



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de pizarra electrónica para béisbol.

Autor: Danilo Concepción Sánchez

Tutor: Dr. Carlos Alberto Bazán Prieto

Santa Clara

2016

"Año del 58 aniversario del triunfo de la Revolución"



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de pizarra electrónica para béisbol.

Autor: Danilo Concepción Sánchez

E-mail: dconcepcion@uclv.cu

Tutor: Dr. Carlos Alberto Bazán Prieto

Profesor, Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones.

Facultad de Ing. Eléctrica, UCLV.

E-mail: cabazan@uclv.edu.cu

Santa Clara

2016

"Año del 58 aniversario del triunfo de la Revolución"



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

Firma del Autor

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

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*“Los que no puedan mantener el
ritmo de la revolución tecnológica, se
encontrarán con que ellos mismos se han vuelto
obsoletos.”*

Katherine Neville

DEDICATORIA

*A mi madre Lisett y mi tía Miriam, que lo han
sacrificado todo por mí.*

*A toda mi familia que de una forma u otra, siempre
me han apoyado.*

AGRADECIMIENTOS

*Especialmente a mi madre, y mi tía por haberme brindado todo su apoyo
y dedicación.*

*A mi tutor Bazán, por toda su ayuda incondicional y su
dedicación. Sin sus consejos y buenas exigencias esto no hubiera
sido posible.*

*A mis mejores amigos, con los que compartí buenos y malos momentos.
A todos aquellos los que colaboraron de alguna forma en el desarrollo de
esta investigación.*

A todos de verdad, GRACIAS.

TAREA TÉCNICA

El estudio acerca de la tecnología actual, en cuanto a las pizarras electrónicas utilizadas en el béisbol y la situación de Cuba.

La realización de una búsqueda bibliográfica sobre los subsistemas de comunicaciones entre equipos electrónicos para eventos deportivos.

La evaluación de la efectividad de la propuesta de mejora en la arquitectura de comunicaciones para pizarras electrónicas.

El diseño de una aplicación de software y su implementación real en la pizarra de béisbol.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

En el desarrollo de los eventos deportivos resulta crucial la utilización de equipos electrónicos como medios de control y visualización de la información. En este trabajo se exponen los requerimientos de los equipos electrónicos de las pizarras de béisbol. Se realizó una compilación bibliográfica de las principales características de los módulos de las pizarras de béisbol del fabricante vietnamita Phuthanh, implementadas en Cuba. Se identificaron las principales arquitecturas establecidas en los sistemas de visualización y control, y la necesidad de un sistema de comunicaciones entre estas. Se desarrollaron herramientas para pruebas de los diferentes módulos por separado, y un nuevo software basado en un protocolo actual que resuelve varios inconvenientes de la versión anterior. Se implementó el protocolo de comunicaciones ModBus en modo ASCII, con la interfaz de comunicaciones RS485, para comunicar los diferentes módulos de la arquitectura propuesta. Se verificó y se puso en funcionamiento este sistema de comunicaciones.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TAREA TÉCNICA	iv
RESUMEN.....	v
TABLA DE CONTENIDOS.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
Organización del Informe.....	3
CAPÍTULO 1. DOCUMENTACIÓN DE LAS PIZARRAS ELECTRÓNICAS UTILIZADAS EN EVENTOS DEPORTIVOS.	5
1.1 Características generales del béisbol	5
1.1.1 Visualización de la información.....	7
1.2 Principales fabricantes de pizarras	7
1.3 Tipos de arquitecturas utilizadas en los sistemas de visualización y control	10
1.4 Redes de comunicaciones entre módulos	13
1.4.1 Interfaz de comunicación	14
1.5 Características generales de los softwares de simulación utilizados	16
1.5.1 Proteus®.....	16
1.5.2 LabView®.....	18
1.6 Conclusiones parciales	18
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PIZARRA DE BÉISBOL EXISTENTE.....	19
2.1 Características generales de los visualizadores.....	19
2.1.1 Visualizadores de siete segmentos	19
2.1.2 Matriz de LED.....	21
2.1.3 Características visibles	21
2.1.4 Actualidad de los visualizadores	22
2.2 Arquitectura existente.....	22
2.2.1 Módulos.....	23

2.2.2	Protocolo de comunicación entre el software y el HUB	24
2.2.3	Análisis del HUB	29
2.3	Crítica a la arquitectura actual	31
2.4	Conclusiones parciales	31
CAPÍTULO 3. HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS MÓDULOS DE LA PIZARRA. PROPUESTA DE UNA NUEVA ARQUITECTURA.		32
3.1	Software de prueba de módulos independientes.....	32
3.1.1	Características de la herramienta de prueba	34
3.1.2	Verificación del protocolo.....	34
3.2	Software de control de la pizarra utilizando el protocolo existente	36
3.2.1	Funcionamiento del Programa	37
3.3	Propuesta de nueva arquitectura	38
3.3.1	El protocolo ModBus	38
3.3.2	Tramas ModBus.	40
3.3.3	Cambio de Hardware.....	41
3.3.4	Software de control de la pizarra utilizando el protocolo ModBus.....	42
3.3.5	Conclusiones parciales	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
Conclusiones.....		45
Recomendaciones		46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		47
Anexos.....		49
Anexo I Distribución del cableado del HUB.....		49
Anexo II Estructura interna del HUB		50
Anexo III Tabla de caracteres ASCII		50
Anexo IV Imagen de un módulo tipo A y su placa de control		59
Anexo V Imagen de un módulo tipo B y su placa de control.....		59
Anexo VI Imagen de un módulo tipo C y su placa de control		60
Anexo VII Imagen de un módulo tipo HE y su placa de control		60

Anexo VIII Plano electrónico de la placa de control de los módulos tipo A, C, D, HE	61
Anexo IX Distribución de la matriz de LED en un módulo tipo B	62
Anexo X Plano electrónico de la placa de control de los módulos tipo B	63
Anexo XI Imagen de la prueba realizada con varios módulos conectados en paralelo.....	63

INTRODUCCIÓN

La creación del deporte se remonta muchos años atrás, hasta los pueblos más antiguos los cuales han dejado vestigios de la práctica de actividades deportivas, incluso se pueden calificar como “proezas deportivas” actos que el hombre ha realizado desde la prehistoria: correr para escapar de los animales, saltar para franquear los obstáculos naturales, atravesar a nado los cursos de agua, lanzar armas como jabalinas o luchar cuerpo a cuerpo con sus enemigos. Las civilizaciones precolombinas practicaban cierto juego con una pelota: el tlachtli, los egipcios eran apasionados del tiro con arco y de las justas náuticas; 500 años antes de que tuvieran lugar los primeros Juegos Olímpicos, los griegos ya medían sus fuerzas en carreras de carros y en combates. Los primeros Juegos olímpicos de la antigüedad, así llamados por disputarse en Olimpia, se celebraron hacia el año 776 a.c. Duraban seis días, consistían en combates y carreras hípicas y atléticas (Zimbalist, 2006).

A medida que se iba avanzando en el tiempo se hacía notable la necesidad de crear escenarios en los cuales el deporte tuviera su desarrollo, de esta manera fueron surgiendo los llamados coliseos y estadios. Hoy en día en los coliseos y polideportivos se practica baloncesto, voleibol, tenis de mesa, fútbol sala, entre otros (Nieto, 2007). Cada una de estas disciplinas cuenta con una serie de reglas, a partir de allí nace la necesidad de que no solo los jugadores y el cuerpo arbitral, estén atentos al marcador, del tiempo, de las faltas, sino que también los espectadores, puedan seguir el desarrollo del juego de una manera más clara. Acá es donde se mezcla el deporte, la comodidad y la tecnología.

Los tableros electrónicos hoy en día son muy utilizados en todo el mundo. Existen compañías dedicadas única y exclusivamente al diseño y fabricación de los mismos, ya que estos son indispensables en cualquier certamen deportivo. Antiguamente, los tableros eran carteleras que se cambiaban manualmente, pero gracias a los avances tecnológicos ahora solo se necesita de un simple teclado o un computador (Henao, 2012). El mercado de los tableros electrónicos cuenta con un alto nivel de oferta y demanda. En cuanto a la demanda se tienen varios coliseos,

polideportivos y estadios en los cuales una de las partes más importantes de la construcción es el tablero electrónico, por ende, también tienen una venta muy rápida para los que comercializan con ellos.

Como resultados del proyecto de colaboración entre la Empresa Productora y Comercializadora de Artículos Deportivos (EPCAD) y la Universidad Central de Las Villas (UCLV), se han realizado investigaciones que proponen el diseño de nuevas arquitecturas electrónicas para pizarras deportivas, así como la implementación de nuevos protocolos de comunicación más sencillos, robustos y flexibles.

En ese sentido se ha creado un grupo de trabajo, con el objetivo de desarrollar equipos electrónicos basados en microcontroladores, que resuelvan las deficiencias existentes en los actuales equipos, ofrezcan mejores prestaciones y posean una aplicación práctica inmediata. Este proyecto utiliza para su implementación sistemas con microcontroladores, protocolos de comunicaciones y visualizadores LED (*Light Emitting Diode*, por sus siglas en inglés). La EPCAD dispone de los componentes para el ensamblaje de los equipos electrónicos, mientras que el departamento de Telecomunicaciones y Electrónica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UCLV, dispone de los conocimientos necesarios en el área de trabajo con microcontroladores y sus aplicaciones para la transmisión, almacenamiento y procesamiento de la información. Se dispone de las herramientas de software y de los componentes electrónicos a emplear en el diseño aplicaciones con microcontroladores. Con la ejecución del proyecto se dan soluciones a la creación de equipos electrónicos destinados al deporte, para su posible producción por la EPCAD y aplicación en el país, de acuerdo a la política de lineamientos en cuanto a la mejora del deporte en Cuba (PCC, 2011).

Con esta investigación se pretende cumplir los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Proponer una pizarra electrónica para béisbol a partir de la tecnología disponible.

Objetivos Específicos:

- Analizar críticamente los equipos electrónicos de las pizarras existentes.

- Desarrollar pruebas para la evaluación de los módulos de las pizarras existentes.
- Implementar aplicaciones para el control y prueba de estos módulos
- Proponer una nueva arquitectura para la pizarra de béisbol.
- Desarrollar aplicaciones para la evaluación de la arquitectura propuesta y para el funcionamiento general de la pizarra.
- Poner en funcionamiento la pizarra de béisbol actual.

Para darle cumplimiento a los objetivos presentados se plantearon las siguientes interrogantes científicas:

- ¿Cuál es la situación actual de las pizarras electrónicas utilizadas en el béisbol?
- ¿Cuáles son los requerimientos de comunicaciones en los equipos electrónicos empleados para los eventos deportivos?
- ¿Cómo desarrollar una aplicación que sirva de herramienta para la prueba de los módulos?
- ¿Qué arquitectura utilizar entre todos los subsistemas del equipo respetando la estructura actual?

Los resultados de la investigación poseen una aplicación práctica y teórica de gran trascendencia para todos los especialistas, investigadores y diseñadores de Empresa Productora y Comercializadora de Artículos Deportivos (EPCAD). Además, pueden ser implementados inmediatamente en todos los estadios de béisbol del país.

Organización del Informe

La investigación incluye tres capítulos, además de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. Los temas que se abordan en cada capítulo se encuentran estructurados de la siguiente forma:

CAPITULO I: Documentación de las pizarras electrónicas de béisbol utilizadas en Cuba.

CAPITULO II: Análisis crítico de la pizarra de béisbol existente.

CAPITULO III: Herramientas para la evaluación de los módulos de la pizarra. Propuesta de una nueva arquitectura.

Conclusiones: Conclusiones a las que se arriben.

Recomendaciones: Recomendaciones para trabajos futuros.

Referencia Bibliográfica: Organización de la bibliografía consultada.

Anexos: Contenido adicional para comprender detalladamente los procedimientos y resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1. DOCUMENTACIÓN DE LAS PIZARRAS ELECTRÓNICAS UTILIZADAS EN EVENTOS DEPORTIVOS.

En este capítulo se realiza una búsqueda bibliográfica acerca del estado del arte de las pizarras de béisbol en el mundo, las diferentes arquitecturas utilizadas en los equipos electrónicos utilizados para controlar y mostrar la información en diferentes eventos deportivos. Se definen las arquitecturas generales que se usan actualmente en dichos equipos. Se describen los sistemas de comunicaciones empleados en los mismos.

1.1 Características generales del béisbol

El béisbol (del inglés: *baseball*), también llamado béisbol o pelota base, es un deporte de equipo jugado entre dos conjuntos de nueve jugadores cada uno. Se juega en un extenso campo cubierto completamente por césped natural o artificial, con excepción de la zona llamada línea del corredor, donde los jugadores de la ofensiva corren para alcanzar las bases (ubicadas en los vértices del área cuadrangular llamada diamante y anotar, así como el área del lanzador donde el terreno es una loma de tierra (Sófbol, 2015).

El objetivo del juego es golpear una pelota con un bate, desplazándola a través del campo y correr por el campo interno de tierra (*infield*) buscando alcanzar la mayor cantidad de bases posibles hasta dar la vuelta a la base desde donde se bateó (*home*) y lograr anotar el tanto conocido como carrera. El equipo que anote más carreras al cabo de los nueve (9) episodios, llamados entradas (*innings*) que dura el encuentro, es el que resulta ganador. Si al término de los nueve *innings* regulares persiste un marcador igualado en carreras, el encuentro se extiende cuanto sea necesario para que haya un ganador, según las reglas básicas del juego no existe el empate, permitido solo en ligas amateurs e infantiles para limitar el desgaste de los jugadores

(Sófbol, 2015).

El cuadro (*infield*) será un cuadrado de 90 pies (27,43 m) de lado. Los exteriores (*outfield*) serán el área entre las dos líneas de *foul* formadas por la extensión de los dos lados del cuadrado según la figura 1.1. La distancia mínima desde el home a la valla más próxima, grada u otro impedimento en terreno bueno será de 250 pies (76.20 m). La distancia mínima recomendable será de 320 pies (97.54 m) en las líneas de *foul* y 400 pies (121.92 m) en el exterior central (*centerfield*). El cuadro estará nivelado de tal modo que las bases y el home estén al mismo nivel. La goma de lanzar estará a 10 pulgadas (25,4 cm) sobre el nivel del home. El grado de declive desde un punto de 6 pulgadas (15,24 cm) enfrente de la goma de lanzar hasta un punto de 6 pies (1,83 m) hacia el home, será de una pulgada (2,54 cm) por pie (30,48 cm), y tal grado de declive será uniforme. El cuadro (*infield*) y los exteriores (*outfield*), incluyendo las líneas limítrofes, son terreno bueno y cualquier otra zona es terreno *foul*, como se representa en la figura 1.1 (Sófbol, 2015).

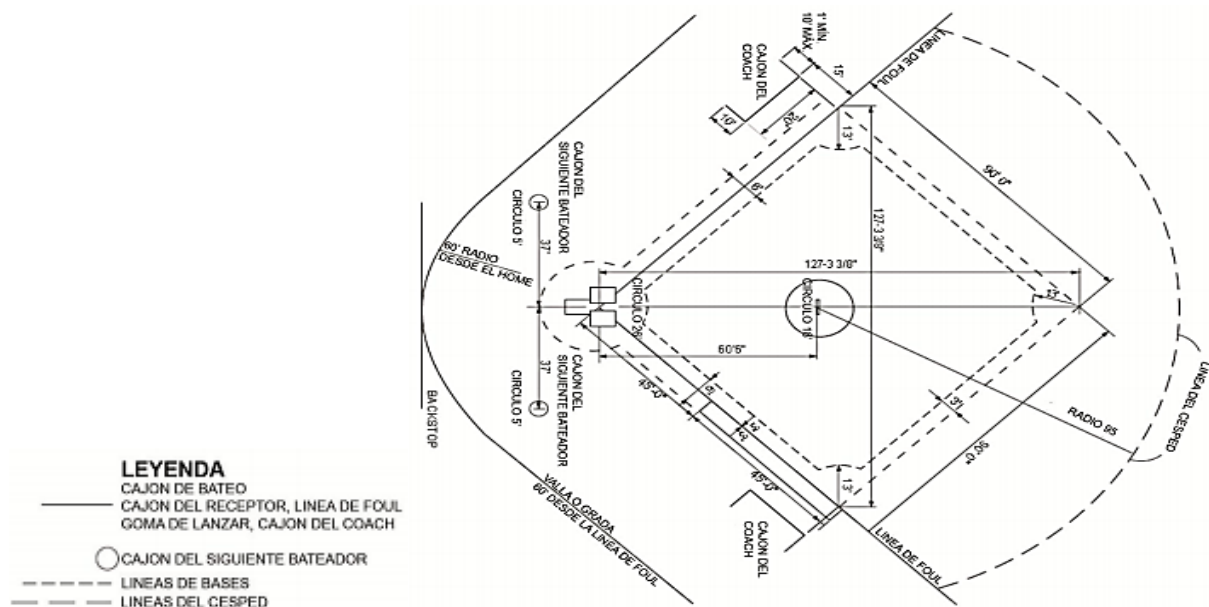


Figura1.1. Terreno de Béisbol (Softbol, 2015).

