



XVII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2017)

Aplicaciones para pizarra electrónica de béisbol realizadas a partir de ingeniería inversa.

Applications for electronic baseball scoreboards made from reverse engineering.

Carlos A. Bazán Prieto¹, Reinier C. Mujica Hernández²

1- Carlos Alberto Bazán Prieto. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba.

E-mail: cabazan@uclv.edu.cu

2- Reinier César Mujica Hernández. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas,

Cuba. E-mail: remujica@uclv.cu

Resumen: Para el desarrollo satisfactorio de un evento deportivo, resulta crucial la utilización de equipos electrónicos como medios de control y visualización de la información. En la mayoría de los casos, estos equipos electrónicos se encuentran regulados por las federaciones deportivas internacionales correspondientes, como ocurre en Cuba para el béisbol. Los principales estadios de béisbol cubanos, disponen de una pizarra electrónica profesional. Estas pizarras necesitan mantenimiento y reparación, pero no existe la información del fabricante. Igualmente, el software facilitado por el fabricante no satisface las necesidades de los operadores. En este trabajo se realiza la ingeniería inversa a los distintos módulos de la pizarra, así como a los protocolos de comunicaciones. Como resultados se dispone de los esquemas electrónicos, documentación del funcionamiento, así como de los protocolos de comunicaciones. También se desarrollaron herramientas para pruebas de los diferentes módulos por separado, y un nuevo software de control de la pizarra con mejores prestaciones que el utilizado actualmente.

Abstract: For the satisfactory development of a sporting event, the use of electronic equipment as means of control and visualization of information is crucial. In most cases, this electronic equipment is regulated by the corresponding international sports federations, as in Cuba for baseball. The main Cuban baseball stadiums have a professional scoreboard. These scoreboard need maintenance and repair, but the





manufacturer's information does not exist. Also, the software provided by the manufacturer does not meet the needs of the operators. In this work the reverse engineering of the different modules of the scoreboard, as well as the communication protocols, is carried out. As a result, electronic diagrams, operating documentation and communications protocols are available. We also developed test tools for the different modules separately, and new control software for scoreboard with better performance than the one currently used.

Palabras Clave: Pizarras electrónicas; Protocolos de comunicación; Ingeniería inversa.

Keywords: *Electronic scoreboards; Communication protocols; Reverse engineering.*

1. Introducción

Para el desarrollo de la mayoría de los eventos deportivos, se necesita un sistema capaz de controlar y mostrar la información durante el transcurso de la actividad: tiempo, marcador, equipos, etc. La mayoría de las reglamentaciones de las federaciones deportivas exigen determinados parámetros para la realización de los eventos oficiales internacionales y nacionales, ya que contribuyen al evento deportivo y a facilitar el trabajo de los árbitros. El control automatizado de las pizarras electrónicas permite que los jugadores, entrenadores, árbitros y espectadores en general, puedan seguir el desarrollo del juego de una manera más clara, mezclando el deporte, la comodidad y la tecnología.

En la actualidad, las pizarras electrónicas son muy utilizadas en todo el mundo y existen compañías dedicadas a su diseño y fabricación. Las pizarras de béisbol existentes en los estadios cubanos, son un producto de fabricación vietnamita de la empresa Phuthanh [1]. Actualmente no se dispone de la información suficiente del hardware, software y protocolos de comunicaciones, que permitan realizar una adecuada reparación y mantenimiento. Por otra parte, la aplicación brindada por el fabricante para el manejo de estas pizarras no permite realizar cambios, por lo que no es posible adaptar su funcionamiento a los intereses y necesidades de los operadores.

La Empresa Productora y Comercializadora de Artículos Deportivos (EPCAD) es la encargada del mantenimiento y reparación de estas pizarras, por lo que ante las



limitaciones mencionadas anteriormente, ha firmado un proyecto de colaboración con la Universidad Central de Las Villas (UCLV), para realizar las investigaciones pertinentes. Los objetivos de este trabajo son, realizar la ingeniería inversa a todos los módulos electrónicos de la pizarra de béisbol, identificar los protocolos de comunicaciones y proponer nuevas aplicaciones para las pruebas independientes de los módulos y para el control de la pizarra electrónica de béisbol existente.

