durante un partido.

5.2.1.3 Modo de recepción

Al encender el tablero, es verificado el estado del interruptor de modo de recepción y configurado el receptor para el modo de recepción que el interruptor indique, de esta forma el tablero de despliegue está listo para recibir señales del modo de recepción seleccionado.

5.2.2 Diagrama de flujo de programa para sistema de recepción y control de despliegue



5.2.3 Rutinas críticas de programa de recepción y control de despliegue

5.2.3.1 Rutina de servicio de interrupción por puerto serie

Servicio

MOVWF	TEMP_W	; guarda temporalmente el contenido de W
BCF	INTCON,GIE	; desactiva interrupciones
BTFSS	PIR1,RCIF	; salta si fue interrupción de recepción por puerto serie
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción

recep_rx

BCF	PIR1,RCIF	; borra bandera de interrupción de recepción por puerto serie
BTFSC	ALAM_INALAM,0	; verifica medio de recepción, salta si el medio de recepción es cableado (por computadora)
GOTO	INALAMBRICO	; salta a recepción inalámbrica

ALAMBRICO

MOVF	RCREG,W	; carga registro de recepción en W
MOVWF	DATONUEVO	; descarga W en variable DATONUEVO
MOVWF	DATONUEVO2	; descarga W en variable DATONUEVO2
GOTO	RECIBIENDO	; salta a etiqueta RECIBIENDO

INALAMBRICO

BSF	NEWDAT,0	; señala dato entrante nuevo vía RF
MOVF	RCREG,W	; carga registro de recepción RCREG en W
MOVWF	REGMEDPROB	; descarga W a variable REGMEDPROB para usarse en subrutina DESGLOSA
CALL	DESGLOSA	; llama a subrutina DESGLOSA para reducir un byte a 4 bits
BTFSS	BANDERTRAMA,0	; salta si se ha recibido medio byte
GOTO	BNM	; se han recibido 2 bytes con los que se compuso un solo byte y salta a evaluarlo a etiqueta BNM
BCF	BANDERTRAMA,0	; señala que se ha recibido 1 bytes de 2 que compondrán 1 solo byte
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción

BNM

MOVF	REGDOBLE,W	; carga en W dato proveniente de subrutina DESGLOSA
MOVWF	SUPERVAR	; descarga W a variable
MOVWF	SUPERVAR1	; descarga W a variable
MOVWF	SUPERVAR2	; descarga W a variable
MOVWF	DATONUEVO	; descarga W a variable
MOVWF	DATONUEVO2	; descarga W a variable
MOVWF	DAT_RECIB	; descarga W a variable

CHEKABCLA

BTFSS	BANDERCLA,0	; salta si ya se recibió clave ABh
GOTO	ABCLA	; salta a recibir primer clave (ABh)
BTFSS	BANDERCLA,1	; salta si ya se recibió clave CDh
GOTO	CHEKCDCLA	; salta a recibir segunda clave (CDh)
BTFSS	BANDERCLA,2	; salta si ya se recibió clave EFh
GOTO	CHEKEFCLA	; salta a recibir tercera clave (EFh)
GOTO	ACOMODA	; salta a recibir dato con información de despliegue

ABCLA

MOVLW	0XAB	; carga en W la literal ABh
SUBWF	SUPERVAR,F	; resta W a variable SUPERVAR
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior es cero (si dato recibido es ABh)
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido no es ABh
CLRF	BANDERCLA	; borra variable BANDERCLA (borra historial de claves recibidas)
BSF	BANDERCLA,0	; señala que clave ABh ha sido recibida
BSF	BANDERTRAMA,0	; señala que se debe recibir 2 bytes por puerto serie para evaluar si llegó clave CDh. si se evalúa solo un byte se tomará como clave sin secuencia y se tendrá que recibir de nuevo la clave desde el inicio
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido fue clave ABh, para esperar clave CDh.

CHEKCDCLA

MOVLW	0XCD	; carga en W la literal CDh
SUBWF	SUPERVAR1,F	; resta W a variable SUPERVAR1
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior es cero (si dato recibido es CDh)
GOTO	BORR	; salta a borrar historial de claves y salir si no se recibe clave CDh

CLRF	BANDERCLA	; borra historial de claves recibidas
BSF	BANDERCLA,0	; señala que clave ABh ha sido recibida
BSF	BANDERCLA,1	; señala que clave CDh ha sido recibida
BSF	BANDERTRAMA,0	; señala que se debe recibir 2 bytes por puerto serie para evaluar si llegó clave EFh, si se evalúa solo un byte se tomará como clave sin secuencia y se tendrá que recibir de nuevo la clave desde el inicio
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido fue clave CDh, para esperar clave EFh.
BORR		
CLRF	BANDERCLA	; borra variable BANDERCLA (borra historial de claves recibidas)
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido no fue clave CDh, para esperar clave desde el inicio.
CHEKEFCLA		
MOVLW	0XEF	; carga en W la literal EFh
SUBWF	SUPERVAR2,F	; resta W a variable SUPERVAR2
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior es cero (si dato recibido es EFh)
GOTO	BORR1	; salta a borrar historial de claves y salir si no se recibe clave EFh
CLRF	BANDERCLA	; borra historial de claves recibidas
BSF	BANDERCLA,0	; señala que clave ABh ha sido recibida
BSF	BANDERCLA,1	; señala que clave CDh ha sido recibida
BSF	BANDERCLA,2	; señala que clave EFh ha sido recibida
BSF	BANDERTRAMA,0	; señala que se debe recibir 2 bytes por puerto serie para tomarse como dato válido (este dato será elemento para cálculo de moda y probablemente sea desplegado).
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido fue clave EFh, para esperar dato válido (este dato será elemento para cálculo de moda y probablemente sea desplegado).
BORR1		
CLRF	BANDERCLA	; borra variable BANDERCLA (borra historial de claves recibidas)
GOTO	SALE	; salta a etiqueta sale si el dato recibido no fue clave EFh, para esperar clave desde el inicio.

ACOMODA

BSF BANDERTRAMA,0 ; señala que se debe recibir 2 bytes por puerto serie para evaluar si llegó clave ABh e iniciar la recepción de una nueva trama.

CLRF VARFLAGMOV ; borra bandera de subrutina de prueba activa.

CLRF BANDERCLA ; borra historial de claves recibidas

CHEKSEGURDIDAD1

CLRF VECES_TRAMASEGURA ; limpiar variable VECES_TRAMASEGURA = número de datos iguales +1

MOVF DAT_RECIB,W ; se carga nuevo dato recibido en W

SUBWF SEGURIDAD1,W ; se resta W a variable SEGURIDAD1 para verificar si son valores iguales

BTFSS STATUS,Z ; salta si la resta anterior resulta cero

GOTO CHEKSEGURDIDAD2 ; si los datos de la resta no son iguales, salta a comparar el dato recibido con otro dato del buffer de recepción

INCF VECES_TRAMASEGURA,F ; se incrementa variable de tramas iguales, puede alcanzar el valor de 4 decimal + 1 dato en la variable DAT_RECIB = buffer de 5 datos

CHEKSEGURDIDAD2

MOVF DAT_RECIB,W ; carga nuevo dato recibido en W

SUBWF SEGURIDAD2,W ; resta W a variable SEGURIDAD2 para verificar si son valores iguales

BTFSS STATUS,Z ; salta si la resta anterior resulta cero

GOTO CHEKSEGURDIDAD3 ; si los datos de la resta no son iguales, salta a comparar el dato recibido con otro dato del buffer de recepción

INCF VECES_TRAMASEGURA,F ; se incrementa variable de tramas iguales

CHEKSEGURDIDAD3

MOVF DAT_RECIB,W ; carga nuevo dato recibido en W

SUBWF SEGURIDAD3,W ; resta W a variable SEGURIDAD3 para verificar si son valores iguales

BTFSS STATUS,Z ; salta si la resta anterior resulta cero

GOTO CHEKSEGURDIDAD4 ; si los datos de la resta no son iguales, salta a comparar el dato recibido con otro dato del buffer de recepción