El béisbol en Cuba fue introducido hacia 1860 por cubanos que estudiaban en los Estados Unidos, así como marineros americanos que hacían escala en los puertos de Cuba. Desde entonces el béisbol se extendió rápidamente por toda la isla. Se dice que el primer cubano que trajo un bate a su patria fue Nemisio Guillo en el año 1864. Guillo aprendió a jugar en Mobile, Alabama, y después de él dos cubanos más fueron enviados a Mobile, incluido su hermano,

Ernesto Guillo. Una vez que regresaron a Cuba, estos pioneros cubanos del deporte fundaron el Club de Béisbol de La Habana (*Habana Base Ball Club*), el primer equipo de béisbol del que se tenga conocimiento, no solo en Cuba, sino en toda América Latina (INDER, 2003).

1.1.1 Visualización de la información

Para el desarrollo de las diferentes actividades deportivas se hace necesario la utilización de un sistema capaz de controlar y mostrar la información durante el transcurso de la actividad: tiempo, marcador, equipos, etc. La mayoría de las reglamentaciones arbitrales de las federaciones deportivas exigen determinados parámetros para la realización de los eventos oficiales internacionales y nacionales, ya que contribuyen al espectáculo deportivo y a facilitar el trabajo de los árbitros.

El tablero electrónico deportivo es un visualizador que como su nombre lo indica, transmite todo lo que está sucediendo durante un encuentro deportivo, según la necesidad de los eventos que este escenario maneje, el indicador varía su función. El control de los relojes y las pizarras manuales o electrónicas (*scoreboards*) deben ser accesibles a aquellas personas responsables de la precisión del juego; deben seguir los estándares asignados, visualizando solo la información actual del estado del juego, como se presenta en la figura 1.2.



Figura1.2. Pizarra electrónica (Phuthanh, 2015).

1.2 Principales fabricantes de pizarras

Dentro de las compañías más importantes dedicadas al diseño y fabricación de los tableros electrónicos se encuentran:

- **Aditeck México**

Es una empresa mexicana dedicada al diseño, fabricación y comercialización de pantallas electrónicas de LED, utilizadas en diversas aplicaciones como: promoción y publicidad, comunicación corporativa, señalización, seguridad e información industrial, entretenimiento y muchas más. Dentro de la amplia gama de productos que ofrece la empresa se encuentra la fabricación de tableros deportivos para todo tipo de deportes. Es una empresa que ha incursionado en este mercado hace más de 20 años. A continuación, se muestra en la figura 1.3 una imagen de uno de sus productos, en este caso un tablero deportivo para baloncesto y voleibol (Aditeck, 2006).



Figura 1.3. Pizarra Deportiva – Compañía Aditeck México (Aditeck, 2006).

- **MultiLED Argentina**

Es una compañía tecnológica Argentina fundada en el año 1997. Su principal propósito es el de llevar productos de alta calidad y diversidad que ofrecen soluciones en la comunicación visual a sus clientes. Una compañía que ha estado en constante crecimiento de tal manera que han llegado a ser reconocidos primero en el plano nacional y luego en el plano internacional, por su liderazgo en el diseño y manufactura de sistemas de pantallas electrónicas, carteles publicitarios basados en programación computarizada.

Los tableros deportivos electrónicos MultiLED se fabrican acorde a las más avanzadas técnicas electrónicas e informativas. La revolución en la construcción de los tableros y componentes de los marcadores, permite fabricar una amplia gama de tanteadores *Standard*, que los departamentos técnicos y de producción de MultiLED se encuentran capacitados para

diseñar y fabricar, para cualquier evento deportivo, acorde con sus necesidades. MultiLED desarrolla marcadores para Football, Karate, Paleta, Rugby, Bochas, Boxeo, Hockey, Patín, Básquetbol, Voleibol, Soccer, Hándbol, Tenis y Fútbol de salón. A continuación, se muestra en la figura 1.4 una imagen de uno de sus productos (Multiled, 2010).



Figura 1.4. Pizarra Deportiva - Compañía MultiLED Argentina (Multiled, 2010).

- **American Signal Company**

American Signal Company es una empresa dedicada al servicio de mensajes electrónicos que se transmiten a través de tableros electrónicos ya sea con un fin informativo, educativo o deportivo. AMSIG tiene la principal característica de fabricar productos únicos, con el fin de ofrecer al cliente exclusividad. De la misma manera la gama de productos que ofrecen, brindan al cliente un gran respaldo en cuanto a tecnología, soporte y costos, lo cual hace que cada día más clientes se adhieran a ella. Dentro de la gran variedad de productos que AMSIG Colombia ofrece, se encuentran los tableros electrónicos deportivos (AMSIG, 2016).

- **Publik Colombia**

Publik es una empresa privada, líder en América Latina, que promueve la cultura de la información y el conocimiento, a través de sistemas de última tecnología, que propende por un desarrollo continuo basado en la creatividad, la innovación y el talento, para superar las expectativas de los selectos clientes dentro de un profundo respeto humano y obtener así excelentes resultados socioeconómicos. En Colombia es la empresa líder en productos informativos, al mismo tiempo de la producción de tableros deportivos, que hoy en día se encuentran distribuidos en la mayoría de escenarios deportivos del país. A continuación, se muestra en la figura 1.5 una imagen de uno de sus productos (Publik, 2005).



Figura 1.5. Pizarra Electrónica Deportiva - Compañía Publik de Colombia (Publik, 2005).

- **Phuthanh**

Phuthanh es una empresa privada vietnamita, dedicada a la fabricación de módulos independientes de visualización de información y pizarras para eventos deportivos varios, como el béisbol. Esta empresa tiene un convenio con el INDER para la producción, montaje y mantenimiento de estas pizarras en los estadios de las provincias de Cuba (Phuthanh, 2015).

1.3 Tipos de arquitecturas utilizadas en los sistemas de visualización y control

Mediante la realización de una búsqueda bibliográfica abarcadora se han identificado varios tipos de arquitecturas frecuentes en el diseño del sistema de control y visualización de los deportes, en dependencia de la distancia entre las pizarras, módulos de visualización, control y los controladores de puntuación y de tiempo; las reglamentaciones de cada federación (la posición y números de jueces, diseño de las pizarras, etc).

La primera arquitectura se muestra en la figura 1.6, constituye un sistema que integra la consola de control y el módulo de visualización, como se puede observar en el ajedrez, donde son los jugadores los que controlan el tiempo de juego al presionar en el reloj los botones de parada de su tiempo que hacen continuar el tiempo del contrario (FIDE, 2008). También, esta arquitectura es utilizada en el fútbol a la hora de mostrar los cambios de jugadores por el cuarto árbitro, mediante un tablero con un módulo de visualización y un teclado matricial de números (FIFA, 2013).

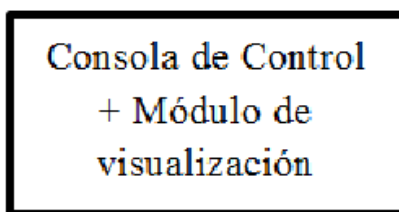


Figura 1.6. Arquitectura integrada de control y módulo de visualización.

Una segunda arquitectura está compuesta por un módulo de visualización y una consola de control, separados uno del otro físicamente, con la presencia o no de una computadora (PC) desde la que se puede manejar la información del evento. Esta arquitectura se observa en la figura 1.7 (Hernández, 2015).

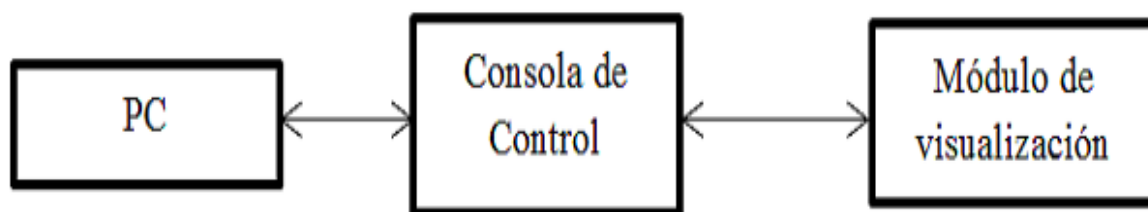


Figura 1.7. Arquitectura compuesta de una computadora, una consola de control y módulo de visualización.

Existe un tercer tipo de arquitectura más compleja, mostrada en la figura 1.8. Está formada por una computadora personal, una consola de control, sub-módulos conectados a esta y varios módulos de visualización. El uso de la computadora personal puede ser opcional en esta arquitectura si en la consola de control se incluyen los diferentes sub-módulos para controlar la información a visualizar.

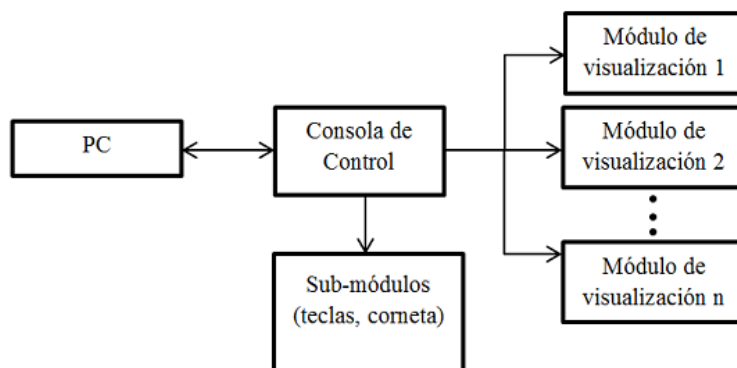


Figura 1.8. Arquitectura de un sistema compuesto de una computadora, una consola de control, sub-módulos y varios módulos de visualización.

A partir del estudio realizado, se puede concluir que los equipos electrónicos utilizados en las funciones antes descritas están constituidos por sistemas con micro-controladores en la parte del control; y dispositivos periféricos conectados a estos mediante interfaces de comunicación serie, paralelo, PS/2, etc. Los dispositivos periféricos pueden ser sensores, actuadores, contadores, equipos lumínicos y de visualización, etc. El manejo de estos periféricos por parte del usuario puede llevarse a cabo mediante diferentes interfaces humanas como pueden ser computadoras, teclados, botones; en dependencia de la complejidad requerida (Vázquez, 2015).

Para el desarrollo e implementación del sistema encargado del control y visualización de los eventos deportivos se hace necesario la creación de varios módulos encargados de las funciones del sistema (Henaó, 2012). Estos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Control principal (ejemplo: consola de control central, software en una computadora).
- Sub-módulos (ejemplo: teclas independientes, corneta o sistema audible).
- Comunicaciones (ejemplo: buses de campo, interfaz RS485).
- Visualización (ejemplo: visualizadores 7 segmentos, matrices de LED).

Comunicación entre los diferentes módulos de las arquitecturas

A partir de las arquitecturas anteriormente descritas, las uniones de los elementos presentes en las mismas conforman un entorno multiprocesador, ya que todos necesitan de un núcleo capaz de manejar las funciones para los que han sido destinados. Para el intercambio de datos y comandos en las arquitecturas se requiere de protocolos. Estos se establecen en las diferentes arquitecturas de redes existentes. Entre las más utilizadas en aplicaciones de este tipo se encuentran los sistemas de bus de campo (*fieldbus*) o redes de área de bus de campo (FAN, por sus siglas en inglés) (Zurawski, 2005).

La comunicación entre los módulos de las arquitecturas antes analizadas, debe ser capaz de cubrir grandes distancias de hasta cientos de metros o más, dado que un estadio de béisbol puede medir hasta más de 200m y presentar una alta inmunidad al ruido debido a las condiciones anteriormente descritas, donde las líneas de comunicación pueden ser afectadas por diferentes fenómenos atmosféricos y humanos. Además, debe existir cierto grado de seguridad entre las comunicaciones con los diferentes módulos debido al impacto que tienen estos

equipos y a la fiabilidad exigida en la realización del evento.

Los datos intercambiados para estas funciones están limitados a varios bytes, que generan un bajo tráfico en comparación con redes de datos complejas. En términos de calidad de servicio, estas redes son de baja velocidad, el tráfico de datos es bajo y típicamente funcionan en una arquitectura de maestro-esclavo.

1.4 Redes de comunicaciones entre módulos

Una red de comunicaciones es un conjunto de dispositivos conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios. Como en todo proceso de comunicación se requiere de un emisor, un mensaje, un medio y un receptor. La finalidad principal para la creación de una red es compartir los recursos y la información en la distancia, asegurar la confiabilidad y la disponibilidad de la información, aumentar la velocidad de transmisión de los datos y reducir el costo general de estas acciones (Paliza, 2013).

La comunicación por medio de una red se lleva a cabo en dos diferentes categorías: la capa física y la capa lógica. La capa física incluye todos los elementos de los que hace uso un equipo para comunicarse con otros equipos dentro de la red como, por ejemplo, las tarjetas de red, los cables, las antenas, etc.

Sin embargo, haciendo uso de la capa lógica, es posible construir los denominados protocolos, que son normas de comunicación más complejas (alto nivel), capaces de proporcionar servicios que resultan útiles. Los protocolos son un concepto muy similar al de los idiomas de las personas. Si dos personas hablan el mismo idioma, es posible comunicarse y transmitir ideas.

La razón más importante sobre por qué existe diferenciación entre la capa física y la lógica es sencilla: cuando existe una división entre ambas, es posible utilizar un número casi infinito de protocolos distintos, lo que facilita la actualización y migración entre distintas tecnologías (Paliza, 2013).

El modelo de referencia OSI propone una arquitectura de capas o niveles como se representa en la figura 1.9, que define el comportamiento del subsistema de comunicación de los equipos.



Figura 1.9. Niveles del modelo de referencia OSI.

Este modelo regula el comportamiento externo de cada capa, dando libertad al fabricante para su implementación interna. Cada capa del modelo desempeña una función bien definida según el protocolo que se emplee para la comunicación e intercambia datos con la capa similar del sistema remoto.

1.4.1 Interfaz de comunicación

En el Trabajo de Diploma de Reinier César Mujica se realizó un estudio previo acerca de las interfaces de comunicaciones existentes, arrojando como resultado la implementación de una red de control para llevar a cabo la comunicación entre los dispositivos que constituyen los diferentes módulos de las arquitecturas antes mencionadas, utilizando el protocolo de comunicaciones ModBus en modo ASCII, a través de la interfaz de comunicaciones RS-485. Esto se elaboró en el lenguaje de programación C, para el microcontrolador de Atmel AT89S52, de la familia MCS-51™ (Hernández, 2015).

En una red de comunicaciones industriales la información transmitida consiste en pequeños bloques de datos intercambiados entre los dispositivos conectados a esta. Para esto se requiere de una interfaz de comunicaciones que sea capaz de enviar y recibir datos en un ambiente

ruidoso como el de las redes industriales.

El estándar de comunicaciones RS485 o EIA485 constituye una implementación en bus de la capa física del modelo de referencia OSI. RS485 solo define el medio físico, no establece el formato de tramas, protocolos o señales de control. La arquitectura de una red RS485 es como se muestra en la figura 1.10, de maestro-esclavo. La comunicación se realiza del modo semi-duplex, el maestro es el que inicia todas las comunicaciones en el bus y los esclavos solo envían o reciben información cuando este lo indique (Maxim, 1996).