2. Metodología

Las pizarras existentes en los estadios de béisbol cubanos funcionan con una microcomputadora (PC), un convertidor USB/RS485 [2] enviando y recibiendo datos a un dispositivo concentrador y distribuidor (HUB) que se comunica con cada uno de los 43 módulos con los que cuenta esta pizarra para mostrar la información de un juego de béisbol. La arquitectura de estas pizarras se muestra en la Figura 1.

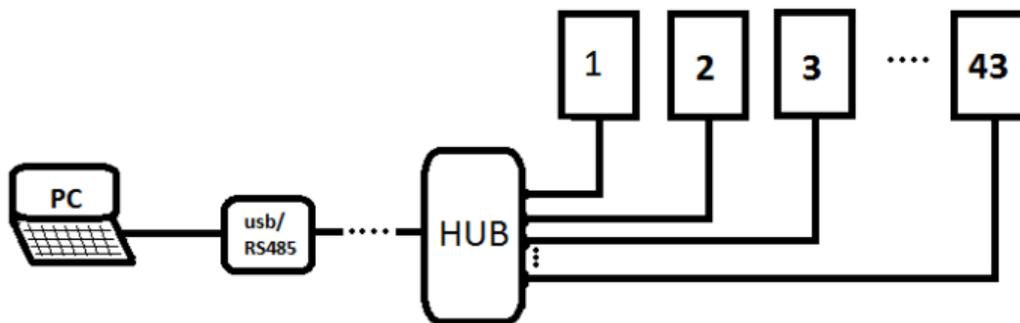


Figura 1. Arquitectura de las pizarras electrónicas de béisbol.

La pizarra posee 43 módulos divididos en 5 tipos para diferentes funciones, como se muestra en la Figura 2 y se describen a continuación:

- Módulo tipo A, de un solo dígito numérico de 7 segmentos (0 al 9).
- Módulo tipo B, matriz para letras y números.
- Módulo tipo C, de un dígito numérico de 7 segmentos más un 1 (0 al 19).
- Módulo tipo D, de un solo dígito numérico de 7 segmentos más dos puntos utilizado como separador de la hora y los minutos.
- Módulo tipo HE, módulo igual al tipo A, pero solo visualiza H (Hit) o E (Error).

Nombre Equipo			1INNING..... 10										C H E				
B 1	B 2	B 3	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	A 21	A 22	A 35	A 36	C 37
B 4	B 5	B 6	C 23	C 24	C 25	C 26	C 27	C 28	C 29	C 30	C 31	C 32	A 33	A 34	A 38	A 39	C 40
Reloj													S B O				
C 7	D 8	A 9											A 41	A 42	A 43		
			H/E														
			A+ 10														

Figura 2. Tipos de módulos de la pizarra electrónica de Béisbol y su número de identificación.

Todos los módulos, incluido el HUB, están basados en el microcontrolador AT89S52 de la familia MCS-51 del fabricante Atmel [3]. La aplicación brindada por el fabricante para el manejo de estas pizarras, mostrada en la Figura 3, envía la información necesaria utilizando comunicaciones sobre dos hilos, del tipo RS485 [4]. Esta aplicación tiene una buena apariencia, pero su funcionamiento no satisface las exigencias de los operadores, y no puede ser modificada al no disponerse del código fuente.