INCF VECES_TRAMASEGURA,F ; se incrementa variable de tramas iguales

CHEKSEGURDIDAD4

MOVF DAT_RECIB,W ; carga nuevo dato recibido en W

SUBWF	SEGURIDAD4,W	; resta W a variable SEGURIDAD4 para verificar si son valores iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si la resta anterior resulta cero
GOTO	CHEKSEGURIDADNIVEL	; si los datos de la resta no son iguales, salta a verificar el número de veces que se recibió la misma trama = VECES_TRMASEGURA +1
INCF	VECES_TRMASEGURA	; se incrementa variable de tramas iguales
CHEKSEGURIDADNIVEL		
MOVLW	D'2'	; se carga valor 2 decimal en registro W (valor dos significa que se recibió 2 datos iguales al que se está comparando = 3 datos iguales en total)
SUBWF	VECES_TRMASEGURA,W	; se resta W a variable VECES_TRMASEGURA para compararlas
BTFSS	STATUS,C	; salta si VECES_TRMASEGURA es mayor o igual a 2 decimal
GOTO	ACOMODARENSEG	; salta a subrutina ACOMODARENSEG para rotar el buffer de recepción
RECIBIENDO		
; esta parte del programa borra buffer de recepción y acomoda el nuevo dato válido recibido (moda de 3 datos)		
MOVLW	0XFF	; se carga dato en W (condición: dato diferente al que se carga en otras variables del buffer de recepción)
MOVWF	SEGURIDAD1	; descarga dato de W a variable del buffer de recepción
MOVLW	0XFE	; se carga dato en W (condición: dato diferente al que se carga en otras variables del buffer de recepción)
MOVWF	SEGURIDAD2	; descarga dato de W a variable del buffer de recepción
MOVLW	0XEF	; se carga dato en W (condición: dato diferente al que se carga en otras variables del buffer de recepción)
MOVWF	SEGURIDAD3	; descarga dato de W a variable del buffer de recepción
MOVLW	0XFD	; se carga dato en W (condición: dato diferente al que se carga en otras variables del buffer de recepción)
MOVWF	SEGURIDAD4	; descarga dato de W a variable del buffer de recepción
CLRF	BANDERCLA	; borra historial de claves recibidas
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W dato recibido (por computadora o por RF) para regresarlo como acuse de recibo (válido para recepción por computadora)

MOVWF	TXREG	; descarga W en registro de transmisión por puerto serie del PIC
MOVLW	0X0F	; se carga en W 0Fh
ANDWF	DATONUEVO2,F	; se borran 4 bits mas significativos (dato) de copia de dato válido recibido y se enmascaran 4 bits MSB (dirección)
SWAPF	DATONUEVO,F	; se invierten los nibbles de copia de dato válido recibido y queda nibble alto = dirección y nibble bajo = dato
MOVLW	0X0F	; se carga en W 0Fh
ANDWF	DATONUEVO,F	; se borran 4 bits mas significativos (dirección) de copia de dato válido recibido y se enmascaran 4 bits MSB (dato)
CLRF	DIRECC	; se limpia la variable DIRECC
CHEK0		
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 00h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK1	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 1h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	AD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK1		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 01h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK2	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 2h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)

CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	BD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK2		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 02h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK3	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 3h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	CD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK3		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 03h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK4	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 4h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	DD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción

CHEK4

INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 04h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK5	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 5h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	ED	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción

CHEK5

INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 05h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK6	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 6h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	FD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción

CHEK6

INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 06h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales

BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK7	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 7h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	GD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK7		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 07h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK8	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 8h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	HD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK8		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 08h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK9	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección 9h
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos

MOVWF	ID	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK9		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 09h en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	CHEK10	; salta a verificar si el dato recibido trae dirección Ah
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
CALL	TABLA7	; se llama a tabla de conversión de dato de 4 bits a dato siete segmentos
MOVWF	JD	; descarga el resultado de conversión a variable de despliegue
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
CHEK10		
INCF	DIRECC,F	; incrementa la variable DIRECC
MOVF	DIRECC,W	; se carga la variable DIRECC en W (DIRECC = 0Ah en este punto)
SUBWF	DATONUEVO2,W	; se resta W a variable DATONUEVO2 para verificar si son iguales
BTFSS	STATUS,Z	; salta si resta anterior resultó cero (si los datos comparados son iguales)
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
MOVF	DATONUEVO,W	; carga en W el dato recibido (sin dirección)
MOVWF	KD	; descarga W en variable de despliegue (banderas de muerte súbita y servicio)
GOTO	SALE	; salto a salida de interrupción
ACOMODARENSEG		
MOVF	SEGURIDAD3,W	; carga en W la variable SEGURIDAD3
MOVWF	SEGURIDAD4	; descarga W en la variable SEGURIDAD4 (se pierde el valor de SEGURIDAD4 pero se adquiere dato nuevo DAT_RECIB)

```

MOVF    SEGURIDAD2,W      ; carga en W la variable SEGURIDAD2
MOVWF   SEGURIDAD3        ; descarga W en la variable SEGURIDAD3
MOVF    SEGURIDAD1,W      ; carga en W la variable SEGURIDAD1
MOVWF   SEGURIDAD2        ; descarga W en la variable SEGURIDAD2
MOVF    DAT_RECIB,W       ; carga en W la variable DAT_RECIB
MOVWF   SEGURIDAD1        ; descarga W en la variable SEGURIDAD1
SALE
BSF      INTCON,GIE        ; activa interrupciones
MOVF    TEMP_W,W          ; recupera registro de trabajo de antes de entrar a la
                           ; interrupción
RETFIE      ; regresa de interrupción

```

- Subrutina desglosa, parte importante para la rutina de servicio de interrupción, llamada cuando es necesario convertir 1 byte a 4 bits para desechar información errónea provocada por los módulos RF, se desecha el nibble alto de la variable doble, enseguida se pasan los 4 bits menos significativos a los mas significativos (similar a realizar un corrimiento de 4 bits a la izquierda) el byte entrante se posiciona en los 4 bits menos significativos de la variable doble.

```

DESGLOSA
SWAPF   REGDOUBLE,F       ; intercambia nibbles de variable REGDOUBLE
MOVLW   0XF0              ; carga F0h en W
ANDWF   REGDOUBLE,F       ; borra los 4 bits menos significativos de variable
                           ; REGDOUBLE
BTFSS   REGMEDPROB,1      ; salta si bit 1 de variable REGMEDPROB es 1
GOTO    QA               ; salta a verificar bit 3 de REGMEDPROB
BSF     REGDOUBLE,0       ; pone a 1 el bit 0 de variable REGDOUBLE
QA
BTFSS   REGMEDPROB,3      ; salta si bit 3 de variable REGMEDPROB es 1
GOTO    QB               ; salta a verificar bit 5 de REGMEDPROB
BSF     REGDOUBLE,1       ; pone a 1 el bit 1 de variable REGDOUBLE
QB
BTFSS   REGMEDPROB,5      ; salta si bit 5 de variable REGMEDPROB es 1
GOTO    QC               ; salta a verificar bit 7 de REGMEDPROB
BSF     REGDOUBLE,2       ; pone a 1 el bit 2 de variable REGDOUBLE

```


QC

```

    BTFSS    REGMEDPROB,7      ; salta si bit 7 de variable REGMEDPROB es 1
    RETURN                                ; retorna de subrutina
    BSF      REGDOUBLE,3       ; pone a 1 el bit 3 de variable REGDOUBLE
    RETURN

```

5.2.3.2 Rutina para configuración de velocidad para puerto serie

Después de configurar puertos e interrupción por puerto serie, se configura la velocidad de éste. Para configurar la velocidad es necesario verificar el estado del interruptor de selección de modo de recepción, dicho estado se ve reflejado en el bit 0 del puerto A. Las velocidades son 9600 bps velocidad a la cual trabaja el software para control por computadora, y 1200 bps para control inalámbrico, velocidad relativamente baja pero reduce los errores de transmisión vía RF.

```

    MOVF     PORTA,W           ; carga puerto A en registro de trabajo W
    MOVWF    ALAM_INALAM       ; descarga W en variable ALAM_INALAM
    BTFSS    ALAM_INALAM,0     ; salta si bit 0 de variable ALAM_INALAM es 1
    GOTO     CHANGESPEED9600  ; salta a establecer velocidad de puerto serie a
                                ; 9600 bps, si no salta se establece a 1200 bps

```

CHANGESPEED1200

```

    BSF      STATUS,RP0        ; cambiar a banco 1
    MOVLW    D'255'            ; carga 255 decimal en W
    MOVWF    SPBRG              ; descarga W a registro SPBRG
    BCF      TXSTA,BRGH         ; puerto serie baja velocidad si bit BRGH = 0
    BCF      STATUS,RP0        ; cambiar a banco 0
    GOTO     GOTUT              ; salta a etiqueta GOTUT

```

CHANGESPEED9600

```

    BSF      STATUS,RP0        ; cambiar a banco 1
    MOVLW    D'129'            ; carga 129 decimal en W
    MOVWF    SPBRG              ; descarga W a registro SPBRG
    BSF      TXSTA,BRGH         ; puerto serie alta velocidad si bit BRGH = 1
    BCF      STATUS,RP0        ; cambiar a banco 0

```

GOTUT

Continúa configuración de microcontrolador...