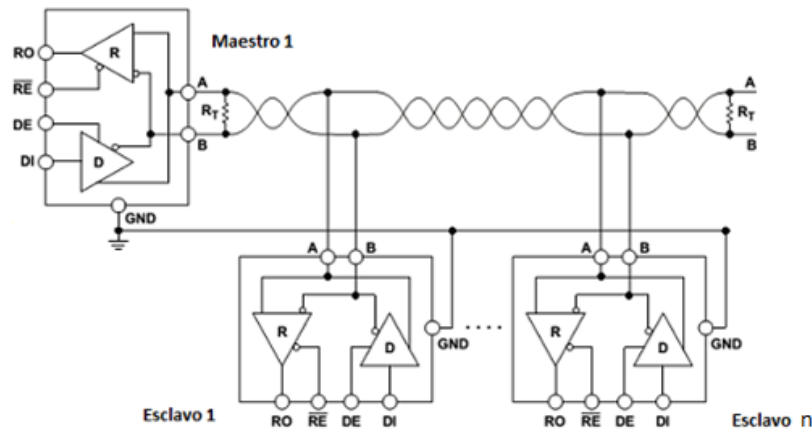


Figura 1.10. Arquitectura maestro-esclavo en RS485, utilizando el CI MAX485 (Maxim, 1996).

El bus permite una velocidad de datos variable, en función de la distancia, hasta 35 Mbps (a 10 metros de distancia), y de 100 Kbps cuando los terminales están separados 1200 metros entre sí. El sistema permite añadir al bus 32, 128 y hasta 256 dispositivos conectados entre sí a una misma red de sólo dos hilos trenzados, utilizando la norma RS487, que es una variante del RS485 permitiendo la conexión de mayor cantidad de dispositivos.

El modo de transmisión en RS485 es serial. El enlace físico entre los nodos se realiza mediante un par de cables trenzados de manera diferencial, por donde son transmitidos los datos. En el mejor de los casos, es preferible que el par de cables que transporta la información sea blindado, pero si este montaje no es posible, y debemos utilizar cables individuales, será bueno tener un tercer cable de referencia de tierra o masa. Un cable blindado ayudaría a atenuar los ruidos (Maxim, 1996).

1.5 Características generales de los softwares de simulación utilizados

Un modelo de simulación por computador es un programa informático o una red de ordenadores cuyo fin es crear una simulación de un modelo abstracto de un determinado sistema. Las simulaciones por computadora abarcan desde programas informáticos cuya ejecución dura unos minutos hasta conjuntos de ordenadores conectados en red cuya ejecución dura horas, e incluso hay simulaciones que se extienden varios días. La variedad de acontecimientos que se pueden recrear mediante simulaciones por computadora ha superado con creces las posibilidades del modelo matemático tradicional de lápiz y papel.

1.5.1 Proteus®

Proteus® Professional es un completo entorno de diseño que permite realizar todas las tareas de diseño de circuitos electrónicos, tales como: dibujo de esquemas de circuitos, simulación interactiva de circuitos analógicos, digitales y con microcontroladores, con animación en tiempo real además de diseño de circuitos impresos. Cuenta con una extensa librería de componentes genéricos y específicos. Es un poderoso paquete para el diseño de circuitos impresos (PCB) de una o más capas. Consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra (Banzi, 2010).

El Programa ISIS, *Intelligent Schematic Input System* (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta microprocesadores o microcontroladores, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

ARES, o *Advanced Routing and Editing Software* (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficiales (*Top Copper*), y de soldadura (*Bottom Copper*). Se complementa con *Livewire*, para poder exportar desde él los diseños de circuitos electrónicos y convirtiéndolos en un circuito impreso. Es un software avanzado para el diseño y simulación de circuitos electrónicos. Interruptores, transistores, diodos, circuitos integrados y cientos de componentes más pueden ser

interconectados para observar el comportamiento de un circuito. Permite la visualización de documentos generados en formato GERBER (Documentos foto trazado), utilidad de selección de las huellas físicas de los componentes electrónicos utilizados en el esquema. Necesita licencia versión profesional de pago y versión gratuita, con algunas limitantes (Banzi, 2010).

Ventajas

- Cuenta con Captura de esquema.
- Diseño de PCB.
- Simulación.
- Forma de Router base.
- Visualización 3D.
- Notas del Proyecto.
- Asistente de cotización.
- Forma Demo.
- Fácil de aprender.
- Amplia galería de componentes.
- Reduce el tiempo y costos de elaboración en una PCB.
- Durante la elaboración de un circuito, se puede realizar simulaciones avanzadas con las herramientas Pro-Spice (simulación de circuito electrónico) y VSM (Simulación de la lógica del programa cargado en el microprocesador).

Desventajas

- Es una plataforma con licencia mediante pago.
- Solo está disponible en el Sistema Operativo de Windows.
- Para subir de nivel es necesario comprar los otros softwares adjuntos.
- Licencia de alto costo.

Al realizar la comparación se puede inferir que Proteus cuenta con más ventajas que desventajas, pero si adquirir este producto de forma oficial es uno de los inconvenientes por el alto costo, Proteus hace descuentos hasta un 90% para centros educativos autorizados en

formato multilicencia y de manera individual puede llegar a ofrecer descuento del 20 % poniéndose en contacto con la empresa y realizando el procedimiento para obtener el beneficio.

1.5.2 LabView®

LabView® (acrónimo de *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación gráfico. Recomendado para sistemas con hardware y software de pruebas, control y diseño simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. Los programas desarrollados con LabView se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, entre otros. LabView consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante (tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otros Hardware) como de otros fabricantes (Instruments, 2014).

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación, los cuales pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabView y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él (Areny, 2007).

1.6 Conclusiones parciales

A partir del análisis de las características de los equipos electrónicos existentes para el control y visualización de la información en eventos deportivos, en este capítulo se identifican las diferentes arquitecturas presentes en gran parte de estos sistemas. Como se puede observar en cada una de las arquitecturas, la comunicación entre los diferentes módulos de las mismas juega un papel significativo contribuyendo al manejo y control de las competiciones por parte de los árbitros y oficiales. El sistema de control y visualización, compuesto principalmente por una pizarra electrónica y controles, es crucial para la realización de los eventos deportivos oficiales. Este sistema se encuentra regulado para servir de directriz en el desarrollo de equipamiento electrónico deportivo por parte de las diferentes empresas dedicadas a la producción.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PIZARRA DE BÉISBOL EXISTENTE.

Este capítulo se analiza de manera crítica a todos los elementos de las pizarras electrónicas de béisbol existentes en la actualidad en los estadios del país. Se realiza la ingeniería inversa del hardware de cada módulo de la pizarra, así como de los protocolos de comunicaciones.

2.1 Características generales de los visualizadores utilizados

Los visualizadores son elementos fundamentales de las pizarras electrónicas ya que a través de ellos se presenta la información. Sus características dependerán del tipo de evento deportivo y de las condiciones establecidas por la federación correspondiente. Las dos configuraciones básicas para este tipo de componentes son la visualización estática y la dinámica. La primera se utiliza, por lo general, cuando hay un solo visualizador. Cuando se necesitan varios visualizadores se suele utilizar la visualización dinámica.

2.1.1 Visualizadores de siete segmentos

Es uno de los visualizadores más comunes empleados para la representación de caracteres alfanuméricos. Un visualizador de este tipo consta de un arreglo de siete segmentos luminosos (LED, LCD, fluorescente, etc.) que se pueden encender o apagar individualmente. En muchos eventos deportivos son usados para la visualización de la información (Henao, 2012).

Cada segmento se identifica por una letra desde la *a* hasta la *g* (a veces suele existir un punto que se identifica por *dp*) y es posible visualizar los dígitos 0 al 9 y las letras A, C, E, F, H, L, P, U; activando los segmentos apropiados. En la figura 2.1 se puede observar la distribución de cada uno de los segmentos.

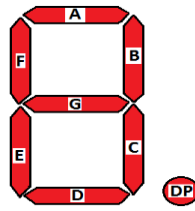


Figura 2.1. Representación de los segmentos en un visualizador.

Cuando los segmentos son LED se puede encontrar con dos configuraciones típicas: ánodo común (AC) y cátodo común (KC). Al polarizar un dispositivo de este tipo se debe tener claro qué configuración posee. En la figura 2.2 se puede observar la configuración de cada tipo.

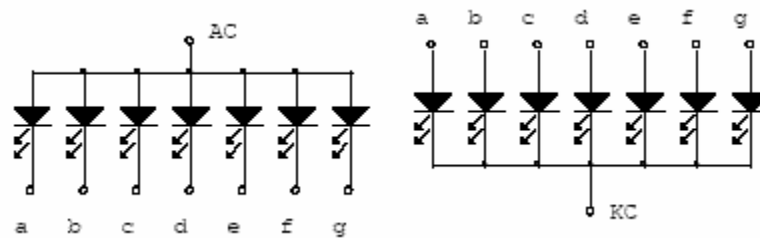


Figura 2.2. Representación de las configuraciones.

Principales tipos de LED.

- **LED Común**

Se utilizan en la mayoría de los electrodomésticos, ya sea como emisor o receptor de infrarrojos o como pilotos luminosos. Actualmente se están utilizando para señalización vial, como semáforos, consiguiendo un ahorro energético significativo en comparación con las lámparas de mercurio tradicionales (Jiménez, 2014).

- **LED SMD**

Se trata de un LED encapsulado en una resina semirrígida y que se ensambla de manera superficial. Su encapsulado permite una gran superficie semiconductor, lo que proporciona una gran cantidad de luz mejorando la calidad del LED. Permiten una amplia variedad de colores, según el material semiconductor que se utilice en su fabricación. En su modelo RGB, utiliza tres LED con los colores primarios, con lo que puede desarrollar hasta 16 millones de colores mediante la mezcla aditiva. Al no tener filamento, son resistentes a los golpes y es realmente complicado que se averíen. El tiempo estimado de vida útil de un LED SMD ronda las 50.000 horas, o lo que es lo mismo, casi 6 años funcionando las 24 horas del día (Salazar, 2013).

- **LED COB**

El LED COB corresponde a las siglas chip en la placa (*Chip on board*), en el cual se han insertado varios LED en un mismo encapsulado. Este tipo de LED se está imponiendo poco a poco en el mercado por encima del SMD. El motivo principal es que proporciona más rendimiento lumínico: esto quiere decir que, con la misma potencia y tamaño, el LED COB aporta más luz que el SMD (Salazár, 2013).

2.1.2 Matriz de LED

La matriz está formada por una serie de filas y columnas. La intersección entre ambas contiene un LED. Para que esta encienda, tiene que recibir simultáneamente un “0” en la fila, y un “1” en la columna o viceversa, dependiendo de la polarización del LED. Cuando se dan estas condiciones, la electrónica de la placa se encarga del encendido del LED en cuestión. El tiempo de la demora debe ser tal que permita una visualización correcta, sin molestos parpadeos y con los LED brillantes. Hay que tener en cuenta que si utilizamos tiempos mayores para el encendido de cada fila, el brillo de los LED será mayor, pero también aumentará el parpadeo (Palazzesi, 2008). En la figura 2.3 se puede observar la representación de una matriz de LED.

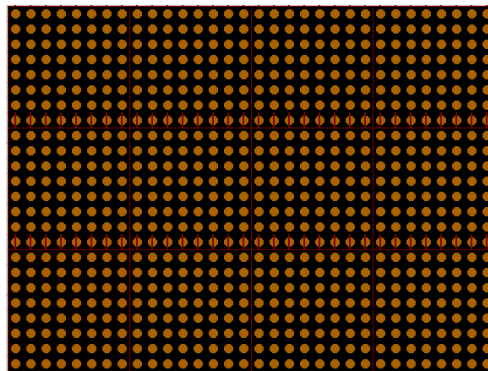


Figura 2.3. Representación de una matriz de LED

2.1.3 Características visibles

Los carteles usados en los eventos deportivos deben tener determinadas características físicas que le permitan una correcta visibilidad. Los distintos factores que condicionan la visibilidad del mismo son:

- El alto y ancho del visualizador a utilizar.
- La cantidad de LED que componen cada segmento visible.

- El diámetro de cada LED.
- El ángulo de visualización de los mismos.
- El brillo y su uniformidad.

El tamaño del visualizador es el principal determinante de la distancia máxima de visualización, aunque también intervienen la cantidad de LED, su diámetro y brillo. Un cartel con LED muy espaciados resulta poco visible, aunque sea grande. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que un mayor tamaño facilita la lectura a distancia, pero la hace incómoda de cerca (Palazzesi, 2008). Otro factor importante en la visibilidad del cartel es el brillo de los LED. El brillo más adecuado para un cartel dependerá de la intensidad de la luz que pudiera incidir sobre él. Para un visualizador que reciba luz solar directa durante la mayor parte de su uso, es conveniente utilizar un cartel con LED de alto nivel de brillo (Henao, 2012). Sin embargo, un visualizador que no recibe la luz solar directamente, o su mayor uso es en la noche, el nivel de brillo no debe ser tan intenso comparado con el anterior.

2.1.4 Actualidad de los visualizadores

En la actualidad este tipo de visualizadores están obsoletos, ya que es muy común el uso de pantallas gráficas basadas en píxeles, la que permite no solo llevar las estadísticas del juego, también muestran al jugador en turno de bateo, propagandas, etc.

No obstante, el visualizador de siete segmentos sigue siendo una excelente opción, en ciertas situaciones en las que se requiera mayor poder lumínico y trabajo en áreas hostiles, donde las pantallas de píxeles podrían verse afectado por condiciones ambientales adversas. Aún no se ha creado otro dispositivo de señalización que reúna características como este en cuanto a potencia lumínica, visualización a distancia, facilidad de implementación, bajo costo y robustez.

2.2 Arquitectura existente

Las pizarras de béisbol existentes en los estadios cubanos, son un producto de fabricación vietnamita de la empresa Phuthanh. Funciona con una microcomputadora o Laptop sirviendo de interface, un conversor de puerto serie RS232 a RS485 (primera versión) o a través del Puerto USB a RS485, enviando y recibiendo datos a través de un dispositivo HUB que distribuye a

cada uno de los 43 módulos con los que se cuenta para mostrar toda la información de un juego de Béisbol. En la figura 2.4 se puede observar la configuración genérica de esa pizarra y en el anexo I la distribución del cableado del HUB.

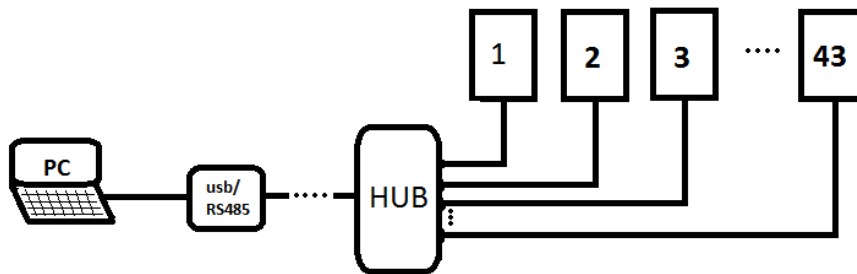


Figura 2.4. Representación de la configuración.

2.2.1 Módulos

Mediante la realización del proceso de ingeniería inversa se logró obtener la información y diseño a partir de los módulos con que cuenta la pizarra de béisbol, con el fin de conocer los componentes electrónicos con que trabajan, la estructura del cableado y las características técnicas de estos, determinando así, que la pizarra posee 5 tipos de módulos diferentes:

- Módulo tipo **A** que es un módulo 7 segmentos de un solo dígito numérico del 0 al 9. Ver anexo IV.
- Módulo tipo **B** que es un módulo Alfanumérico donde se pueden mostrar las letras desde la A hasta la Z y además los números del 0 al 9. Ver anexo V.
- Módulo tipo **C** es un módulo 7 segmentos más un 1 o sea que puede visualizar desde el 0 hasta el 19. Ver anexo VI.
- Módulo tipo **D** es un módulo 7 segmentos más dos puntos utilizado como separador de la hora y los minutos.
- Módulo tipo **HE** que solamente muestra en modo intermitente una H para enunciar Hits o una E en caso de error, por parte del equipo en turno al bate. Este módulo es igual al tipo A, pero solo visualiza H o E. Ver anexo VII.

En el módulo tipo **B** la distribución de los LED está dada por una matriz de 24x40, con un total de 960 LED, está construida a partir de matrices más pequeñas de 4x4 y esta a su vez está controlada, a través del integrado SCT2024, el cual es un driver de LED, convertidor serial a paralelo de 16 bit de corriente constante (StarChips_Technology_Inc, 2011). Las matrices se forman a partir de la interconexión de 6 matrices de 4x4 a un mismo pin del microcontrolador,

o sea, se transmite la información serial a través de un pin para formar una matriz de 24x4, de forma similar ocurre con el resto de las sub-matrices. En el anexo IX se muestra esta distribución y los pines de los puertos con que se transmite la información serial para cada matriz de 24x4.