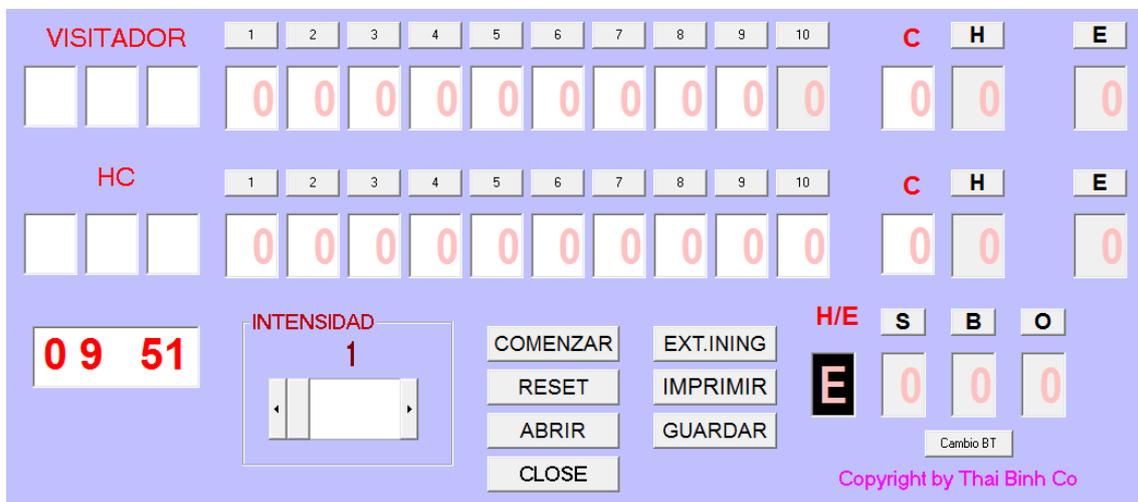


Figura 3. Aplicación para la pizarra electrónica de Béisbol.

La situación actual identificada es:

- No se dispone de toda la información de hardware y software, necesarios para el mantenimiento y reparación.
- El funcionamiento de la pizarra depende en gran medida del HUB (de gran complejidad), una falla afecta la pizarra íntegramente.



- El programa de la aplicación presenta limitaciones, señaladas por los operadores, que no pueden ser corregidas al no disponerse del código fuente.

A partir de esta situación, se realiza la ingeniería inversa de todos los módulos, obteniéndose los esquemas electrónicos de cada uno. Para esto se necesitaron varias hojas de datos de componentes y un minucioso trabajo de identificación de las conexiones. Otro importante objetivo de este trabajo está enfocado en los protocolos hasta ahora desconocidos, que permitieran desarrollar nuevas aplicaciones y herramientas de software para el mantenimiento y reparación de los módulos. Al instalar el convertidor USB/RS485 en la PC, esta le asigna un recurso de puerto serie para su funcionamiento, sobre el cual trabaja la aplicación. En este sentido, en la metodología utilizada para identificar el protocolo de comunicaciones, se utiliza un *sniffer* de puerto serie [5] para identificar los datos transmitidos y un osciloscopio digital del tipo RIGOL [6] para corroborar y desentrañar el funcionamiento del protocolo de comunicaciones.

3. Resultados y discusión

Los resultados de las capturas con el *sniffer* y el osciloscopio, del puerto serie, se presentan en las Figura 4 y 5 respectivamente.

```
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 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 03 00000 Baud rate
2400 RTS off DT
```

Figura 4. Captura del puerto serie, con el *sniffer*.

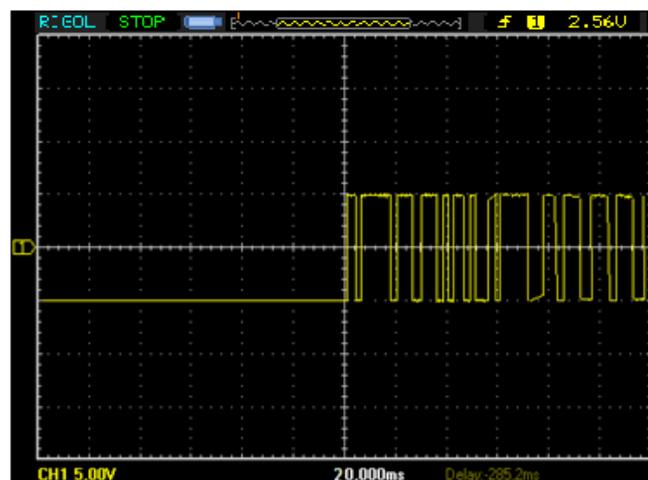


Figura 5. Captura con el osciloscopio del puerto serie.



Como resultado de estas mediciones y con el conocimiento de otras arquitecturas de protocolos de bus de campo [7], se pudo identificar la estructura del protocolo, que se presenta en la Figura 6 y se analiza a continuación:

- El 1er byte corresponde al byte de inicio de texto según el código ASCII [8] (02H).
- El 2do byte corresponde al carácter D en ASCII (44H).
- En los bytes del 3 al 45 se envían los datos con la información de cada uno de los 43 módulos.
- 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 reservados (: ; < = > ? @ A B C).
- El último byte corresponde al byte de fin de texto según el código ASCII (03H).