VI. RESULTADOS

Este capítulo se referirá a información relevante después de haber iniciado las pruebas iniciales, información considerada importante por el autor de este estudio.

6.1 Problemas presentados en pruebas iniciales

6.1.1 Medio de transmisión inalámbrico

Este problema involucra un efecto de retardo a la conexión entre los módulos transmisores por radiofrecuencia, problema que no es presentado a la desconexión. Por tal motivo entre más alta es la velocidad de transmisión inalámbrica, mayor es la posibilidad de que el contenido de la trama de información sea alterado. Esta limitante no sería válida si se presentara el retardo de igual forma a la conexión como a la desconexión. Lo anteriormente

mencionado puede comprenderse mejor analizando el diagrama de tiempos de la figura 6.1

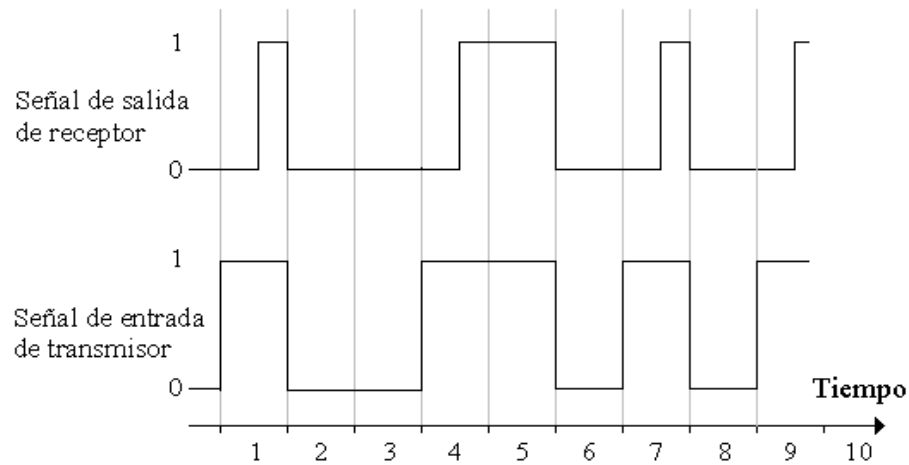


Figura 6.1. Comportamiento presentado por los módulos transmisor y receptor de radio frecuencia.

6.1.2 Seguridad en la transmisión inalámbrica

Se presentan dos problemas relacionados con la seguridad en la transmisión inalámbrica y son presentados a continuación:

La posibilidad de que algún dispositivo emita una señal a la misma frecuencia de operación de los módulos RF podría afectar las órdenes transmitidas por el mando inalámbrico. Además, el receptor RF recibe señales variantes en forma de ruido cuando el transmisor RF no está emitiendo señales válidas o se encuentre fuera de alcance, el puerto serie del microcontrolador las recibe como si éstas fueran señales válidas.

6.1.3 Señal de salida de datos 7 segmentos del microcontrolador de tablero de despliegue

El microcontrolador PIC16F877 deberá controlar los 11 registros que retendrán las señales dirigidas a los exhibidores, pero se presenta un problema, el microcontrolador no posee la capacidad de corriente necesaria para sostener la energía a la entrada de los 11 registros, lo cual causa presentación de información errónea en los exhibidores del tablero.

6.2 Soluciones a problemas presentados

6.2.1 Medio de transmisión inalámbrico

Observando el comportamiento de las señales mostradas en la figura 6.1 surgió la idea para poder corregir el problema de transmisión. La solución es separar un byte que se va a enviar en 4 y 4 bits y duplicar cada uno de estos bits, de esta forma se estarían formando dos bytes. El efectuar esta operación permite dar el tiempo necesario para estabilizar señales de flanco de subida y no ser afectados por el retardo a la conexión que los módulos RF presentan.

Como un ejemplo se debe observar la figura 6.2, suponer que la señal de entrada del transmisor en los tiempos 1 y 2 es un nivel alto de la trama original duplicado, y la señal de salida del receptor en el tiempo 1 serviría para estabilizar a señal a nivel lógico 1, la señal válida para reconstruir la trama original sería la del tiempo 2, de esta forma el retardo a la conexión no afectaría.

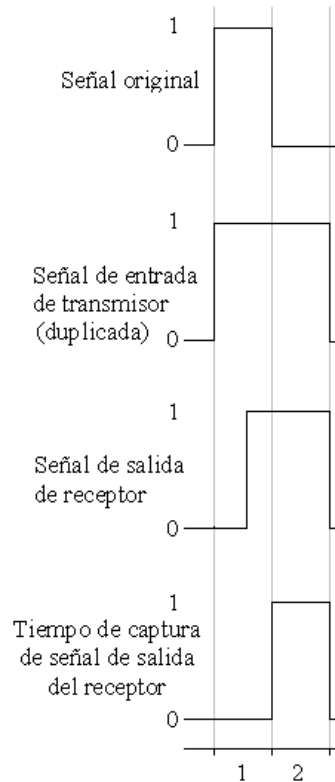


Figura 6.2. Análisis de error de transmisión y forma de corregirlo.

Es posible comprender mejor éstas operaciones con ayuda de la figura 6.3 en donde es transmitido un byte original (4Dh) en dos bytes, primero el byte más significativo (MSB) y después el menos significativo (LSB).

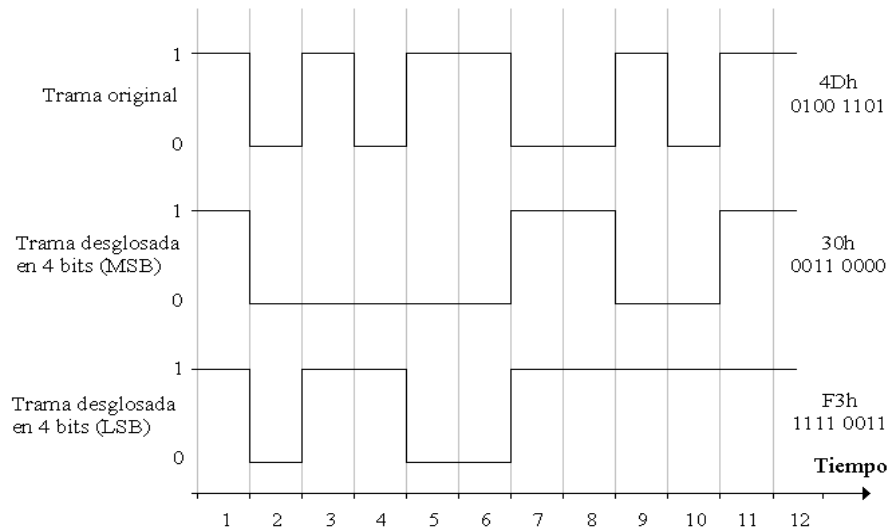


Figura 6.3. Transmisión de un byte original separado en dos tramas para corregir error de transmisión causado por módulos RF (protocolo utilizado 8n1).

La figura 6.3 muestra como es modificado el byte original y suministrado al transmisor RF en dos bytes seguidos (primero el más significativo), el microcontrolador receptor tendrá la tarea de invertir los nibbles del archivo de recepción, poner a cero lógico los 4 bits menos significativos y al recibir un byte por el puerto serie modificarlo a 4 bits y ponerlos en los 4 bits menos significativos del archivo de recepción y de esta forma poder evaluarlo. Si la evaluación no provocó resultados válidos para el tablero, éste esperará el siguiente byte para sustituir de nuevo los 4 bits menos significativos del archivo de recepción y evaluarlos.