Aunque estos módulos se diferencian en las características de visualización de la información, la placa de control de los tipos **A**, **C**, **D** y **HE** es la misma, mostrada en el anexo VIII, variando solo la placa de control del tipo **B** mostrada en el anexo X.

2.2.2 Protocolo de comunicación entre el software y el HUB

Para realizar la ingeniería inversa de los protocolos se utiliza la información tomada con el osciloscopio digital RIGOL DS1000 (RIGOL, 2008) en los terminales de la red RS485 y una herramienta de software para visualizar el contenido del puerto serie de la PC (*sniffer*) (AMSIG, 2016).

El orden de la transmisión de datos de la pizarra es igual a la numeración que se le da como referencia en la pizarra y en el HUB, contando con una posición específica en la trama de datos para cada módulo.

- 3 módulos tipo B que corresponden a las siglas del equipo Visitador #1, #2y #3.
- 3 módulos tipo B correspondientes a las siglas del equipo Home Club #4, #5y #6
- 3 módulos que corresponden al reloj (un módulo tipo C #7), (un módulo tipo D #8) y (un módulo tipo A #9).
- 1 módulo tipo HE que corresponde a Hit y/o Error #10.
- 10 módulos tipo C que corresponden a las anotaciones de los 10 innings de visitador uno por cada inning desde el #11 hasta el #20.
- 2 módulos tipo A correspondientes al total de carreras de visitador #21 y #22.
- 10 módulos tipo C que corresponden a las anotaciones de los 10 innings de Home Club uno por cada inning desde el #23 hasta el #32.
- 2 módulos tipo A correspondientes al total de carreras de Home Club #33 y #34.
- 2 módulos tipo A que corresponden al total de Hit de visitador #35 y #36.
- 1 módulo tipo C que corresponde al total de errores del visitador #37.
- 2 módulos tipo A correspondientes al total de Hit de Home Club #38 y #39.
- 1 módulo tipo C que corresponde al total de errores de Home Club #40.

- 1 módulo tipo A correspondientes a los Strikes #41.
- 1 módulo tipo A que corresponde a las Bolas #42.
- 1 modulo tipo A correspondientes a los Outs #43.

Para comprender mejor como está organizada la pizarra y sus módulos se puede observar la figura 2.5.

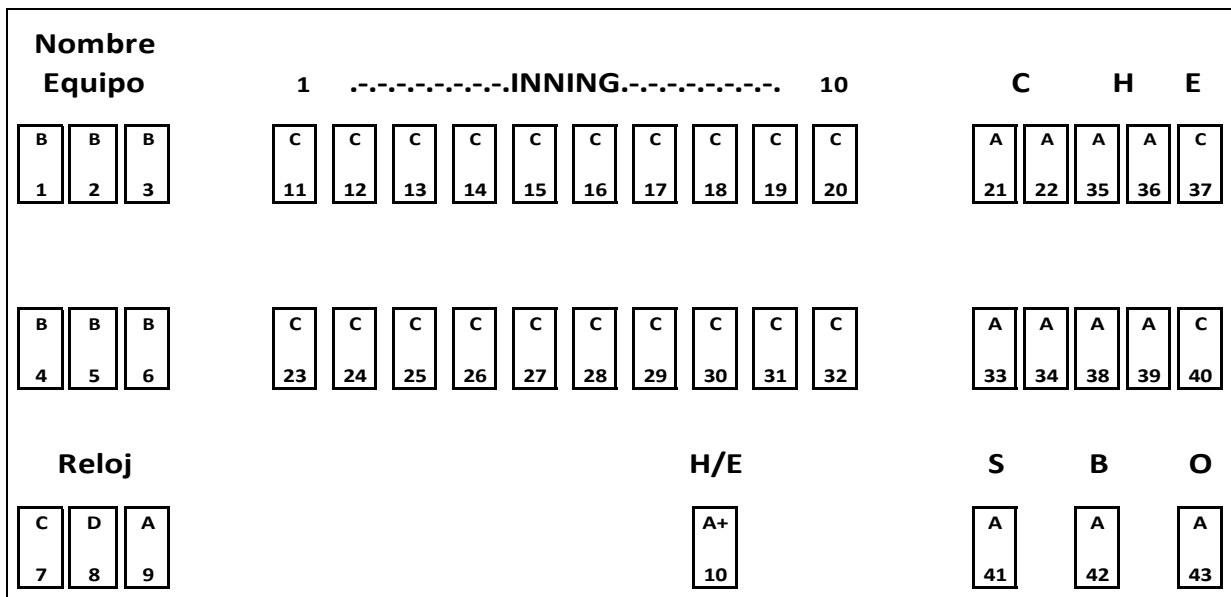


Fig. 2.5 Distribución de los paneles de la pizarra.

El software de comunicación con la pizarra, mostrado en la figura 2.6, envía la información necesaria hacia el exterior de la PC a través del puerto serie o de la interfaz USB-serie, por lo que la comunicación entre el emisor y el receptor es de forma serial usando un protocolo de transmisión asíncrono. En este caso se envía una señal inicial anterior al primer bit de cada byte correspondiente al bit de arranque de la transmisión, seguido del dato 44h, el cual no varía ni en la trama de dato, ni en el de la trama de brillo, posteriormente los datos de cada módulo y una vez enviado el código correspondiente, se envía inmediatamente una señal de parada (*stop*) después de cada palabra codificada.



Fig.2.6. Interfaz gráfica de programa Baseball Game.

La figura 2.7 muestra que para el protocolo de transmisión serie sólo tienen importancia los dos estados de línea 0 y 1, que también se denominan *high* (1) el cual está dado por un nivel negativo en la interfaz RS232/RS485 y *low* (0) el cual está dado por un nivel positivo. Si no se transmite ningún carácter, la línea está en *high* y se encuentra en lo que se conoce como *marking condition*. Si modifica su estado a *low*, indica que se inicia la transmisión de datos. Dependiendo de los convenios se podrán enviar por la línea entre cinco y ocho bits de datos. Si durante la transmisión la línea se pone en *low*, se está transmitiendo un bit con valor cero. Si se pone en *high*, un bit con valor 1. En toda transmisión se envía primero el bit menos significativo del carácter a transferir y por último el bit más significativo (Maxim, 1996).

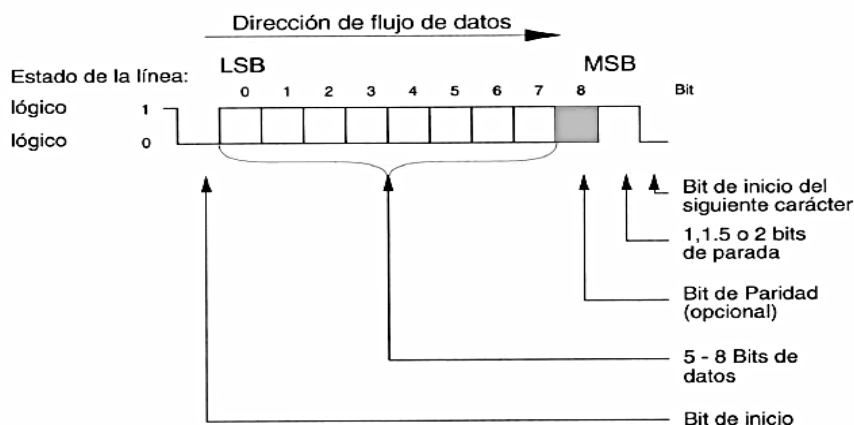


Figura 2.7. Protocolo asíncrono de la transmisión serie.

Al iniciar el software este comienza a enviar datos de forma serial correspondiente a cada uno de los módulos de la pizarra. Como datos se utilizan códigos ASCII que se presentan en el

anexo III. Se envían consecutivamente 46 bytes de datos cada 6 segundos aproximadamente, los cuales están formados de la siguiente manera:

- El 1er byte siempre es 02 (en hexadecimal), correspondiendo esta información a un byte de inicio de texto según el código ASCII.
- El 2do byte siempre es 44 (en hexadecimal), correspondiendo al carácter D en ASCII.
- En los bytes del 3 al 45 se envían los datos con la información de cada uno de los módulos en el orden que se muestra en la Figura 2.5, así, por ejemplo: si colocamos una “v” en el primer módulo correspondiente al nombre del equipo visitador el programa enviará de manera consecutiva los bytes 02 44 75 en hexadecimal.
- En el caso que un módulo este apagado se envía 20 (hexadecimal) que indica “espacio” en el código ASCII y cuando se enciende la pizarra se inicializan los valores en 0, por lo que se envía el valor 30 en cada uno de los bytes (código ASCII del 0).
- Para los módulos tipo C que muestran información del 0 al 19, se envía, para representar los números del 0 al 9 los caracteres correspondientes en ASCII, y del 10 al 19 los caracteres que están a continuación respectivamente (: ; < = > ? @ A B C).
- El último byte siempre es 03 (en hexadecimal), correspondiendo esta información a un byte de fin de texto según el código ASCII. La figura 2.8 muestra la estructura de esta trama.

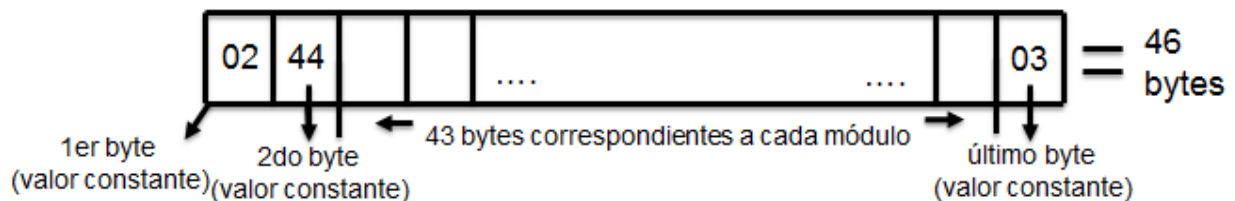


Figura 2.8. Estructura de la trama.

El programa envía consecutivamente 2 grupos de 46 bytes indicando los valores de cada uno de los módulos como fue explicado anteriormente, y a continuación envía 46 bytes con información de brillo. Para esto se envía en el espacio reservado para cada uno de los módulos los valores de 80, 86, 90, 96 o FD en hexadecimal correspondientes a los valores de intensidad lumínica del 1 al 5.

Para comprender mejor lo que se ha explicado a continuación se muestra en las figuras 2.9 y 2.10 lo que muestra en la pizarra en un ejemplo, y la captura de los datos enviados por el programa en dicho momento respectivamente.



Fig. 2.9. Captura de la pizarra.

```

■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ 02 44 76 63 6C 69 6E 6 RTS on .Dvclin
64 3C 44 33 20 31 32 3A 3F 43 20 20 20 20 20 20 34 d<D3 12:?C 4
37 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30 20 30 30 7
20 30 30 30 30 30 03 ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ 00000.Baud rate
■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ ■■ 2400 RTS off DT

```

Fig. 2.10. Datos enviados por el software, capturados con el *sniffer* de puerto serie.

Como se puede observar en las figuras 2.9 y 2.10 cada byte corresponde con la información de un módulo, siendo por ejemplo el valor 3F (en hexadecimal) o el carácter '?', utilizado para representar el valor 15 que aparece en el inning 4 (módulo 14 tipo C), sería entonces el byte $14+2=16$ que se envía.

Estos resultados también se pudieron verificar utilizando un osciloscopio digital a la salida del dispositivo emisor, en el cual se capturó un fragmento de forma de onda correspondiente a los primeros bytes, como se muestra en la Figura 2.11, donde se pueden observar los diferentes niveles de señal utilizados por la norma RS485, el valor 0 aparece como un nivel alto y el 1 un nivel bajo, también es necesario tener en cuenta que en la transmisión de cada byte se comienza con un bit cero de inicio y concluye con un bit 1 de parada y también que la transmisión comienza por el bit menos significativo. Después de aclarado esto se comprueba que la forma de onda corresponde al byte 02h, 44h y 76h.

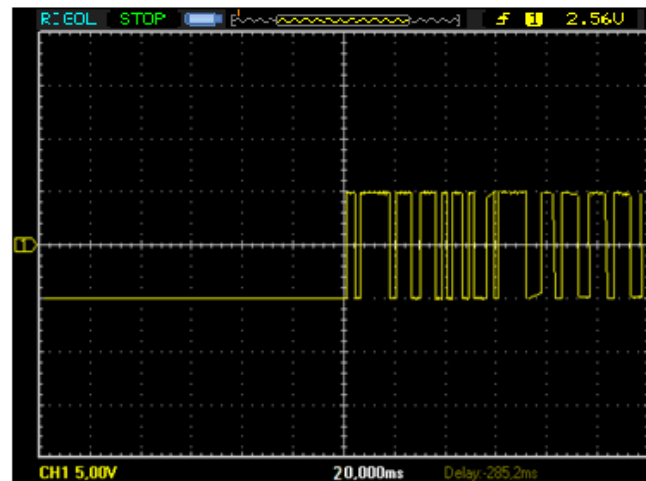


Fig.2.11. Captura del osciloscopio digital.

2.2.3 Análisis del HUB

Para realizar la ingeniería inversa de los protocolos de comunicación entre el HUB y los módulos, se utiliza la información tomada con el osciloscopio digital RIGOL DS1000 (RIGOL, 2008) en los terminales de la red RS485 del HUB. Luego de enviarse la información procedente del software, a través de la interfaz serial hacia el HUB, este la recibe y envía a cada módulo la información que le corresponde de la siguiente manera, comienza con 02 (en hexadecimal), el cual es el byte de inicio de texto según el código ASCII, posteriormente agrega el byte de dato correspondiente de manera doble, o sea, repite este byte dos veces, luego agrega 03 (en hexadecimal), el cual es el byte de fin de texto según el código ASCII, a continuación agrega un byte de chequeo de error, el cual contiene la suma del byte de dato con él mismo en hexadecimal sin acarreo.

De la misma manera ocurre con la información de brillo para cada módulo. En la figura 2.12 se puede observar la estructura de la trama.

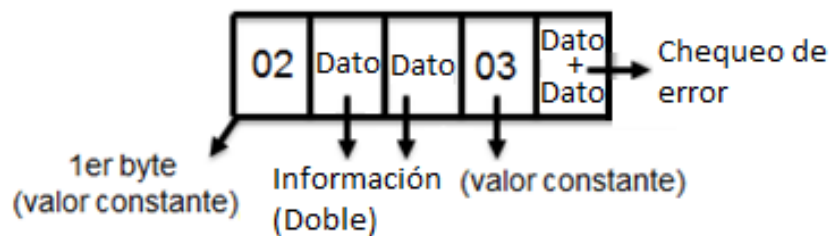


Fig.2.12. Estructura de la trama.

Esta estructura de trama es la misma para cada módulo de la pizarra, cambiando solo el dato a transmitir, y el chequeo de error. Si el módulo recibe un error producto al ruido o un cambio de información en el HUB, este se queda mostrando la información previamente visualizada, y envía un byte de respuesta, correspondiendo a un ACK (FF en hexadecimal), que indica que la información fue visualizada con éxito, o ERROR (00 en hexadecimal) indicando que se recibió una trama, pero que contenía errores.

Por ejemplo, si se quiere visualizar el número 2 en un módulo tipo A, se envía la información 02 32 32 03 64, correspondiendo estos valores a los caracteres ASCII en hexadecimal. En la figura 2.13 se muestra la información a visualizar y en la figura 2.14 el nivel de intensidad 5 (FDh en hexadecimal) que envía el HUB, tomada con el osciloscopio para este ejemplo específico.