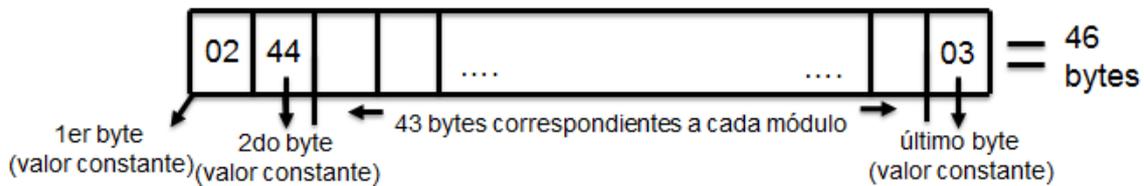


Figura 6. Estructura del protocolo PC-HUB.

Esta es una arquitectura de protocolo desarrollada a medida para esta aplicación, aunque tiene puntos de contactos con otras parecidas. Igualmente para descubrir el protocolo empleado entre el HUB y los módulos, se siguió la misma metodología. Utilizando el osciloscopio digital se capturaron los datos enviados y como resultado se obtuvo el protocolo mostrado en la figura 7.

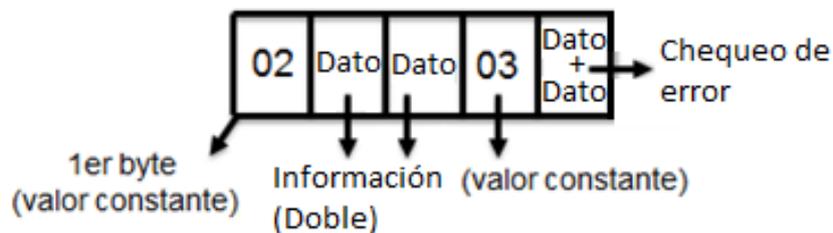


Figura 7. Estructura del protocolo HUB-módulos.

El HUB envía a cada módulo la información que le corresponde de la siguiente manera: comienza con 02H como 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 03H como 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.

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 [9], como se puede apreciar en la Figura 8, arrojando como resultado la comprobación de las ideas presentadas.

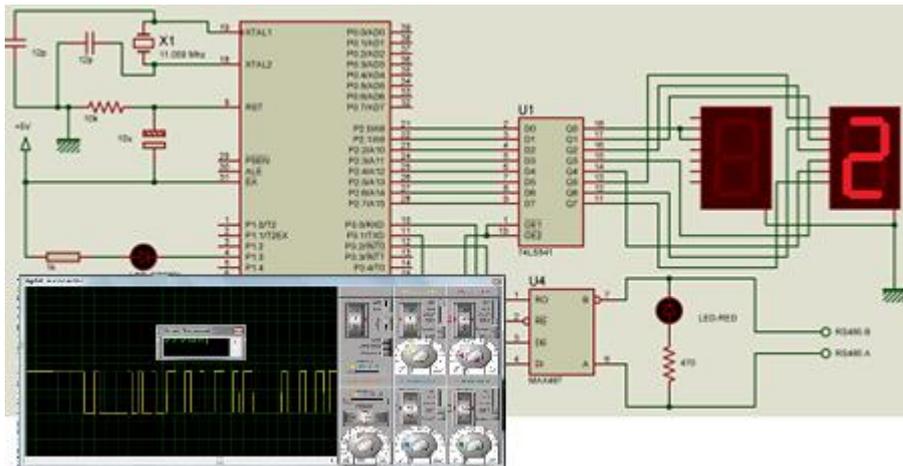


Figura 8. Resultados de la simulación.

Basado en estos resultados se desarrolló una aplicación (Figura 9) utilizando LabVIEW [10], para realizar pruebas a los módulos de la pizarra. Esta herramienta utiliza los protocolos HUB-módulos, lo que resulta una potente herramienta de prueba para los técnicos durante el mantenimiento y reparación de los módulos, ya que no necesitan trabajar directamente con el HUB ni el resto de la pizarra.



Figura 9. Programa para pruebas de módulos.

Las características de esta herramienta son las siguientes:

- **Ventana Conexión:** abre el puerto serie para la posterior transmisión de información, además muestra la hora y fecha actual de la computadora.



- **Ventana Cambiar Dato:** 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, y un led de transmisión, además cuenta con un visualizador de la trama enviada en formato ASCII.
- **Ventana Cambiar Letra:** similar al anterior pero para los módulos formados por matrices para visualizar letras y números.
- **Ventana Cambiar Brillo:** 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 de transmisión, y un led de transmisión, además un visualizador de la trama enviada en formato ASCII.