6.2.2 Seguridad en la transmisión inalámbrica

Para poder filtrar datos indeseados que llegan por el puerto serial a través del módulo receptor RF, fue incorporada una clave que debe llegar al receptor consecutivamente, seguido de los datos válidos a ser desplegados en el tablero. El utilizar éste método contribuirá para la elevación de la seguridad en la

6.2.3 Señal de salida de datos 7 segmentos del microcontrolador de tablero de despliegue

Figura 6.4. Refuerzo de señal siete segmentos, diagrama esquemático (a), diagrama de circuito impreso (b), circuito implementado (c).

6.3 Presentación del nuevo tablero de despliegue de tenis

Una vez realizados los ajustes necesarios para tener un funcionamiento correcto del nuevo tablero de despliegue de tenis y su mando inalámbrico, fue presentado el sistema completo en el torneo Future femenino de tenis en las instalaciones deportivas (cancha de tenis) del Instituto Tecnológico de Sonora en el mes de abril de 2007.

La figura 6.5 muestra la apariencia del control remoto del tablero. Como puede observarse, se elaboró una calca en papel adhesivo resaltando las funciones de los interruptores, la posición de los elementos a desplegar y un logo del departamento de Tecnología del deporte Potros ITSON.

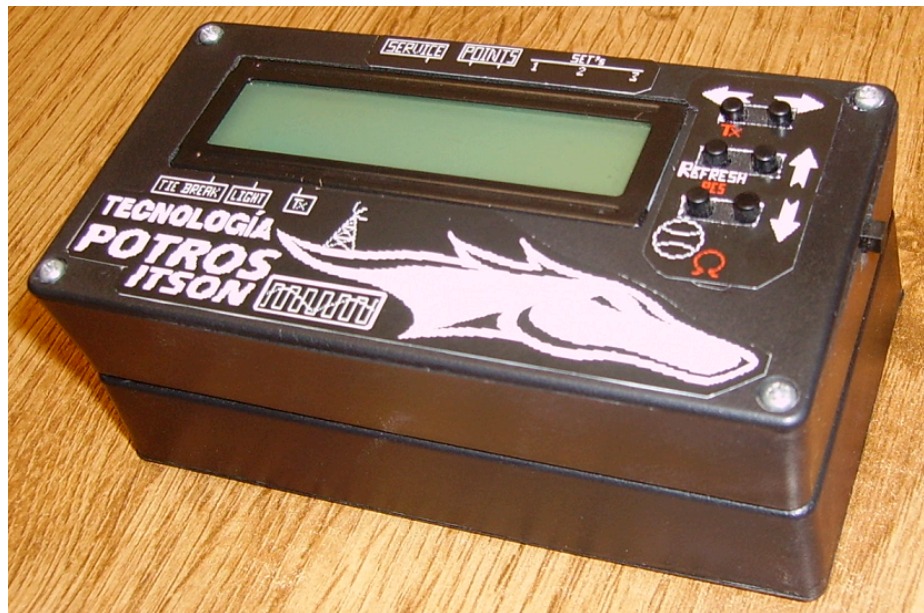


Figura 6.5. Mando inalámbrico terminado.

En la figura 6.6 es mostrado el sistema del tablero de tenis (sin incluir exhibidores y fuente de poder). Puede apreciarse que las distintas placas de circuitos impresos fueron sujetas entre si con tornillería, misma que sirvió para sujeción de éstas en la estructura del tablero de tenis.

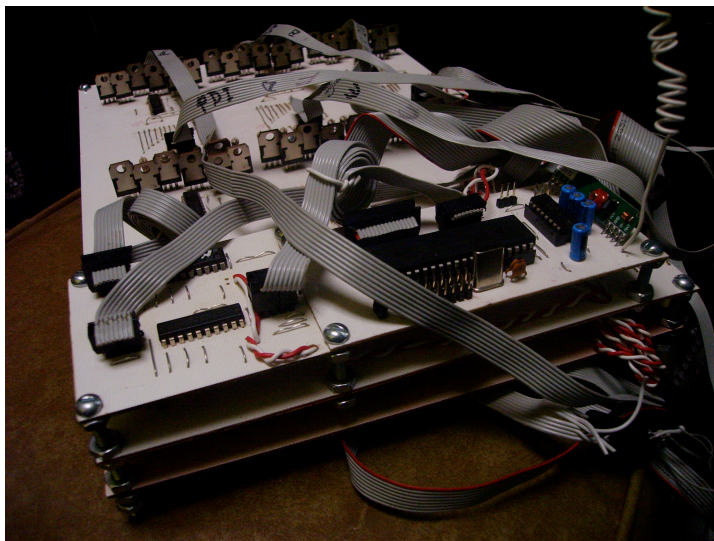


Figura 6.6. Sistema de recepción, control y parte de potencia de tablero de despliegue.

La figura 6.7 muestra el sistema del tablero electrónico empotrado en el gabinete del mismo, es posible darse cuenta que el sistema electrónico ha quedado protegido contra salpicaduras por lluvia, ya que el tablero queda a la intemperie en las canchas de tenis mientras está en uso.

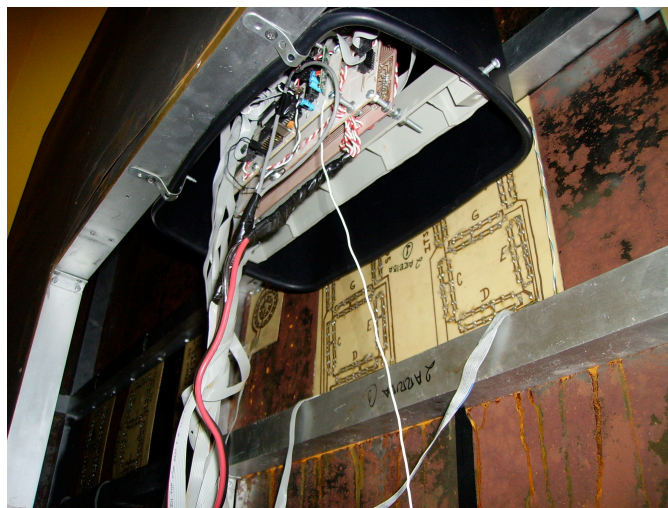


Figura 6.7. Sistema de tablero instalado.

Se puede observar el tablero de despliegue de tenis por la parte frontal en la figura 6.8 listo para ser presentado en el torneo de tenis. Una desventaja podría ser que

el tablero tiene un acrílico en tono negro ahumado y éste reduce la visibilidad de la luz emitida por los diodos led.



Figura 6.8. Parte frontal de tablero de despliegue.

Se presenta la figura 6.9 del día de la inauguración del torneo Future de tenis y presentación del tablero de despliegue y su mando inalámbrico, se consiguió un funcionamiento aceptable, aún cuando se presentaron fallas que no impidieron utilizar el tablero hasta el final del torneo, después de esto se modificó el programa de microcontrolador de recepción y el problema quedó resuelto.



Figura 6.9. Tablero de despliegue en cancha de tenis.

6.3.1 Nuevo problema presentado y solución

En el transcurso del juego, el microcontrolador de recepción en el tablero de despliegue dejaba de recibir órdenes del mando inalámbrico, situación que no se presentó durante las pruebas iniciales, un problema muy serio si se tratara de enviar señales en tiempos consecutivos o que involucren conteos en tiempo real, por ejemplo el marcado de tiempo de foot ball, necesidades que no se presentan en el tenis. Para poder operar el sistema de despliegue de tenis durante todo el torneo, fue necesario reiniciar el tablero de despliegue y pulsar el botón de refresco en el mando inalámbrico cada vez que el tablero dejaba obedecer las órdenes del control, de esta forma se actualizaba rápidamente el tablero de despliegue y volvía a aceptar nuevas órdenes.

Para solucionar el nuevo problema, se revisó el código de programa del PIC del sistema de recepción que es en donde radicaba el problema. Este consistió en un error de programación muy simple: cuando el microcontrolador operaba en una subrutina de acceso a tablas, cargaba en el registro de trabajo el valor a sumar al apuntador para acceder la posición de la tabla, enseguida se daba la interrupción de recepción y al regresar de ésta con un valor diferente en el registro de trabajo, el microcontrolador cargaba al apuntador un valor que en el acceso a tablas caía fuera de rango en las líneas de la misma.