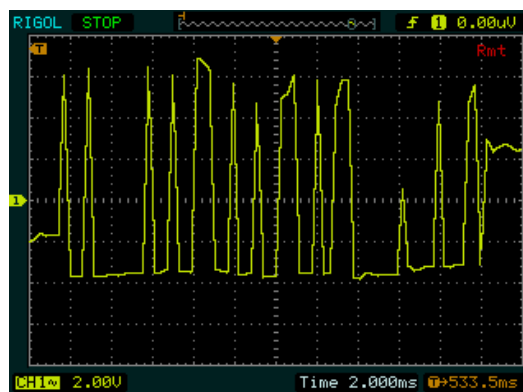


Figura 2.13 Información del dato 2 enviada por el HUB, capturada con el osciloscopio digital RIGOL



Figura 2.14 Información de intensidad 5 enviada por el HUB, capturada con el osciloscopio digital RIGOL

2.3 Crítica a la arquitectura actual

- El protocolo de comunicación usado no contempla la detección y corrección de errores en la transmisión y detección de datos hacia el HUB.
- El funcionamiento de la pizarra depende en gran medida del HUB, el cual cuenta con una gran complejidad, por lo que si falla se afectaría la pizarra íntegramente.
- Al transmitir datos cada 6 segundos aproximadamente se genera una demora a la hora de la transmisión de información.
- Los datos son refrescados en todo momento en los módulos, junto con la información de brillo, o sea, al cambiar solo un dato, se actualizan todos los demás, lo que genera una demora adicional.
- El programa de la aplicación es de código cerrado y presenta limitaciones, señalados por los operadores, que no pueden ser corregidos.

2.4 Conclusiones parciales

A partir del equipamiento de la pizarra de béisbol de *Phuthanh*, y la disponibilidad del hardware de este, se realizó un análisis completo tanto de la estructura del hardware de los módulos de la pizarra de béisbol, de los procesos de control de estos, como de los protocolos de comunicación entre la interfaz hacia el HUB, y de este hacia cada uno de los módulos y su verificación práctica. Se pudo realizar una crítica constructiva sobre la arquitectura actual para su posterior mejora y optimización.

CAPÍTULO 3. HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS MÓDULOS DE LA PIZARRA. PROPUESTA DE UNA NUEVA ARQUITECTURA.

En este capítulo se desarrollan aplicaciones diseñadas en LabView para la simulación del protocolo que utiliza el HUB hacia los módulos, una versión mejorada del software de control de la pizarra, utilizando el mismo protocolo de comunicaciones y un nuevo software utilizando el protocolo ModBus como protocolo de comunicaciones. Esto se hace a partir de la infraestructura de la pizarra de la compañía vietnamita Phuthanh.

3.1 Software de prueba de módulos independientes

Luego de realizar un análisis exhaustivo tanto del hardware como de los protocolos de comunicaciones utilizados entre el HUB y los diferentes módulos de visualización de la pizarra, se realizaron simulaciones para la comprobación del funcionamiento del programa en Proteus, como se puede apreciar en las figuras 3.1 y 3.2, arrojando como resultado, la comprobación de las ideas presentadas. Se dispone del código Intel (.hex) de la aplicación existente, lo que permite simular su funcionamiento a pesar de desconocer el código fuente de la aplicación.

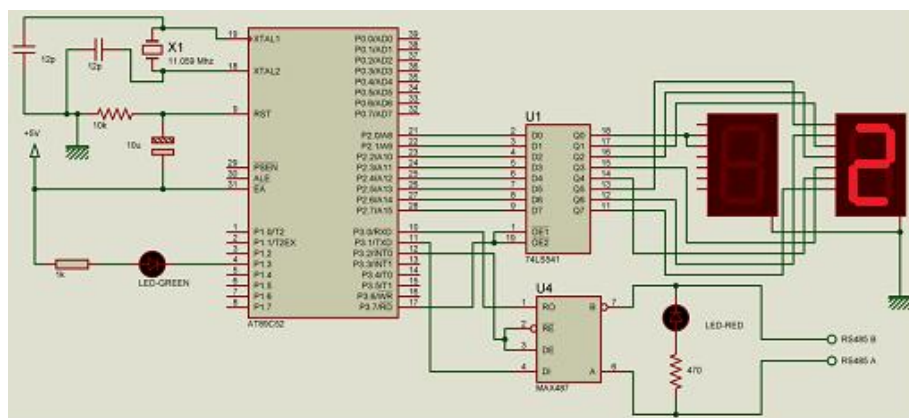


Figura 3.1 Simulación del hardware

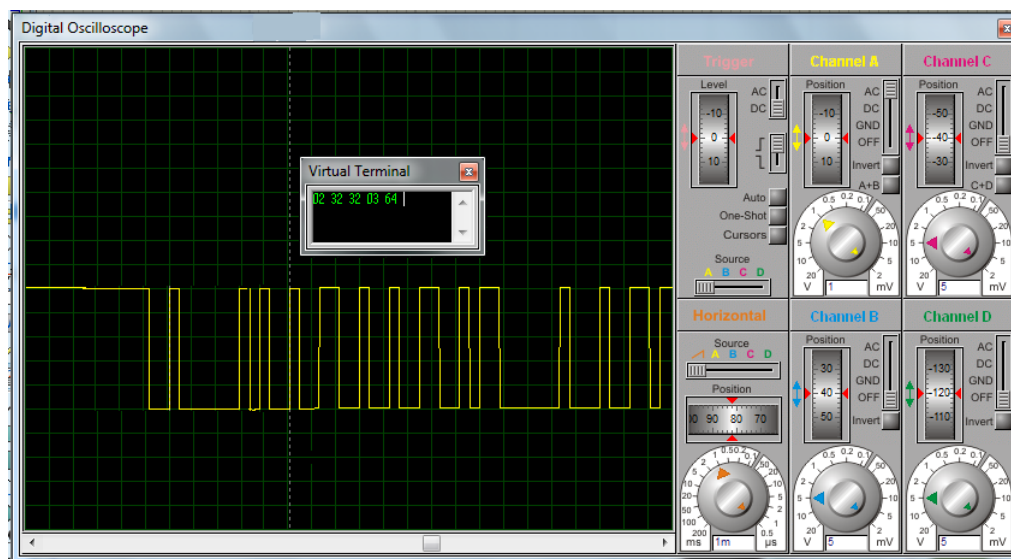


Figura 3.2 Captura de la información transmitida para visualizar un 2.

Posteriormente se desarrolló una aplicación utilizando la herramienta de diseño LabView. Esta herramienta está basada en la misma estructura de información enviada desde el HUB, para la prueba de cada módulo de visualización por separado y utilizando el mismo protocolo de comunicación, sin la necesidad de tener al HUB como intermediario, lo que resulta una potente herramienta de prueba, para los técnicos de la empresa EPCAD. En la figura 3.3 se puede observar la interfaz gráfica de la herramienta.

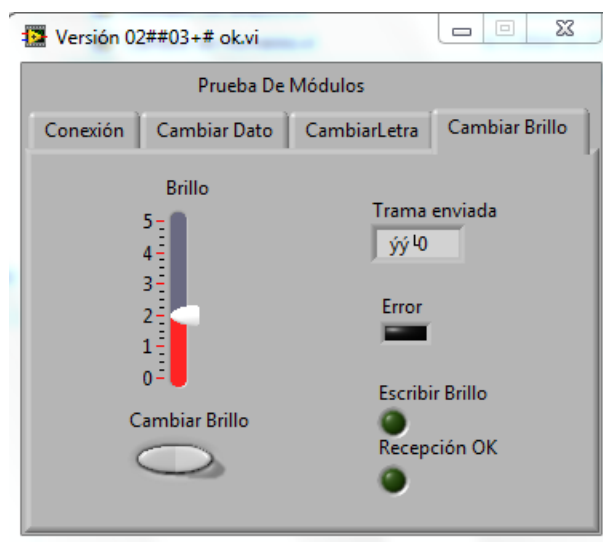


Figura 3.3 Interfaz gráfica de la herramienta

3.1.1 Características de la herramienta de prueba

Este software cuenta con cuatro ventanas principales:

- Ventana **Conexión**: en esta ventana se abre el puerto serie para la posterior transmisión de información, además muestra la hora y fecha actual de la computadora.
- Ventana **Cambiar Dato**: esta ventana permite la selección de un número de 0 a 9, contiene un LED de error en caso de ocurrencia de este a la hora de transmitir, un LED de transmisión, y un LED indicador de recepción, junto con un *push button*, para transmitir el dato, además cuenta con un visualizador de la trama enviada en formato ASCII.
- Ventana **Cambiar Letra**: esta ventana permite la escritura en un contenedor, de la letra o número a visualizar, contiene un visualizador LED de error en caso de ocurrencia de este a la hora de transmitir, un LED indicador de recepción, y un LED de transmisión, junto con un *push button*, para transmitir el dato, además cuenta con un visualizador de la trama enviada en formato ASCII.
- Ventana **Cambiar Brillo**: esta ventana permite la selección de brillo en una escala de 0 a 5, donde 0 es apagado y 5 máxima intensidad contiene un LED de error en caso de ocurrencia de este a la hora de transmitir, un LED indicador de recepción, y un LED de transmisión, junto con un *push button*, para transmitir el dato, además cuenta con un visualizador de la trama enviada en formato ASCII.

La transmisión de la información se realiza a través del puerto serie o la interfaz USB-RS 485, utilizando el puerto COM1, con una razón de 2400 bauds, 8 bits de datos, 1 bit de parada y no paridad.

3.1.2 Verificación del protocolo

El protocolo de comunicación utilizado cuenta con la misma estructura de trama que envía el HUB hacia los módulos. Por ejemplo, si se quiere visualizar el número 2 en un módulo tipo A, se envía la información 02 32 32 03 64 en hexadecimal, correspondiendo estos valores a los caracteres ASCII.

La figura 3.4 muestra la información que envía el software, tomada con el osciloscopio para este ejemplo específico, además se puede verificar que coincide la estructura con la de la figura 2.11.

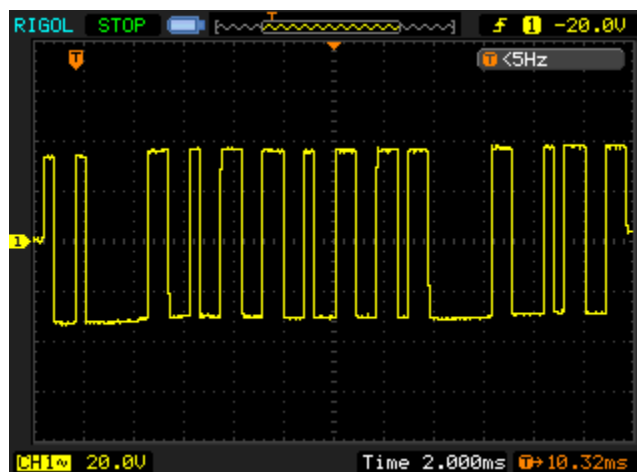


Figura 3.4 Información generada por el software para visualizar un 2, tomada con el osciloscopio digital RIGOL.

En la figura 3.5 se muestra la información que envía el software, tomada con el osciloscopio para un nivel de intensidad de brillo de 3, coincidiendo con la enviada por el HUB hacia los diferentes módulos de la pizarra de béisbol.

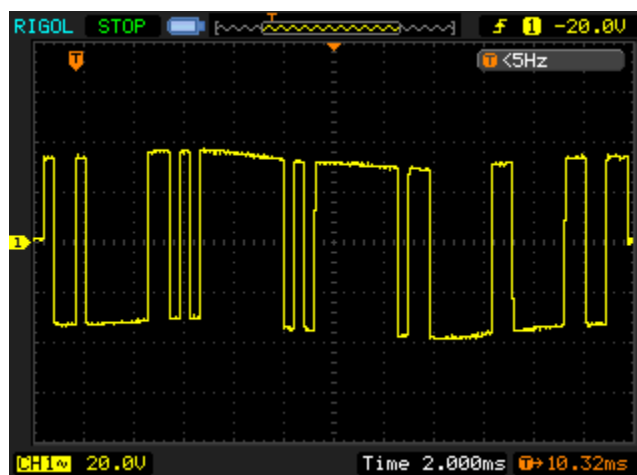


Figura 3.5 Información para un nivel 3 de intensidad tomada con el osciloscopio digital RIGOL.

En la figura 3.6 se muestra la información que envía el software, tomada con el osciloscopio para la letra V, coincidiendo con la enviada por el HUB. Es importante resaltar que los módulos tipo B no son *case sensitive*, por lo que no importa si la letra es en minúscula o mayúscula, este la interpreta igual y la visualiza en mayúscula.

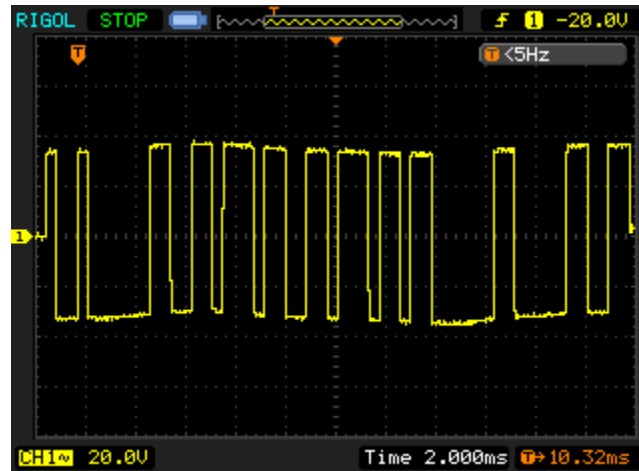


Figura 3.6 Información para la letra V tomada con el osciloscopio digital RIGOL.

3.2 Software de control de la pizarra utilizando el protocolo existente

Se realizó un análisis del software de control actual de la pizarra, a partir de las sugerencias de los operadores del mismo, en el cual se encontraron como deficiencias:

- El mismo solo puede ser operado a través del *mouse* o del teclado en caso de corrección, por lo que, por ejemplo, si se quisiera cambiar los Strikes, Bolas o Outs, tendría que hacerse a través del *mouse* y no de teclas como O, B o S, para el caso de Outs, bolas o strikes respectivamente lo cual resulta complejo para operadores con pocos conocimientos informáticos
- No cuenta con un contador del tiempo que dura un juego, el cual es necesario para la elaboración de las estadísticas del mismo.

A partir de las limitantes del software de control de la pizarra actual se desarrolló una aplicación utilizando la herramienta de diseño LabView. Esta aplicación contempla la misma estructura de trama que el programa original, pero introduce mejoras en cuanto a las deficiencias antes señaladas.

Cabe resaltar que la demora entre tramas se redujo a 1 segundo, logrando 1/6 de la demora del programa original, además de una interfaz más asequible a los operadores de la pizarra. En las figuras 3.7 y 3.8 se puede observar la interfaz gráfica de la herramienta y la captura de la trama enviada por este, respectivamente, y se puede verificar que coincide con la trama original del

programa actual, mostrada en la figura 2.9.

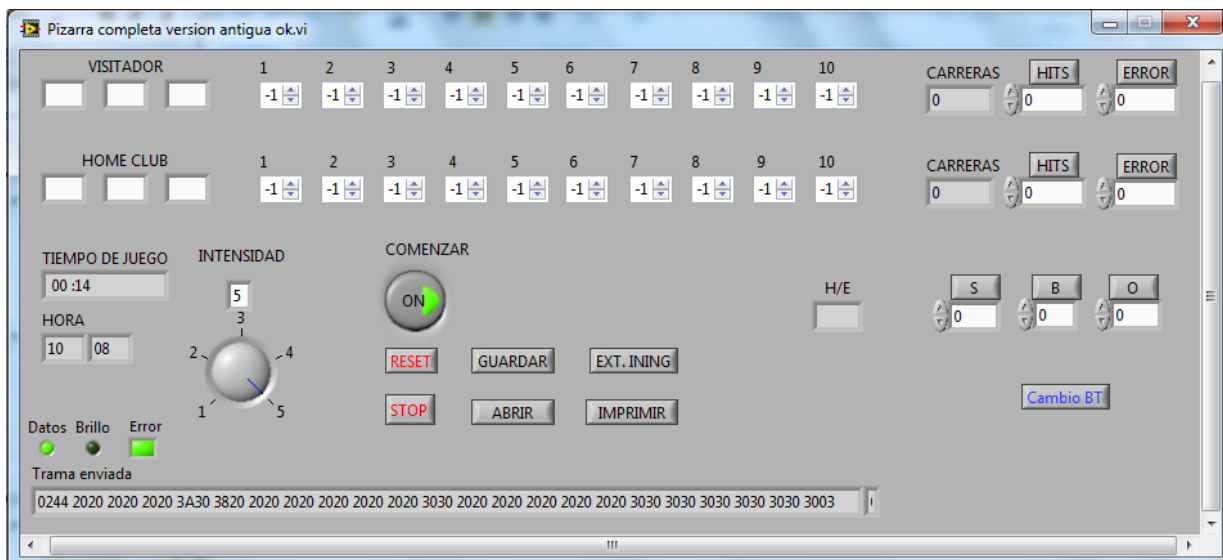


Figura 3.7. Interfaz gráfica del Software.