A partir de las limitantes de la aplicación suministrada por el fabricante para el manejo de la pizarra, se desarrolló una nueva aplicación diseñada en LabVIEW. Esta aplicación se muestra en la Figura 10 y contempla la misma estructura de trama que el programa original, pero introduce mejoras en cuanto a las deficiencias señaladas por los operadores.

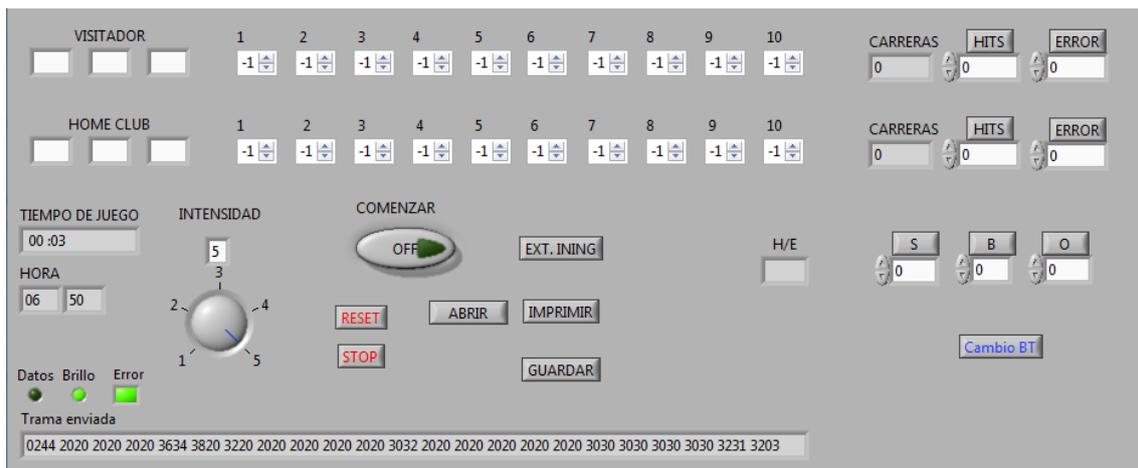


Figura 10. Programa diseñado de atención a la pizarra.

4. Conclusiones

Con la realización de este trabajo se facilita la reparación y mantenimiento de las pizarras de Béisbol de todo el país. Esto disminuye la importación de nuevos equipos para las pizarras.

- Se realizó ingeniería inversa a la pizarra de béisbol a nivel de hardware y de software, para determinar sus características, disponiéndose de toda la documentación actualizada.
- Se identificaron los protocolos de comunicación que intercambia la PC-HUB y el HUB-módulos de visualización.





- Se desarrolló una aplicación para la prueba de los módulos por separado, utilizando el protocolo del HUB.
- Se elaboró un nuevo software basado en el protocolo existente que resuelve las limitaciones presentadas por la aplicación suministrada por el fabricante.

Para establecer la necesaria continuidad que debe tener este trabajo se recomienda:

- Utilizar estos resultados en el mantenimiento, reparación y explotación de las pizarras de béisbol de todo el país.
- Proponer un nuevo protocolo de comunicaciones donde se elimine la arquitectura basada en HUB.

5. Referencias bibliográficas

- [1] *Bảng hiển thị tỉ số trận đấu tại SVĐ Latino Americano - CuBa.* Available: <http://www.phuthanh.vn>
- [2] F. T. D. I. Ltd. (2010). *USB to RS485 Serial Converter Cable.* Available: <http://www.ftdichip.com>
- [3] ATMEL. (2016). *DataSheet: 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash AT89S52.* Available: <http://www.atmel.com>
- [4] M. I. Products. (1997). *Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers.*
- [5] *SerialMon.* Available: <http://www.serialmon.com/>
- [6] RIGOL. (2016). *Digital Oscilloscopes.* Available: <http://www.rigol.eu/scopes/>
- [7] J. D. I. BOGDAN M. WILAMOWSKI, *Industrial Communication Systems. The Industrial Electronics Handbook.*, Second Edition ed., 2011.
- [8] Injosoft. (2015). *ASCII Code - The extended ASCII table.* Available: <http://www.ascii-code.com/>
- [9] L. Electronics. (2017). *Proteus.* Available: <https://www.labcenter.com/>
- [10] N. Instruments. (2017). *LabVIEW.* Available: <http://www.ni.com/>