La solución fue agregar dos líneas de código, en las cuales una de ellas guarda el contenido del registro de trabajo en una variable temporal al entrar a la interrupción y este contenido se rescata al salir de la misma.

6.3.2 Resultados finales

El mando inalámbrico, en pruebas realizadas tuvo un alcance de aproximadamente 100 metros en línea de vista, cuanto más cerca está el mando inalámbrico del tablero de despliegue menor es la posibilidad de errores de transmisión. A una distancia de 10 y 20 metros el enlace presenta errores de 0 por cada 200 conteos de puntos y suma un total de 450 tramas enviadas (2 por

puntos y 1 de banderas de servicio cada 4 conteos), probado en área libre y con tablero de despliegue al nivel del piso. En caso de que el tablero de despliegue mostrara errores respecto al mando inalámbrico sólo basta con ejecutar la función refresco y los errores serán corregidos.

La información mostrada en el módulo LCD es entendible y visible en la oscuridad, como había sido planteado. El mando inalámbrico presenta una duración de carga de batería (4 pilas de 2100 mAH) por más de 48 horas continuas sin recargar, prueba efectuada con la luz encendida y en modo de espera (sin estar transmitiendo).

Se logró que el mando inalámbrico operara de acuerdo a las reglas de conteo de tenis tales como bloqueos de operaciones que no deben realizarse según en las condiciones que se encuentre el conteo.

Respecto a la visión del tablero a la luz del día, personas del departamento de deportes afirman que antes de mejorar el tablero, se utilizaba solamente cuando el sol se ocultaba, de día no se podía ver nada. Después de modificar el tablero presenta una mejora, puede ser observada la información de éste en visión perpendicular al frente del tablero, con este lado apuntando al sur y a lo largo de las gradas adyacentes a la cancha de tenis en cualquier horario. Cuanto más a favor se torne la iluminación mayor es el ángulo al cual puede verse la información del tablero de despliegue. Dicho ángulo alcanza valores a la oscuridad hasta de 45° a partir de la línea frontal del tablero. Pruebas táctiles indican que la temperatura de los elementos de las placas de potencia y retención de datos, no asciende niveles indeseados aún cuando se ha mantenido encendido el tablero por más de 8 horas continuas.

6.4 Propuesta de mejora

Todo está en constante cambio, por tal motivo, no pasará mucho tiempo mientras que se decida fabricar un nuevo tablero de despliegue de la cancha de tenis. Debido a lo anterior, son presentadas las siguientes propuestas de mejora:

6.4.1 Utilización de interfaz a PC a través de puerto USB

El mando inalámbrico desempeña un muy buen trabajo para hacer funcionar el tablero de despliegue. Podría darse la situación en donde sea necesario utilizar el medio de recepción cableado, por ejemplo en caso de dañarse el mando inalámbrico. El uso de interfaz entre tablero de despliegue y computadora a través de puerto serie, estará limitado a utilizar el puerto serie o un adaptador USB-Puerto serie, por tal motivo la propuesta de mejora es utilizar interfaz por USB.

6.4.2 Agregar desplegado alfanumérico para nombres de competidores

En la figura 6.9 puede distinguirse un par de carteles blancos al costado izquierdo de los marcadores de puntos, estos carteles contienen los nombres y nacionalidad de los competidores. Es un tanto molesto tener que alcanzar el tablero de despliegue y colocar los nuevos carteles cada vez que se inicia un nuevo partido, además, puede considerarse antiestético utilizar marcadores luminosos para las puntuaciones y carteles impresos a tinta para los nombres de los competidores.

En las figuras 3.18 y 4.3 se puede ver que ha sido colocado un conector en el cual quedan libres 8 pines de 2 puertos del microcontrolador PIC16F877 del sistema de recepción y control. A través de estos pines se puede conectar un microcontrolador esclavo, que se encargue del control de los exhibidores alfanuméricos y pueda recibir información proveniente del mando inalámbrico. El programa del mando inalámbrico puede ser modificado para manejar datos de este tipo (alfanuméricos) y enviarlos al tablero de despliegue.

El programa del mando inalámbrico puso al límite el espacio en memoria de programa del microcontrolador PIC16F628, pero se puede utilizar el microcontrolador PIC16F648 que posee el doble de espacio de memoria de programa que el PIC anteriormente mencionado.

6.4.3 Cargador e indicador de carga

Es un poco incomodo tener la presión o incertidumbre del tiempo restante de la carga de la batería, además, si se implementara mandos inalámbricos con medidor de carga de batería, se alargaría la vida de ésta, ya que se sería posible utilizar a carga y descarga total.

6.4.4 Cambio de acrílico de pantalla del tablero de despliegue

Al término del desarrollo de este proyecto se mejoró en gran parte la visión a la luz del día del tablero de despliegue, pero es posible mejorarlo aún más, como ya se mencionó en puntos anteriores, el acrílico de la parte frontal del tablero de despliegue es de color negro ahumado y limita hasta cierto punto el paso de la luz emitida por los diodos led.

6.4.5 Protección de fuente de alimentación contra salpicaduras

En la figura 6.7 se aprecia como el sistema de recepción y control del tablero de despliegue ha quedado protegido contra salpicaduras, de igual forma se presenta como propuesta de mejora el proteger la fuente de alimentación del tablero, ya que si ésta se daña por el contacto con agua de lluvia, puede suministrar niveles de energía dañinos para el sistema del tablero.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El desarrollo de nuestra propia tecnología ha venido a satisfacer distintas necesidades del deportista del Instituto Tecnológico de Sonora y lo ha ayudado a alcanzar sus objetivos, tal es el caso del nuevo tablero de despliegue de tenis y su mando inalámbrico.

Presentados en este estudio los objetivos a alcanzar, tal es el tema del desarrollo de un dispositivo portátil capaz de controlar el tablero de despliegue de tenis sin utilizar una computadora. Diseñado e implementado consecuentemente el mando inalámbrico del tablero de tenis el cual posee ventajas sobre el control por computadora, tales como: trabajar acorde a las reglas de conteo de tenis, que permiten operar el sistema sin la posibilidad de cometer errores de conteo, facilidad de uso y transporte, rápida preparación antes de un partido y lo mejor,

capacidad de desplazarse en cierta área próxima al tablero de despliegue sin necesidad de cableado entre estos dispositivos, el control inalámbrico también posee la cualidad de operar en la oscuridad y por periodos de tiempo prolongados.

Puede concluirse que el desarrollo del mando inalámbrico del tablero de despliegue de tenis vino a satisfacer de buena forma las necesidades expuestas por los solicitantes.

Un objetivo no menos importante que el anterior fue mejorar la visión a la luz del día de los exhibidores del tablero de despliegue, fue implementado un diseño del departamento de tecnología del deporte que permite mantener encendidos los exhibidores continuamente (no por refresco) y así intensificar la luz emitida por los diodos led que componen los exhibidores. Dado lo anterior, la visión a la luz del día mejoró de tal forma que el tablero de despliegue puede ser utilizado a cualquier horario a diferencia del tablero anterior que solo se utilizaba al anochecer, cuanta menos luz incidente se tenga en el tablero mayor es el ángulo (respecto al frente del tablero) al cual puede verse la información del mismo.

Respecto a la factibilidad de este proyecto, es necesario considerar que al desarrollar un prototipo existen pérdidas tanto de materia prima como de tiempo en pruebas y corrección de fallas. Realizando estas consideraciones puede afirmarse que el precio del sistema completo que comprende mando inalámbrico y sistema de despliegue, incluyendo gabinete, representa una inversión de aproximadamente el 50% del valor de dicho tablero en el mercado, incluyendo el costo de la mano de obra.

Surgirán nuevas necesidades tanto en el departamento de deportes del Instituto Tecnológico de Sonora como en otras áreas y los conocimientos de electrónica deben ser una herramienta para alcanzar aquellos objetivos y dar soluciones a los nuevos problemas presentados.