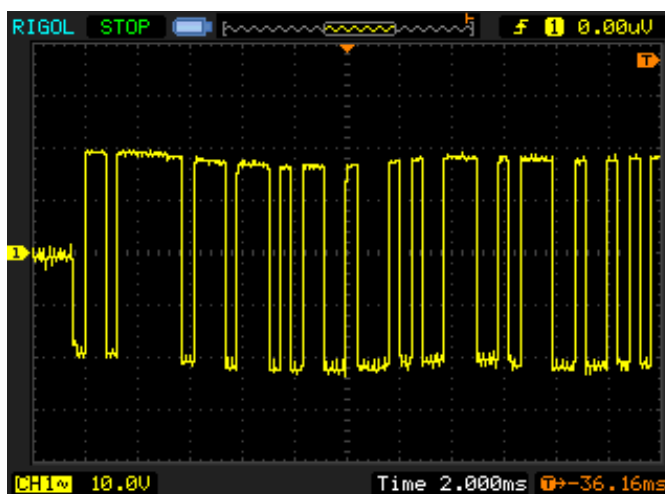


Figura 3.8. Segmento de la trama de información del Software tomada con el osciloscopio digital RIGOL.

3.2.1 Funcionamiento del Programa

Al iniciar el software no comienza la transmisión de datos hasta que se presione Comenzar. Posee un selector de intensidad de 1 a 5, o sea, desde menos a más intenso. Se agregó además un visualizador del tiempo que demora el juego, un visualizador de la trama enviada en

hexadecimal y un LED para el caso de trama de brillo o de dato, además de otro LED en caso de error en la conexión.

En el programa al comenzar los indicadores de cada inning están en -1, que representa apagado en los módulos indicadores de innings, posteriormente de seleccionado el *inning*, el valor de este puede ser cambiado a través del mouse o del teclado, utilizando las flechas de dirección, o escribiendo el valor deseado y aceptándolo presionando enter. De manera similar ocurre con los indicadores de hits y error, estos modifican de manera automática al ser cambiados el indicador H/E, por un período de 10 segundos respectivamente.

Los indicadores de Strike, Bola y Outs pueden ser cambiados presionando el botón correspondiente o la letra S, B o O. del teclado, los Outs se actualizan de manera automática al presionar 3 veces *Strike*, y estos y las Bolas se resetean al presionar Cambio BT, que indica un cambio de bateador.

La transmisión de la información se realiza a través del puerto serie o la interfaz USB-RS485, utilizando el puerto COM1, con una razón de 2400 bauds, 8 bits de datos, 1 bit de parada y no paridad. Cuando la información llega de manera correcta al módulo, este le responde al software (FFh en hexadecimal) que se recibió, en caso contrario, envía que hubo un error (00h en hexadecimal) y se procede a la retransmisión de la información.

3.3 Propuesta de nueva arquitectura

A partir del estudio realizado en el Trabajo de Diploma de Reinier César Mujica donde se seleccionó el protocolo ModBus en modo ASCII. y se diseñó una interfaz gráfica en C# para controlar de forma remota, usando Modbus, un módulo independiente de la pizarra (Hernández, 2015); se decidió implementar este protocolo en la nueva arquitectura, para controlar todos los módulos de la pizarra de béisbol con direcciones diferentes para cada módulo, producto a las facilidades que este brinda para esta aplicación en específico.

3.3.1 El protocolo ModBus

ModBus un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro-esclavo o cliente-servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs) (Bogdam, 2011).

ModBus permite el control de una red de dispositivos y comunicar los resultados a un ordenador. Cada dispositivo de la red ModBus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes, aunque lo habitual es permitirlo sólo al dispositivo maestro. Cada comando ModBus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama, pero sólo el destinatario la ejecuta. Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos ModBus permiten controlar un dispositivo conectado a la red para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

La comunicación se da en forma serial asíncrona bajo los estándares RS232 o RS485 para enlace semi-dúplex (*half-duplex*) y RS422 para enlace dúplex (*full-duplex*), utiliza diferentes medios físicos como son los de soporte metálico (cables), radio frecuencia (RF), fibra óptica, o infrarrojo (IR) y cuya velocidad de transmisión está prevista en valores discretos para el rango de 75 a 19.200 baudios (Bogdam, 2011).

La tabla 3.1 muestra una lista de las funciones de Modbus, con sus correspondientes códigos de operación. Se omitieron funciones que son más específicas para determinados controladores de Modicon (Modicon, 1996), señalando en este caso la utilizada para la configuración de la trama de control de la pizarra.

Tabla 3.1. Funciones y códigos de operación en Modbus.

Código	Hexadecimal	Descripción
1	01	Leer el estado n bits de salida (<i>Coils</i>)
2	02	Leer el estado de n bits de entrada (<i>Inputs</i>)
3	03	Leer el estado de n registros de salida (<i>Holding Registers</i>)
4	04	Leer el estado de n registros de entrada (<i>Inputs Registers</i>)
5	05	Modificar el estado de un bit de salida (<i>Coils</i>)
6	06	Modificar el estado de un registro de salida (<i>Holding Registers</i>)
7	07	Leer el estado de las bobinas de excepciones
8	08	Función de Diagnóstico

9	09	No utilizada
10	0A	No utilizada
11	0B	Leer contador de eventos de comunicaciones del esclavo
12	0C	Leer diario de eventos de comunicaciones del esclavo
13	0D	No utilizada
14	0E	No utilizada
15	0F	Modificar el estado n bits de salida (<i>Coils</i>)
16	10	Modificar el estado de n registros de salidas (<i>Holding Registers</i>)

3.3.2 Tramas ModBus.

Los dispositivos conectados a la red ModBus también pueden configurarse usando dos modos de transmisión contemplados en el estándar ModBus: ASCII o RTU para el intercambio de mensajes entre estos. Estos mensajes son conocidos como tramas (*frames*, en inglés), y están constituidas por un conjunto de caracteres que tienen una longitud en bits que depende del modo de transmisión utilizado. La longitud de las tramas es variable y está acotada a un máximo de 256 caracteres, pero su estructura siempre es la misma y no depende del modo de comunicación utilizado. La figura 3.9 muestra el formato de las tramas en ModBus (Hernández, 2015).

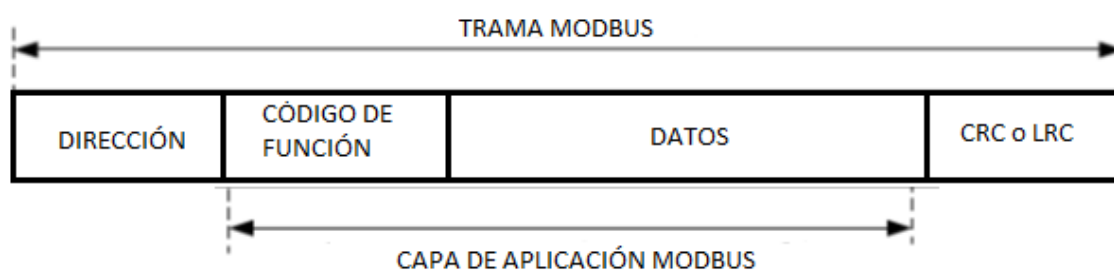


Figura 3.9. Formato de tramas en ModBus (Bogdam, 2011).

El campo de chequeo de errores permite a los dispositivos maestros y esclavos detectar errores en la transmisión de mensajes. Debido al ruido eléctrico o a las interferencias de otra naturaleza, se puede producir algún error en las tramas durante la transmisión. El control de errores asegura que los dispositivos receptores no ejecuten alguna acción incorrecta debido a una modificación en el mensaje original. En las redes ModBus se usan dos tipos de métodos de control de errores. El contenido del campo de chequeo de errores depende del modo de transmisión usado (ASCII o RTU).

Las principales diferencias son: ModBus RTU comunica a 8 bits de datos y ModBus ASCII a 7 bits. El inicio y fin de trama en RTU se realiza por intervalos de tiempo, el inicio y fin es una pausa de 3.5 /Tiempo de transmisión de un carácter y entre caracteres no se puede superar una pausa superior a 1.5 /tiempo de transmisión de un carácter. En ASCII el inicio de trama es con el carácter : y el fin de trama es el Chequeo de Redundancia Longitudinal (LRC).

En el modo ASCII, el campo de chequeo de errores contiene dos caracteres ASCII. El valor de este campo es el resultado del cálculo de LRC, aplicado al contenido del mensaje, excluyendo los caracteres delimitadores de trama. Los caracteres LRC se añaden al mensaje como el último campo que precede los caracteres delimitadores de trama (Modicon, 1996).

En la nueva arquitectura será implementado el modo de transmisión serial ASCII de ModBus, debido a que este protocolo tiene mejor funcionamiento en dispositivos de baja velocidad de procesamiento. Además, se escogió este modo debido a la facilidad que presenta en la detección de las tramas, ya que a diferencia del modo RTU no depende de pequeños períodos de tiempo. Esto mejora el desempeño del microcontrolador en la implementación y permite la conexión de dispositivos de baja velocidad de procesamiento a la red.

3.3.3 Cambio de Hardware

La nueva arquitectura propuesta respetará la estructura actual de la pizarra, solo serán necesarios cambios pequeños en el hardware con un costo mínimo:

- Agregar un puerto de comunicación RJ 45 a la placa de control de cada módulo. Cabe resaltar que esta tarjeta cuenta con la infraestructura necesaria para agregar este puerto, por lo que solo es necesario insertarlo y soldarlo a esta.
- Realizar aberturas a la parte anterior del panel, que den salida a los dos conectores RJ45 para el cableado entre paneles como se muestra en la figura 3.10. Estas conexiones reducen considerablemente el cableado interno de la pizarra, además de dar una estética mejor.

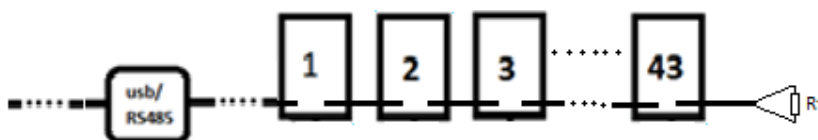


Figura 3.10. Conexiones entre módulos (distribución física).

El HUB será sustituido por conexiones en paralelo de los módulos con el par trenzado del RS485. La figura 3.11 muestra la arquitectura propuesta.

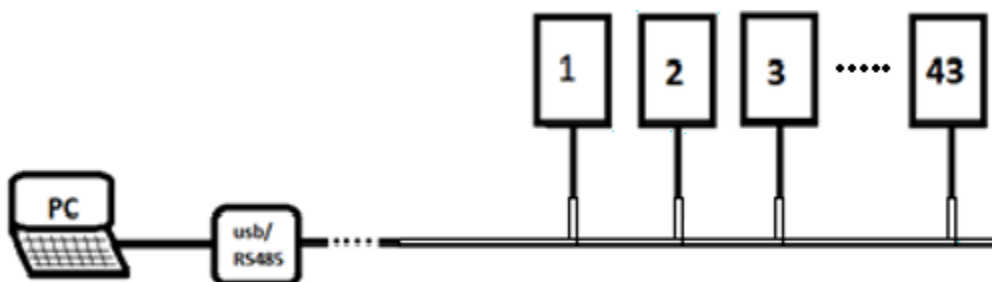


Figura 3.11. Arquitectura propuesta (distribución lógica).

Se implementará el protocolo de comunicación ModBus en modo ASCII, el cual contempla chequeo de errores. Cada módulo contará con una dirección, por lo que a la hora de mostrar datos en la pizarra no es necesario actualizar todos los módulos, solamente los modificados.

3.3.4 Software de control de la pizarra utilizando el protocolo ModBus.

Se propone un nuevo software para el control de la visualización de la pizarra, el cual actualizará los datos correspondientes inmediatamente después de ser modificados. La transmisión de la información se realizará a través del puerto serie o la interfaz USB-RS485, utilizando el puerto COM1, con una razón de 2400 bauds, 8 bits de datos, 1 bit de parada y no paridad.

Para esta nueva arquitectura no es necesaria una herramienta de prueba de módulos, puesto que cada módulo es independiente, están conectados en paralelo y cuentan con una dirección propia, por lo que se puede trabajar desde el software controlador de la pizarra propuesto. La figura 3.12 muestra la interfaz gráfica de este nuevo software.

La distribución de las direcciones (en hexadecimal) para cada módulo es la misma que la estructura de la pizarra, o sea, la dirección 01 corresponde a la primera letra del equipo visitante y la 43 al de contador de Outs. Cabe resaltar que su funcionamiento difiere del original en cuanto al envío de datos.



Figura 3.12. Interfaz gráfica del software. Actualizar las figuras que han cambiado

Como cada módulo cuenta con una dirección diferente, la estructura de la trama es diferente en cada uno de estos, por lo que es necesario confirmar el envío mediante un botón. Para el caso de la intensidad se envía una trama de multidifusión con esta información, la cual se interpreta en todos los módulos.

Como la estructura de la pizarra contiene módulos dobles para las Carreras, los Hits y la hora, o sea, permite visualizar de 0 a 99; se procedió de la siguiente manera:

- En el caso de los Hits y las Carreras, los dos módulos contendrán la misma dirección, pero internamente se separan los datos restándole 10 a la información, en caso que esta supere este valor y visualizando las décimas en el segundo módulo, mientras que el valor menos significativo en el primero.
- En el caso de la Hora se divide la información internamente según los valores de esta, contando también con la misma dirección los tres módulos.

La estructura de la trama está conformada con un byte de encabezado enviando : (3A en caracteres ASCII), seguido de dos bytes de dirección, un byte de código de función, y los bytes de datos que pueden variar en función de la trama a enviar, concluyendo con un byte de chequeo de error LRC

La información se verificó en la práctica para un módulo con dirección 05 utilizando el osciloscopio digital; arrojando el resultado mostrado en la figura 3.13, en la que se envía la

información de la trama :050600000002F3 donde los dos puntos significan inicio de la transmisión; seguido de la dirección 05; con el código de función 06, que significa escribir en el registro de salida; seguido de 2 dígitos en hexadecimal indicando el registro a modificar, en este caso el de datos; a continuación el dato 0002h y por último el LRC de la trama.

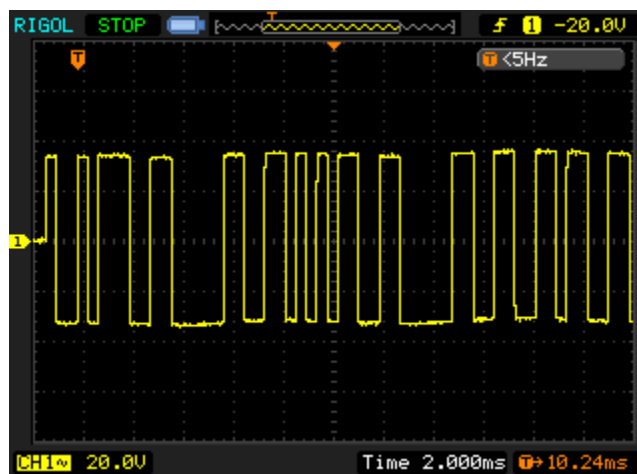


Figura 3.13. Información enviada para el caso de un módulo con dirección 05

Para probar la funcionalidad de este software se conectaron en paralelo dos módulos, uno tipo A y otro tipo B y cinco tarjetas controladoras. Estas últimas aunque no disponían de un visualizador, se configuraron de tal manera que el LED indicador de encendido parpadeara la cantidad de veces el dato enviado. En el anexo XI se muestra la imagen de esta prueba donde se comprueba el correcto funcionamiento del software.

3.3.5 Conclusiones parciales

A partir del equipamiento de fabricante Phuthanh, y la disponibilidad del hardware de este, se realizó un software que sirve como herramienta para la prueba de módulos, diseñada en LabView para la simulación del protocolo que utiliza el HUB hacia los módulos. Se planteó una versión mejorada del software de control de la pizarra, utilizando el mismo protocolo de comunicaciones. Se presenta además un nuevo software utilizando el protocolo ModBus como protocolo de comunicaciones, en la arquitectura propuesta. Cada software se verificó en la práctica con la ayuda de un osciloscopio digital y los módulos disponibles, lográndose resultados positivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinaron los requerimientos de equipos electrónicos en los sistemas de visualización y control de los eventos deportivos. Los cuales se encuentran normados y sirven de guía para las federaciones nacionales y productores de equipos electrónicos.
- Se identificaron las principales arquitecturas establecidas en los sistemas de visualización y control.
- Se analizó la pizarra de béisbol íntegramente a nivel de hardware y de software para determinar sus características.
- Se realizó un estudio de los protocolos de comunicación que intercambia la PC y el HUB y el HUB con los módulos de visualización.
- Se desarrolló una aplicación basadas en la herramienta de diseño LabView, para la prueba de los módulos por separado, utilizando el protocolo del HUB.
- Se elaboró un nuevo software en la herramienta de diseño LabView basado en el protocolo existente que resuelve los problemas presentados por la versión anterior de este.
- Se seleccionó el protocolo de comunicaciones ModBus como el adecuado a los requerimientos de este trabajo, utilizando la interfaz de comunicaciones RS-485.
- Se propuso una nueva arquitectura para la pizarra de béisbol, la cual resuelve muchos problemas con un costo mínimo de implementación.
- Se desarrolló una nueva aplicación basadas en la herramienta de diseño LabView, utilizando el protocolo de comunicaciones ModBus, para el control de la visualización en la pizarra de béisbol.
- Se montó, verificó y se puso en funcionamiento esta arquitectura.

Recomendaciones

Los resultados alcanzados en este trabajo pueden ser el punto de partida de futuras investigaciones. Para establecer la necesaria continuidad que debe tener este trabajo se recomienda:

- Continuar el desarrollo de los programas propuestos, adaptándolos más a las necesidades de los operadores.
- Realizar el montaje de la nueva arquitectura en las pizarras de béisbol de nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADITECK. 2006. *Electronic Visualizer* [Online]. Available: <http://www.aditeck.com.mx/pizarras> deportivas [Accessed 03-12 2016].
- AMSIG. 2016. *American Signal Company* [Online]. Available: <http://amsig.com/> [Accessed 08-06 2016].
- ARENY, R. P. 2007. *Adquisición y Distribución de Señales*, Editorial Marcombo.
- BANZI, M. 2010. *Getting Started with Proteus*.
- BOGDAM, W. M. 2011. *Industrial Communication Systems. The Industrial Electronics Handbook*. Second Edition ed.
- FIDE. 2008. *Standards of Chess Equipment and tournament venue for FIDE Tournaments* [Online]. Available: http://www.fide.com/handbook?option=com_handbook [Accessed 18-02 2016].
- FIFA. 2013. *Laws of the Game* [Online]. Available: http://www.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/refereeing/81/42/36/log2013en_neutral.pdf [Accessed 18-02 2016].
- HENAO, J. D. 2012. *TABLERO ELECTRONICO DEPORTIVO MULTIFUNCIONAL* Universidad de San Buenaventura Bogotá
- HERNÁNDEZ, R. C. M. 2015. *Implementación de un protocolo de comunicaciones para equipos electrónicos utilizados en eventos deportivos*. 5, UCLV.
- INDER. 2003. *Béisbol de Cuba* [Online]. Available: <http://www.beisbolcubano.cu/info/reglaserie.asp> [Accessed 12-3 2016].
- INSTRUMENTS, N. 2014. *LabView. LabView*. National Instruments.
- JIMÉNEZ, R. D. 2014. *Tecnología Led para un programa mejorado de luz sustentable*.
- MAXIM 1996. *Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-487 Transceivers*.
- MODICON, I. 1996. *Modbus Protocol Reference Guide*. In: SYSTEMS, I. A. (ed.) *First Edition* ed.

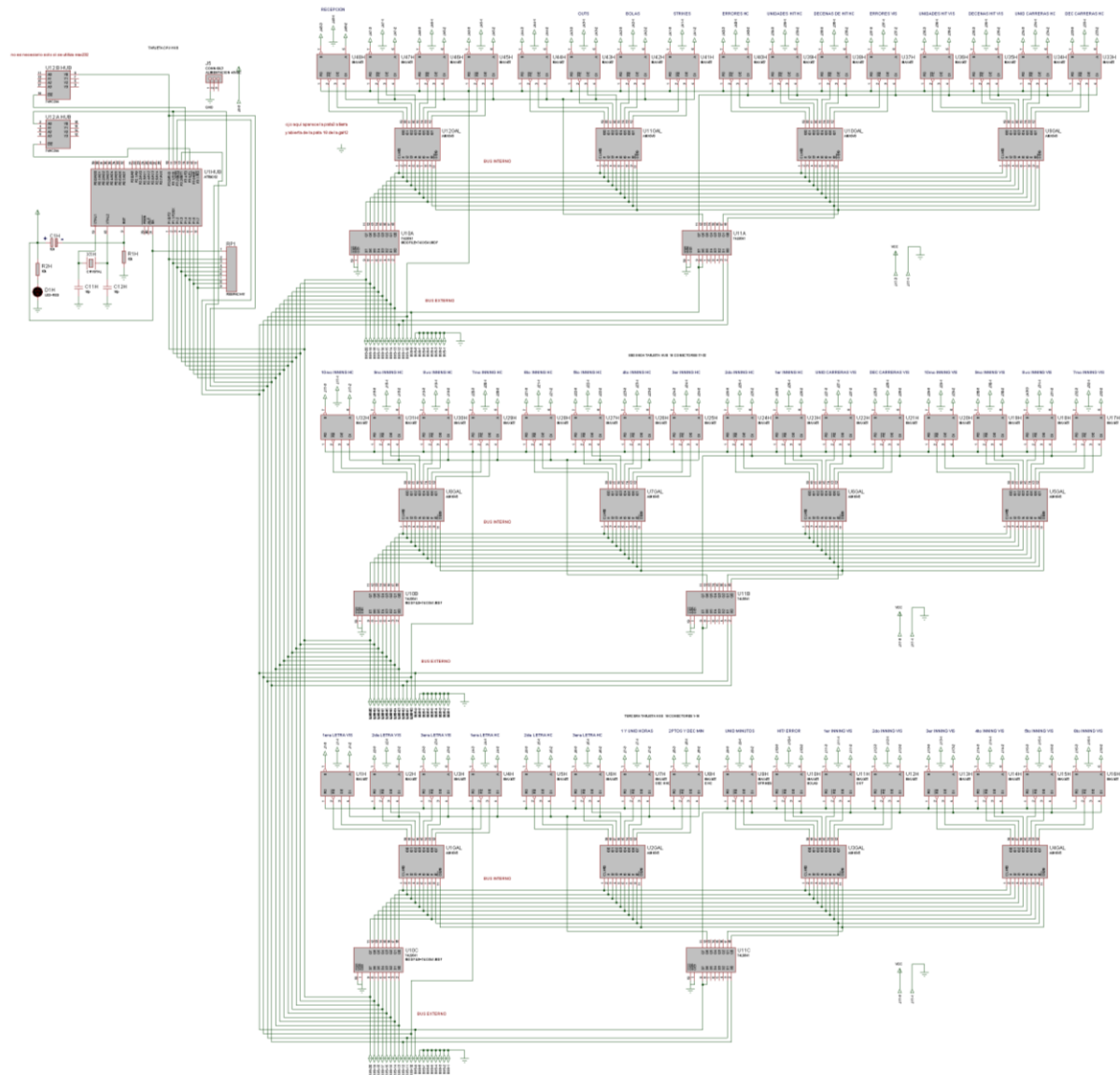
- MULTILED. 2010. *Multiled Vendor and Producer* [Online]. Available: <http://www.multiled.com.ar/esp/> [Accessed 08-03 2016].
- NIETO, S. 2007. *Béisbol en Cuba Hispánica*, Editorial Científico-Técnica.
- PALAZZESI, A. 2008. *Matrices de LED*.
- PALIZA, F. A. 2013. Redes de Conmutación de Paquetes. Redes 1.
- PCC 2011. Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y La Revolución.
- PHUTHANH. 2015. *CÀI ĐẶT CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN BẢNG ĐIỆN* [Online]. Available: <http://www.phuthanh.com.vn> [Accessed 05-06 2016].
- PUBLIK. 2005. *Pizarras Deportivas* [Online]. Available: <http://www.publik.com.co/> [Accessed 03-08 2016].
- RIGOL 2008. DS1000E, DS1000D Series Digital Oscilloscopes.
- SALAZÁR, F. 2013. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIAS LEDS.
- SÓFBOL, R. F. E. D. B. Y. 2015. Reglas Oficiales de Béisbol. In: R.F.E.B.S (ed.) *Serie Roja*.
- STARCHIPS_TECHNOLOGY_INC 2011. SCT2024 In: STARCHIPS (ed.) 01_03 ed.
- VÁZQUEZ, P. A. C. 2015. *Diseño e implementación de una consola de control para equipos electrónicos empleados en el deporte*. 5, UCLV.
- ZIMBALIST, A. S. 2006. *National Pastime: How Americans Play Baseball and the Rest of the World Plays Soccer*, Brookings Institution Press.
- ZURAWSKI, R. 2005. The industrial communication technology handbook. CRC Press.

Anexos

Anexo I Distribución del cableado del HUB



Anexo II Estructura interna del HUB



Anexo III Tabla de caracteres ASCII

Carácter	Decimal	Hexadecimal	Octal	Binario
NUL	0	0x00	00	00000000
SOH	1	0x01	01	00000001
STX	2	0x02	02	00000010
ETX	3	0x03	03	00000011
EOT	4	0x04	04	00000100
ENQ	5	0x05	05	00000101

ACK	6	0x06	06	00000110
BEL	7	0x07	07	00000111
BS	8	0x08	010	00001000
HT	9	0x09	011	00001001
LF	10	0x0A	012	00001010
VT	11	0x0B	013	00001011
FF	12	0x0C	014	00001100
CR	13	0x0D	015	00001101
SO	14	0x0E	016	00001110
SI	15	0x0F	017	00001111
DLE	16	0x10	020	00010000
DC1	17	0x11	021	00010001
DC2	18	0x12	022	00010010
DC3	19	0x13	023	00010011
DC4	20	0x14	024	00010100
NAK	21	0x15	025	00010101
SYN	22	0x16	026	00010110
ETB	23	0x17	027	00010111
CAN	24	0x18	030	00011000
EM	25	0x19	031	00011001
SUB	26	0x1A	032	00011010
ESC	27	0x1B	033	00011011
FS	28	0x1C	034	00011100
GS	29	0x1D	035	00011101
RS	30	0x1E	036	00011110
US	31	0x1F	037	00011111
	32	0x20	040	00100000
!	33	0x21	041	00100001
"	34	0x22	042	00100010
#	35	0x23	043	00100011
\$	36	0x24	044	00100100
%	37	0x25	045	00100101

&	38	0x26	046	00100110
'	39	0x27	047	00100111
(	40	0x28	050	00101000
)	41	0x29	051	00101001
*	42	0x2A	052	00101010
+	43	0x2B	053	00101011
,	44	0x2C	054	00101100
-	45	0x2D	055	00101101
.	46	0x2E	056	00101110
/	47	0x2F	057	00101111
0	48	0x30	060	00110000
1	49	0x31	061	00110001
2	50	0x32	062	00110010
3	51	0x33	063	00110011
4	52	0x34	064	00110100
5	53	0x35	065	00110101
6	54	0x36	066	00110110
7	55	0x37	067	00110111
8	56	0x38	070	00111000
9	57	0x39	071	00111001
:	58	0x3A	072	00111010
;	59	0x3B	073	00111011
<	60	0x3C	074	00111100
=	61	0x3D	075	00111101
>	62	0x3E	076	00111110
?	63	0x3F	077	00111111
@	64	0x40	0100	01000000
A	65	0x41	0101	01000001
B	66	0x42	0102	01000010
C	67	0x43	0103	01000011
D	68	0x44	0104	01000100
E	69	0x45	0105	01000101

F	70	0x46	0106	01000110
G	71	0x47	0107	01000111
H	72	0x48	0110	01001000
I	73	0x49	0111	01001001
J	74	0x4A	0112	01001010
K	75	0x4B	0113	01001011
L	76	0x4C	0114	01001100
M	77	0x4D	0115	01001101
N	78	0x4E	0116	01001110
O	79	0x4F	0117	01001111
P	80	0x50	0120	01010000
Q	81	0x51	0121	01010001
R	82	0x52	0122	01010010
S	83	0x53	0123	01010011
T	84	0x54	0124	01010100
U	85	0x55	0125	01010101
V	86	0x56	0126	01010110
W	87	0x57	0127	01010111
X	88	0x58	0130	01011000
Y	89	0x59	0131	01011001
Z	90	0x5A	0132	01011010
[	91	0x5B	0133	01011011
\	92	0x5C	0134	01011100
]	93	0x5D	0135	01011101
^	94	0x5E	0136	01011110
_	95	0x5F	0137	01011111
`	96	0x60	0140	01100000
a	97	0x61	0141	01100001
b	98	0x62	0142	01100010
c	99	0x63	0143	01100011
d	100	0x64	0144	01100100
e	101	0x65	0145	01100101

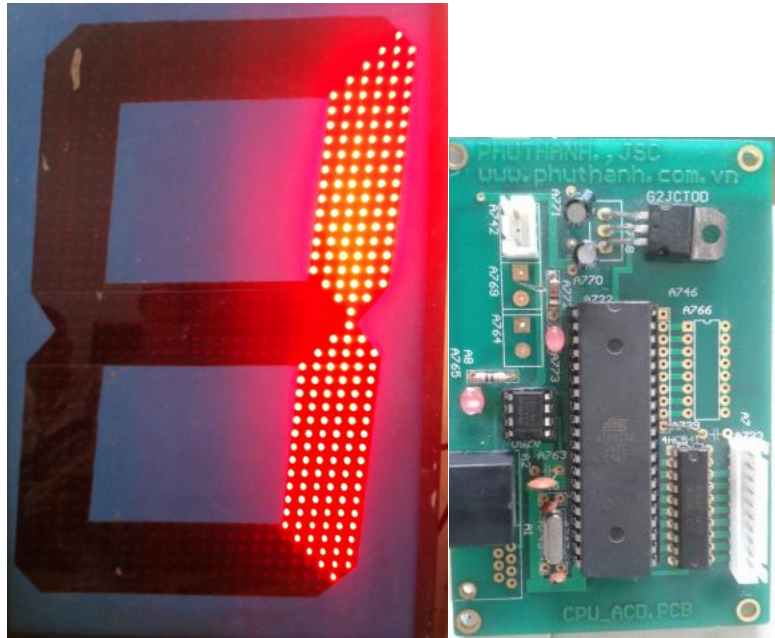
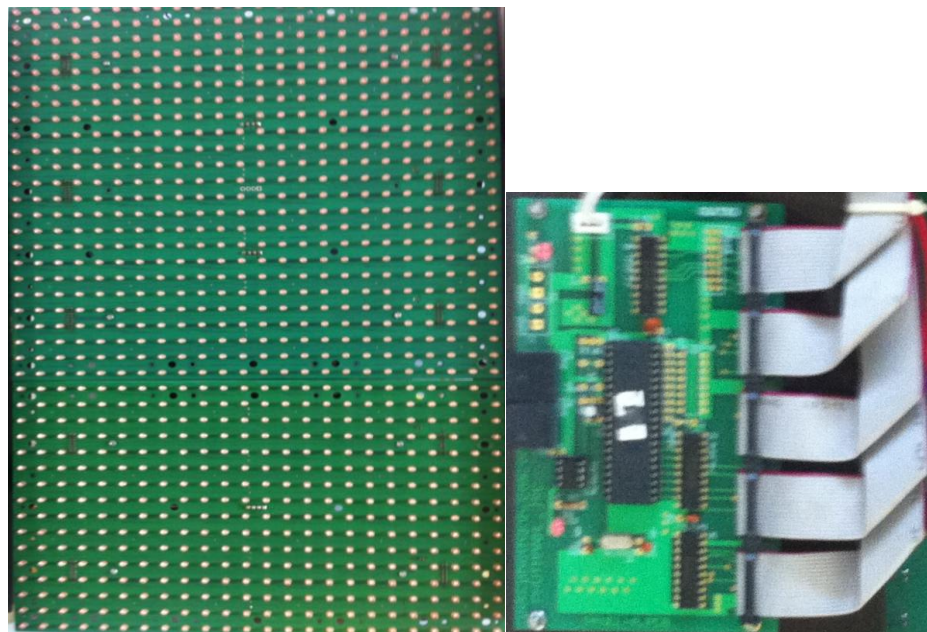
f	102	0x66	0146	01100110
g	103	0x67	0147	01100111
h	104	0x68	0150	01101000
i	105	0x69	0151	01101001
j	106	0x6A	0152	01101010
k	107	0x6B	0153	01101011
l	108	0x6C	0154	01101100
m	109	0x6D	0155	01101101
n	110	0x6E	0156	01101110
o	111	0x6F	0157	01101111
p	112	0x70	0160	01110000
q	113	0x71	0161	01110001
r	114	0x72	0162	01110010
s	115	0x73	0163	01110011
t	116	0x74	0164	01110100
u	117	0x75	0165	01110101
v	118	0x76	0166	01110110
w	119	0x77	0167	01110111
x	120	0x78	0170	01111000
y	121	0x79	0171	01111001
z	122	0x7A	0172	01111010
{	123	0x7B	0173	01111011
 	124	0x7C	0174	01111100
}	125	0x7D	0175	01111101
~	126	0x7E	0176	01111110
□	127	0x7F	0177	01111111
Ç	128	0x80	0200	10000000
ü	129	0x81	0201	10000001
é	130	0x82	0202	10000010
â	131	0x83	0203	10000011
ä	132	0x84	0204	10000100
à	133	0x85	0205	10000101