Recomendaciones

Para desarrollo de proyectos futuros en donde sea involucrada transmisión por medios inalámbricos es recomendable utilizar transmisión serial duplex, ya sea con frecuencias de transmisión diferentes en donde puede recurrirse a transmisión serial full duplex o con una misma frecuencia utilizando transmisión serial half duplex, de cualquier manera las dos anteriores pueden dar buenos resultados en transmisión inalámbrica. La razón de recomendar esta forma de operación es que se evitarían errores de transmisión al poder confirmar que al receptor le ha llegado la información correcta al obtener un acuse de recibo en el transmisor o mando inalámbrico a través de la segunda línea de transmisión inalámbrica. De igual forma, se reducen los tiempos de transmisión ya que no se tendría que redundar para transmitir la misma información. Teniéndose que el punto a evaluar es el nuevo consumo de energía de los módulos transmisor y receptor en el dispositivo portátil ya que será mayor, sin embargo, se puede controlar la energía de los módulos transmisor y receptor del mando inalámbrico deshabilitándolos al estar fuera de uso, tal como se realiza el control del módulo transmisor en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angulo Usategui José Ma., Angulo Martínez Ignacio, (2003), Microcontroladores PIC, diseño práctico de aplicaciones, McGraw Hill e Interamericana de España, S.A.U., España.
2. Bracamontes S. Oscar Ariel, (2006), Tesis: Diseño e implementación de un tablero digital para tenis con un microcontrolador PIC16F628, Instituto Tecnológico de Sonora, México.
3. Clark Dennis, (2003), Programming and costumizing the 00PIC microcontroler, McGraw Hill, Estados Unidos de América.
4. Couch II, Leon W. (1998), Sistemas de comunicación digitales y analógicos, Prentice Hall, México.

5. D.W. Smith, (2002), PIC in Practice, Newnes, Burlington Malta.

6. Díaz José María, (1982), Tenis: Cómo aprenderlo, cómo jugarlo, Lidiun, Argentina.

7. Maldonado Enrique, Álvarez Luís Jacobo, Valdés Ma. Dolores, (2002), Dispositivos lógicos programables, Paraninfo, S.A., España.

ANEXO

Imágenes de diagnóstico

Diagrama esquemático anterior tablero de despliegue

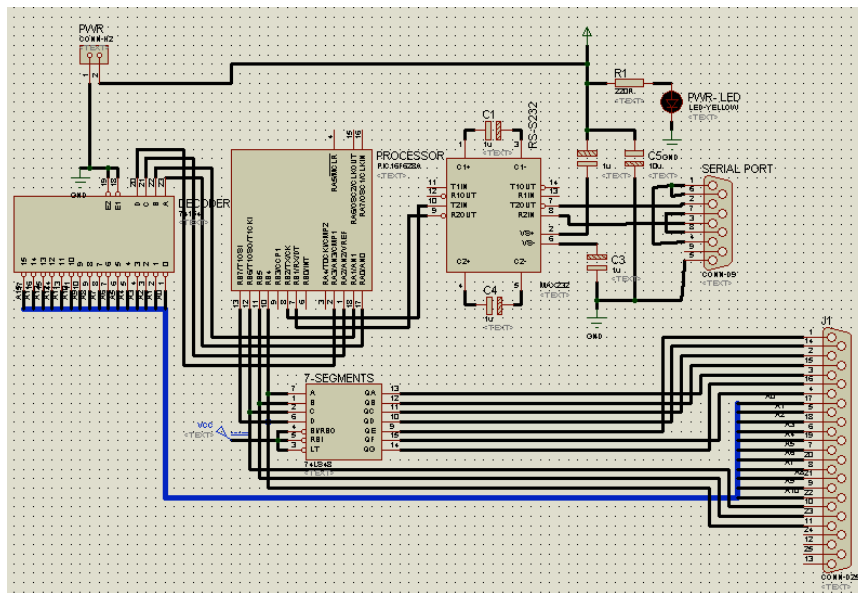


Figura AN.1. Diagrama del anterior tablero de tenis, recepción de datos decodificación.
[Bracamontes, 2006]

Identificación de partes

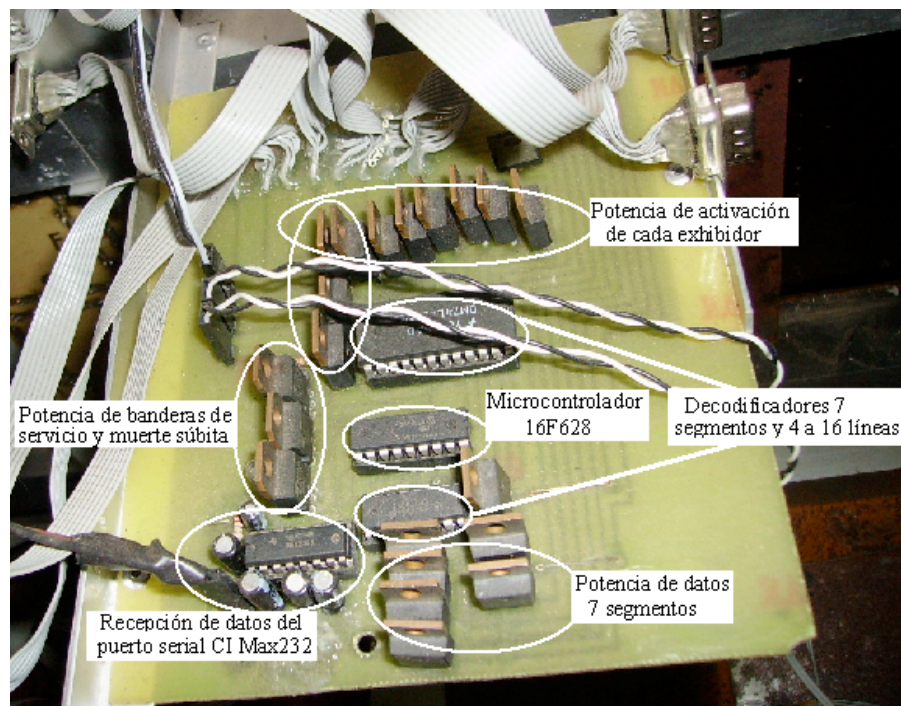


Figura AN.2. Identificación de partes del anterior tablero de despliegue.

Exhibidores siete segmentos

En la figura AN.3 se puede observar que cada uno de los segmentos está formado por 14 diodos led's, contamos con dos placas de exhibidores dobles como ésta, utilizada para los puntos y 6 placas simples para las etapas.

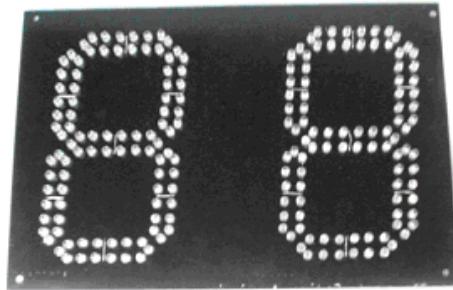


Figura AN.3. Exhibidor siete segmentos formados por diodos led's ultra brillantes color rojo.
[Bracamontes, 2006].

Placa de circuito impreso del anterior tablero de despliegue

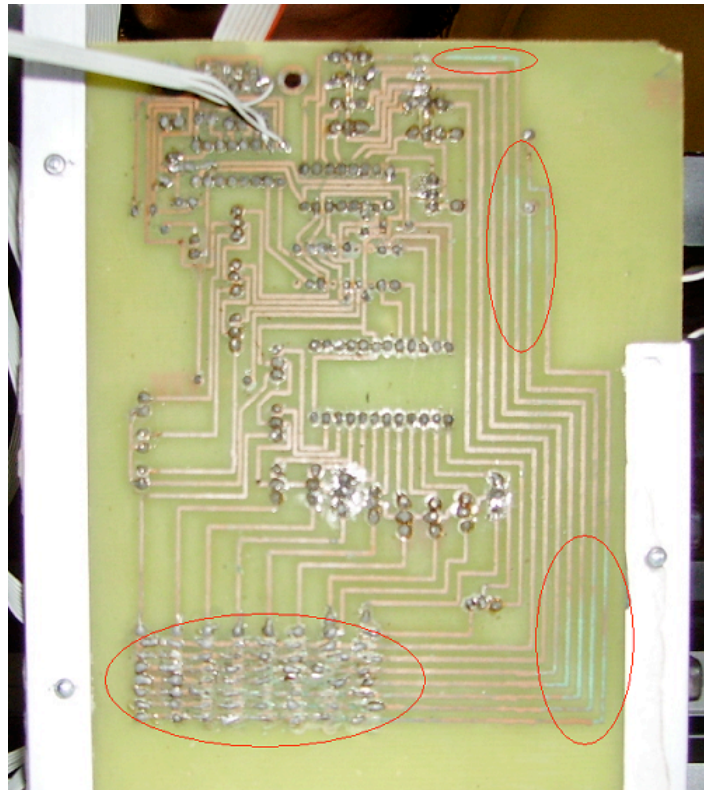


Figura AN.4. Condiciones en las que se encuentra la placa de circuito impreso del anterior tablero de despliegue (las líneas muestran oxidación y adelgazamiento a causa del agua).