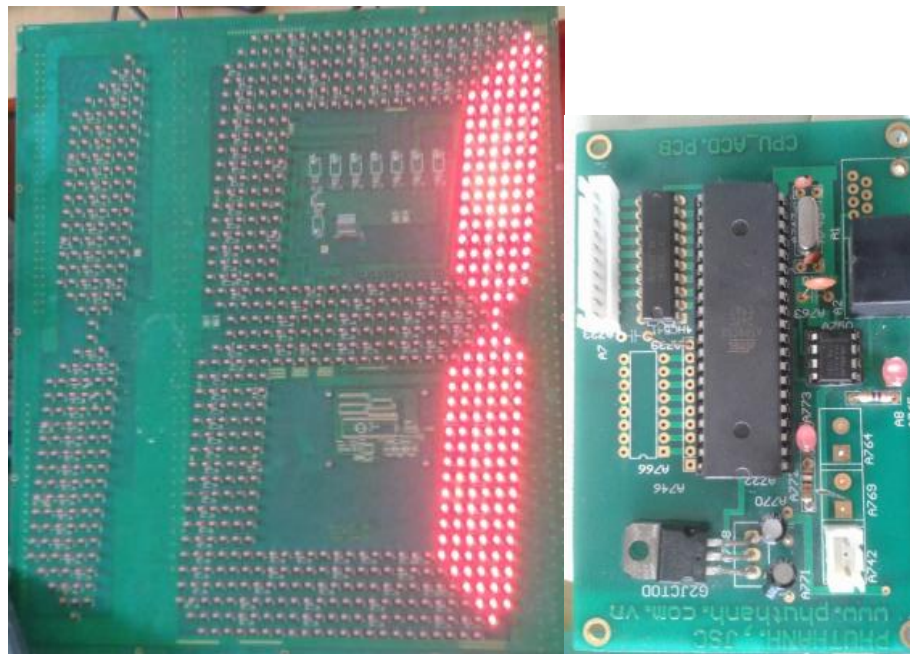
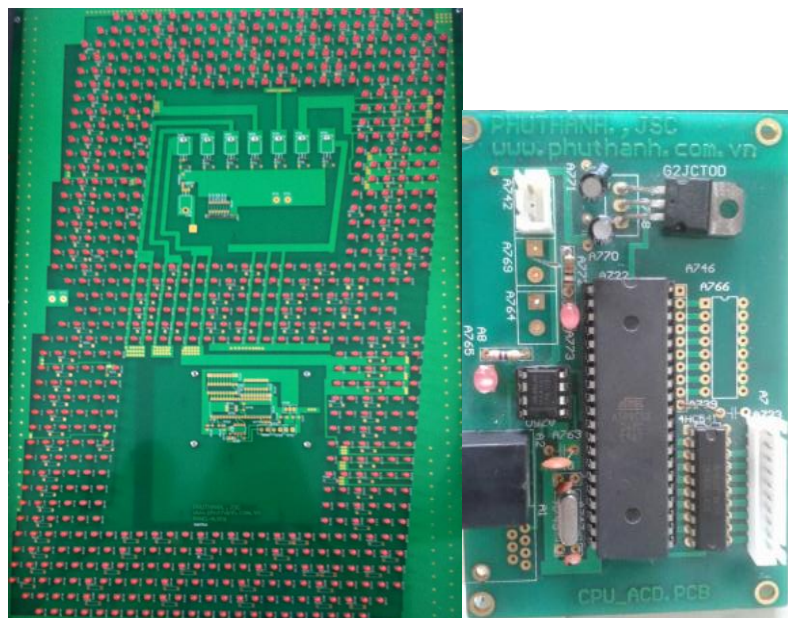
å	134	0x86	0206	10000110
ç	135	0x87	0207	10000111
ê	136	0x88	0210	10001000
ë	137	0x89	0211	10001001
è	138	0x8A	0212	10001010
ï	139	0x8B	0213	10001011
î	140	0x8C	0214	10001100
ì	141	0x8D	0215	10001101
Ä	142	0x8E	0216	10001110
Å	143	0x8F	0217	10001111
É	144	0x90	0220	10010000
æ	145	0x91	0221	10010001
Æ	146	0x92	0222	10010010
ô	147	0x93	0223	10010011
ö	148	0x94	0224	10010100
ò	149	0x95	0225	10010101
û	150	0x96	0226	10010110
ù	151	0x97	0227	10010111
ÿ	152	0x98	0230	10011000
Ö	153	0x99	0231	10011001
Ü	154	0x9A	0232	10011010
ø	155	0x9B	0233	10011011
£	156	0x9C	0234	10011100
Ø	157	0x9D	0235	10011101
×	158	0x9E	0236	10011110
f	159	0x9F	0237	10011111
á	160	0xA0	0240	10100000
í	161	0xA1	0241	10100001
ó	162	0xA2	0242	10100010
ú	163	0xA3	0243	10100011
ñ	164	0xA4	0244	10100100
Ñ	165	0xA5	0245	10100101

a	166	0xA6	0246	10100110
o	167	0xA7	0247	10100111
ı	168	0xA8	0250	10101000
®	169	0xA9	0251	10101001
¬	170	0xAA	0252	10101010
½	171	0xAB	0253	10101011
¼	172	0xAC	0254	10101100
i	173	0xAD	0255	10101101
«	174	0xAE	0256	10101110
»	175	0xAF	0257	10101111
—	176	0xB0	0260	10110000
—	177	0xB1	0261	10110001
—	178	0xB2	0262	10110010
ı	179	0xB3	0263	10110011
ı	180	0xB4	0264	10110100
Á	181	0xB5	0265	10110101
Â	182	0xB6	0266	10110110
À	183	0xB7	0267	10110111
©	184	0xB8	0270	10111000
ı	185	0xB9	0271	10111001
ı	186	0xBA	0272	10111010
+	187	0xBB	0273	10111011
+	188	0xBC	0274	10111100
¢	189	0xBD	0275	10111101
¥	190	0xBE	0276	10111110
+	191	0xBF	0277	10111111
+	192	0xC0	0300	11000000
-	193	0xC1	0301	11000001
-	194	0xC2	0302	11000010
+	195	0xC3	0303	11000011
-	196	0xC4	0304	11000100
+	197	0xC5	0305	11000101

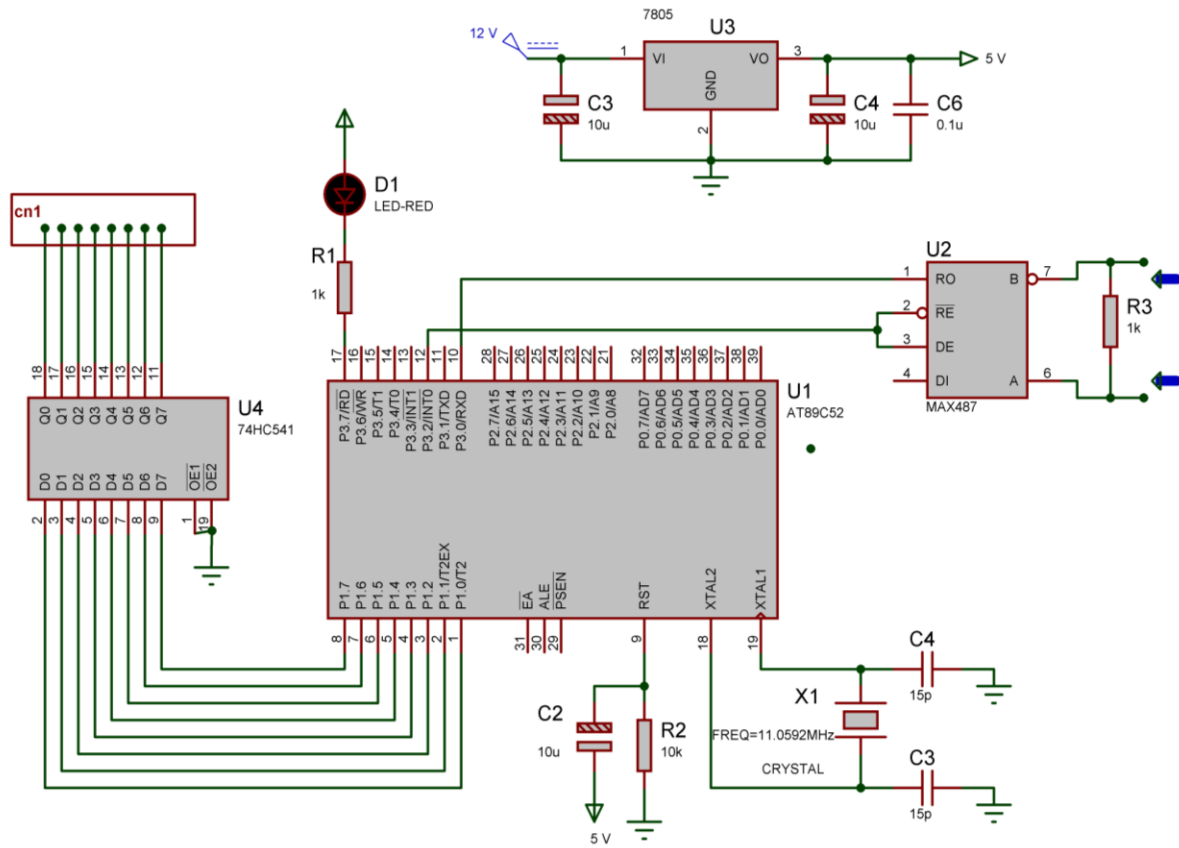
ã	198	0xC6	0306	11000110
Ã	199	0xC7	0307	11000111
+	200	0xC8	0310	11001000
+	201	0xC9	0311	11001001
-	202	0xCA	0312	11001010
-	203	0xCB	0313	11001011
:	204	0xCC	0314	11001100
-	205	0xCD	0315	11001101
+	206	0xCE	0316	11001110
▣	207	0xCF	0317	11001111
ð	208	0xD0	0320	11010000
Ð	209	0xD1	0321	11010001
Ê	210	0xD2	0322	11010010
Ë	211	0xD3	0323	11010011
È	212	0xD4	0324	11010100
ì	213	0xD5	0325	11010101
Í	214	0xD6	0326	11010110
Î	215	0xD7	0327	11010111
Ï	216	0xD8	0330	11011000
+	217	0xD9	0331	11011001
+	218	0xDA	0332	11011010
–	219	0xDB	0333	11011011
–	220	0xDC	0334	11011100
:	221	0xDD	0335	11011101
Ì	222	0xDE	0336	11011110
–	223	0xDF	0337	11011111
Ó	224	0xE0	0340	11100000
ß	225	0xE1	0341	11100001
Ô	226	0xE2	0342	11100010
Ò	227	0xE3	0343	11100011
Õ	228	0xE4	0344	11100100
Õ	229	0xE5	0345	11100101

μ	230	0xE6	0346	11100110
Ɔ	231	0xE7	0347	11100111
Ɔ	232	0xE8	0350	11101000
Ú	233	0xE9	0351	11101001
Û	234	0xEA	0352	11101010
Ù	235	0xEB	0353	11101011
ý	236	0xEC	0354	11101100
Ý	237	0xED	0355	11101101
–	238	0xEE	0356	11101110
´	239	0xEF	0357	11101111
	240	0xF0	0360	11110000
±	241	0xF1	0361	11110001
–	242	0xF2	0362	11110010
¾	243	0xF3	0363	11110011
¶	244	0xF4	0364	11110100
§	245	0xF5	0365	11110101
÷	246	0xF6	0366	11110110
¸	247	0xF7	0367	11110111
°	248	0xF8	0370	11111000
¨	249	0xF9	0371	11111001
•	250	0xFA	0372	11111010
¹	251	0xFB	0373	11111011
³	252	0xFC	0374	11111100
²	253	0xFD	0375	11111101
–	254	0xFE	0376	11111110
NULL	255	0xFF	0377	11111111

Anexo IV Imagen de un módulo tipo A y su placa de control**Anexo V Imagen de un módulo tipo B y su placa de control**

Anexo VI Imagen de un módulo tipo C y su placa de control**Anexo VII Imagen de un módulo tipo HE y su placa de control**

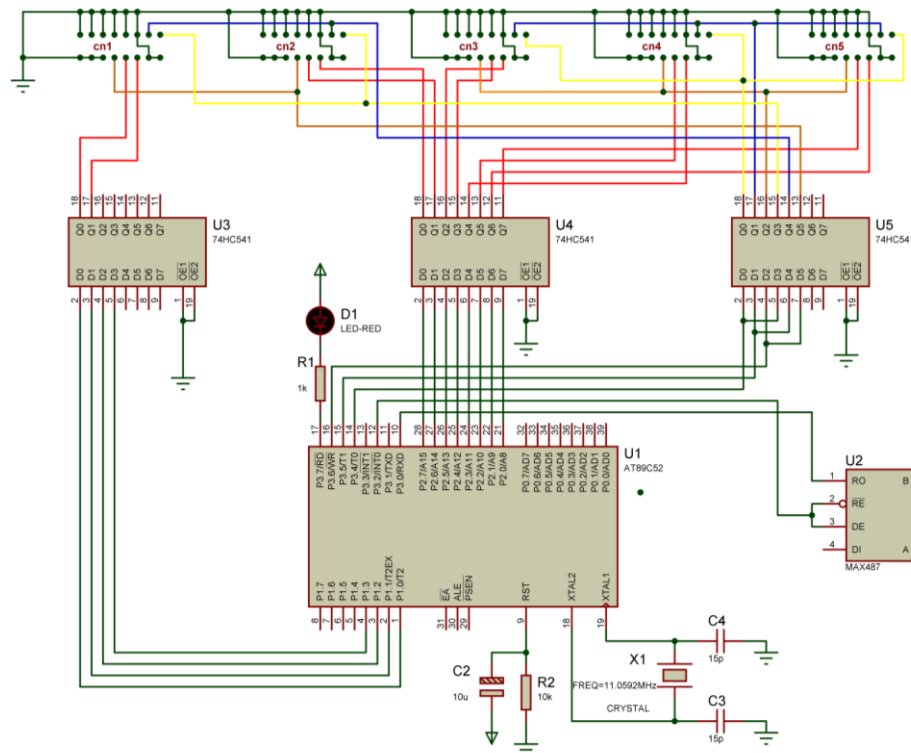
Anexo VIII Plano electrónico de la placa de control de los módulos tipo A, C, D, HE



Anexo IX Distribución de la matriz de LED en un módulo tipo B

95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R0 (1) P1.0
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R1 (1) P1.1
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R0 (2) P2.6
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R1 (2) P2.7
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R0 (3) P2.4
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R1 (3) P2.5
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R0 (4) P2.2
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R1 (4) P2.3
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R0 (5) P2.0
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	
95	94	93	92	79	78	77	76	63	62	61	60	47	46	45	44	31	30	29	28	15	14	13	12	R1 (5) P2.1
91	90	89	88	75	74	73	72	59	58	57	56	43	42	41	40	27	26	25	24	11	10	9	8	
87	86	85	84	71	70	69	68	55	54	53	52	39	38	37	36	23	22	21	20	7	6	5	4	
83	82	81	80	67	66	65	64	51	50	49	48	35	34	33	32	19	18	17	16	3	2	1	0	

Anexo X Plano electrónico de la placa de control de los módulos tipo B



Anexo XI Imagen de la prueba realizada con varios módulos conectados en paralelo