Presentación visual del software de control de tablero



Figura AN.5. Imagen del ambiente visual del software para controlar el tablero por computadora.
[Bracamontes, 2006].

Dimensiones del tablero

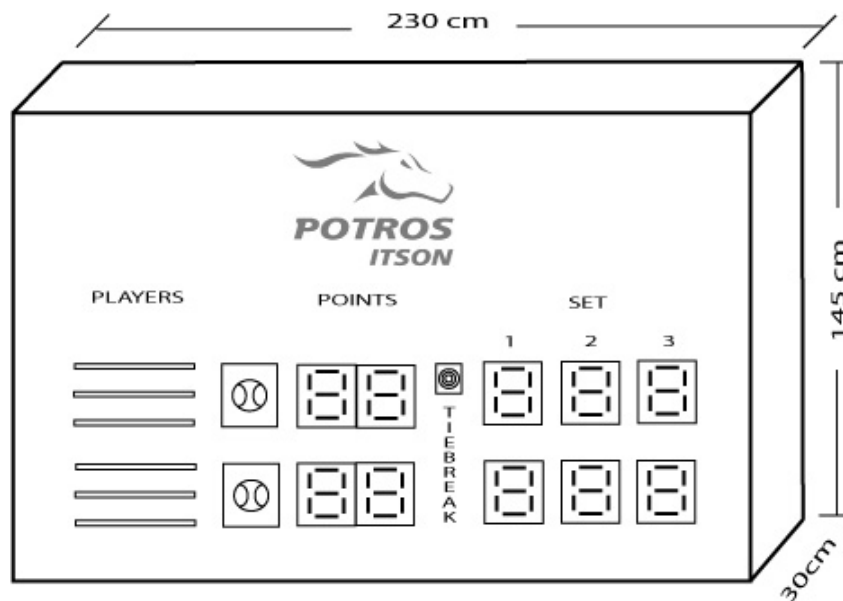


Figura AN.6. Estructura física y dimensiones del tablero de despliegue. [Bracamontes, 2006].

APÉNDICES

En los siguientes apéndices se hace referencia a la selección de componentes y materiales utilizados.

Apéndice A: Selección de componentes

La selección de componentes, apartado necesario para verificar detalles de los elementos utilizados en los circuitos electrónicos de este proyecto.

- Interruptores para mando inalámbrico

Teclas necesarias para efectuar los cambios en el mando inalámbrico serán seis: cursor a la izquierda, cursor a la derecha, incremento, decremento, y dos pulsadores más para mejor organización de funciones.

El hardware adicional para poder utilizar el teclado matricial con seguridad (sin corto circuito) serán 2 diodos rectificadores y tres resistores. El número de pines de microcontrolador necesarios para operar este tipo de teclado matricial son 5.

Consideraciones	Micro-interruptor pulsador 4 terminales	Micro-interruptor pulsador 4 terminales vástago extendido	Micro-interruptor pulsador 2 terminales
Modelo	AU-101	AU-101L	AU-102R
Tamaño	5x5x3.5 mm.	5x5x8 mm.	r = 5mm h = 20 mm.
Corriente max.	50 mA	50 mA	1 A
Imagen			

Tabla A.1. Comparación entre distintos tipos de interruptores pulsadores.

Seleccionado el interruptor pulsador de vástago extendido al analizar el tipo de caja que se utilizará para contener el prototipo. Este interruptor posee la

altura necesaria y provocara una apariencia más estética en comparación a los otros dos interruptores.

- Diodos para teclado matricial

Los diodos mencionados en este apartado tienen la finalidad de aislar eléctricamente las columnas del circuito del teclado matricial de 2x3, a fin de evitar cortos circuitos al presionar varias teclas del mando inalámbrico.

Este diodo trabajará a una frecuencia relativamente baja (frecuencia de chequeo de teclado 100 Hz). Tomando en cuenta la aplicación, se toma la decisión de utilizar el diodo rectificador 1N4001 por el precio y facilidad de adquisición.

- Resistores de teclado matricial

Los resistores de interruptores estarán presentes en el circuito del teclado para proporcionar una señal de 0 V (cero lógico) a la entrada del microcontrolador cuando ninguna tecla esté presionada, dichos resistores serán calculados tomando en cuenta ciertos criterios que se mencionan a continuación:

- No sobrepasar la corriente máxima soportada por el interruptor pulsador seleccionado, $I_{max}(\text{interruptor}) = 50 \text{ mA}$.
- Considerar la energía que será demandada a la fuente de poder al cerrar el circuito.
- Considerar que el microcontrolador cuenta con entradas tipo FET y por lo tanto presenta una alta impedancia de entrada.

Proponer que por el circuito pase una corriente de 1 mA al pulsar el interruptor.

Se tiene que:

$$I = 1mA$$

Vdd = Voltaje de la fuente de alimentación

Suponer, uso de 4 pilas recargables de 1.2 V, se obtiene una batería con un voltaje total de 4.8 V (4 x 1.2 V) por su conexión en serie.

$$V = Vdd - Vdiodo = 4.8V - 0.7V = 4.1V$$

$$R = ?$$

Por ley de Ohm se tiene que:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{despejando la resistencia} \quad R = \frac{V}{I} = \frac{4.1V}{1mA} = 4.1k\Omega$$

Valor comercial próximo a resistor calculado es de 3.9 kΩ

Y la corriente que circularía a través de ella es:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4.1V}{3.9k\Omega} = 1.05mA$$

- Resistor de led de iluminación en LCD

El resistor de led iluminación es aquel que limitará la corriente al diodo led de la pantalla de cristal líquido (backlight), para que éste reciba la energía necesaria sin sobrepasar sus límites de operación.

Condiciones:

- Máxima corriente que puede proporcionar un pin del microcontrolador PIC16F628 es de 25 mA.
- Corriente demandada por el led de pantalla LCD 12 mA a 2.2 V.

Cálculos:

V_{dd} = Voltaje de la fuente de alimentación

V_r = Voltaje en el resistor a calcular

V_{led} = voltaje de operación del diodo led

Si se utilizan 4 pilas recargables de 1.2 V, se obtiene una batería con un voltaje total de 4.8 V (4 x 1.2 V).

$$V_r = V_{dd} - V_{led} = 4.8V - 2.2V = 2.6V$$

$$R = ?$$

Por ley de Ohm se tiene que:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{despejando la resistencia} \quad R = \frac{V}{I} = \frac{2.6V}{12mA} = 216.16\Omega$$

Valor comercial próximo a resistor calculado es de 220 Ω

Y la corriente que circularía a través de ella es:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.6V}{220\Omega} = 11.8mA$$

- Control de energía de transmisor de mando inalámbrico

El módulo transmisor por radio frecuencia seleccionado en el punto 3.3.1 es necesario energizarlo al momento de transmitir y desenergizarlo al concluir la transmisión, esto es para obtener un mayor rendimiento de la fuente de alimentación y para incrementar el tiempo de vida útil del mismo transmisor. Dado lo anterior se presenta la necesidad de implementar un interruptor analógico.

Uno de las condiciones que deberán ser cumplidas es: utilizar transistores FET, el motivo, presentan baja impedancia entre dren y fuente y alta impedancia en compuerta al momento de estar activos como interruptor, característica que en los transistores bipolares no es tan favorable.

El transistor que fue seleccionado al cumplir con las condiciones necesarias para tener un buen desempeño en esta aplicación, fue el transistor IRF840 que posee las siguientes características:

Consideraciones	IRF840
Tipo	Mosfet de enriquecimiento canal N
Corriente máxima	8 A constante, 32 A pulsado
Impedancia entre dren y fuente(encendido)	0.85 Ω con $I_D = 8$ A
Impedancia entre compuerta y fuente	1 M Ω
Encapsulado	TO-220AB

Tabla A.2. Presentación de datos técnicos de transistores a utilizar en el control de energía del transmisor.

- Pilas para energía en mando inalámbrico

Las pilas a utilizar son 4 pilas recargables de 1.2 V. de tipo AA de 2100 mAH por el espacio que éstas necesitan, el voltaje y cantidad de corriente que pueden suministrar en conjunto. Para pruebas de alcance de la transmisión y duración en encendido, se necesita la mayor cantidad de energía disponible para

no estar limitados. En un futuro es posible utilizar pilas AAA para hacer más liviano el dispositivo.

- Caja para prototipo

Fueron consideradas las dimensiones y formas de los componentes anteriormente seleccionados para el control inalámbrico y después se hizo la selección de la(s) caja(s) necesaria(s) para contener todos los componentes electrónicos y las pilas de alimentación.

Consideraciones	Caja 1	Caja 2	Caja 3
Modelo	GP-01	GP-02	GP-03
Tamaño	112X57X22 mm.	150X99X60 mm.	129X64X45 mm.
# de unidades	2	2	1
Imagen			

Tabla A.3. Comparación de cajas para prototipo a contener el sistema de control remoto.

La caja seleccionada fue la caja 1, ya que cumple con los requerimientos y se adapta mejor a las necesidades.

- Registros de retención de datos en los exhibidores 7 segmentos

El registro seleccionado fue el flip flop octal tipo D (CI 74374), por su forma de activación, la ventaja de activar por flanco es, que el tiempo que es posible actualizar la salida con los nuevos datos de la entrada es instantáneo y por consecuencia, es menor el tiempo en el cual podrían inducirse señales no deseadas, en comparación a un registro activado por nivel.

- Transistores para parte de potencia del tablero de despliegue

Los transistores a utilizar son TIP31C, esta medida fue tomada debido a que estos componentes cumplen con las características necesarias para desenvolverse en la función anteriormente descrita. Dentro de estas características se encuentran: bajo precio, capacidad de corriente necesaria y los pines están acordes a los diseños de las placas de potencia proporcionadas por el departamento de Tecnología del Deporte.

- Resistores de exhibidores 7 segmentos

Condiciones:

- Tenemos 14 diodos led por cada uno de los segmentos, estos led's fueron conectados eléctricamente en paralelo.
- Cada diodo led demanda 20 mA de corriente a 2.1 V.
- El voltaje de operación del sistema de recepción, la parte de potencia y retención de datos es 5 V.

El diseño de las placas de despliegue es similar a un exhibidor siete segmentos cátodo común, las placas de potencia proporcionadas por el departamento tienen la configuración para operar con exhibidores que poseen esta conexión. Por lo anterior, es necesario utilizar la configuración de emisor seguidor con el transistor que controlará cada segmento. Se debe mencionar que la mejor configuración para estas aplicaciones es trabajar el transistor como interruptor (corte y saturación), de esta forma un segmento encendido siempre tendría el mismo suministro de energía que otro segmento energizado, sin afectarle la diferencia del factor de amplificación (h_{fe}), tampoco le afectaría la cantidad de energía en la base del transistor porque siempre tendría una señal que lo enviaría a corte o saturación.

A continuación se presenta la figura A.1 con el ejemplo de circuito de polarización de cada segmento. D1 o el diodo representa el segmento formado por 14 diodos

led, en la base del transistor es donde será conectada la salida de los registros de retención de datos.

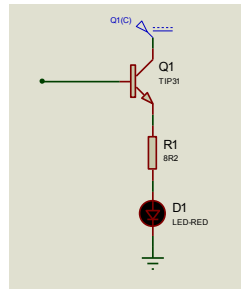


Figura. A.1 Circuito de polarización de segmento de exhibidor.

Cálculos:

Tenemos que:

#Led's = 14 unidades

$I_{led} = 20 \text{ mA}$

$V_{led} = 2.1 \text{ V}$

$V_{op} = 5 \text{ V}$

Corriente demandada por el segmento (I_s)

$$I_s = (\#Leds)(I_{led}) = (14)(20mA) = 280mA$$

Tratándose de la configuración emisor seguidor y suponiendo un funcionamiento correcto de la señal del registro que entrará a la base del transistor sea igual a 5 V, el voltaje en el emisor del transistor respecto a la señal de tierra deberá ser:

$$V_{emisor} = V_{cc} - V_{be} = 5V - 0.7V = 4.3V$$

Donde V_{cc} es el voltaje de operación = 5 V
y V_{be} el voltaje entre la base y el emisor.

Calcular la caída de tensión en el resistor a calcular:

$$V_{resistor} = V_{cc} - V_{be} - V_{led} = 5V - 0.7V - 2.1V = 2.2V$$

Se tiene el voltaje que debe caer en el resistor y la corriente que debe pasar a través de éste, entonces por ley de Ohm calculamos la resistencia:

$$R = \frac{V_{resistor}}{I_s} = \frac{2.2V}{280mA} = 7.8\Omega$$

el valor comercial próximo es 8.2 Ω

- Interruptor selector modo de recepción

El interruptor seleccionado es un interruptor de 2 polos 4 tiros para usar una parte de él seleccionando la línea de entrada de datos del microcontrolador (puerto serie de computadora o pin de recepción de transmisores RF) y la otra parte suministrando un uno o cero lógico a uno de los pines del PIC, este pin capturará el estado del interruptor y por lo tanto el modo de recepción.

Apéndice B: Listado de materiales

Mando inalámbrico

Concepto	Cantidad
Resistor 220 Ω	1
Resistor 3.9 k Ω	3
Diodo 1N4001	2
Interruptor 1P1T	1
Transistor IRF840	1
Pantalla LCD 16x2	1
PIC16F628A	1
Transmisor RF	1
Switch pulsador vástago extendido	6
Base p/CI 18 p Dip	1
Placa p/Circ. Imp. 10x20 cm.	1
Paquete c/4 pilas 2100 mAH	1
Cargador 200	1
Porta pilas 1 pila	1
Porta pilas 3 pilas	1
Conector p/porta pilas	2
Caja p/prototipo GP - 01	2
Hojas de transferencia térmica p/c impreso	1
Cloruro férrico 220 ml.	1

Sistema de recepción y control del tablero

Concepto	Cantidad
Receptor RF 433 MHz	1
Capacitor 1 μ f	4
Capacitor 15 pf.	2
Cristal 20 MHz	1
Puente de pines (Jumper)	1
Conector DB-9 hembra	1
PIC16F877 20I/P	1
Extensión DB-9 1.8 m.	1
Base p/CI 40 p Dip	1
Base p/CI 16 p Dip	1
Placa p/Circ. Imp. 10x30 cm.	1
Tira pines 36 sencilla	1
Tira pines 36 doble	3

CI MAX232	1
Cable plano 34 vías(m)	3
Conector hembra p/cable plano 8 vías	6
Conector hembra p/cable plano 12 vías	3
Conector hembra p/ pines 3 en línea	2
Conector hembra p/ 2 pines	1
Alambre eléctrico calibre 14 (m)	2
Cable eléctrico calibre 12 (m)	3
Tornillos 3/16 x 1"	6
Tuercas 3/16	18
Hojas de transferencia térmica p/c impreso	1
Cloruro férrico 220 ml.	1

Retención de datos en los exhibidores

Concepto	Cantidad
CI 74374	11
CI 74244	2
Resistores 8.2 Ω a 1 W	77
Base p/CI 20 p Dip	13
Tira pines 36 doble	9
Transistores TIP31C	77
Placa p/Circ. Imp. 20x30 cm.	2
Placa p/Circ. Imp. 10x10 cm.	1
Alambre eléctrico calibre 14 (m)	2
Cable eléctrico calibre 12 (m)	3
Tornillos 3/16 x 3"	1
Tornillos 3/16 x 2.5"	5
Tuercas 3/16	30
Hojas de transferencia térmica p/c impreso	2
Cloruro férrico 930 ml.	1