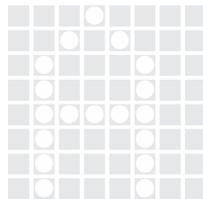


# Sistema inmerso de una matriz LED informativa controlado mediante dispositivos móviles



## Colaboración

Jacobo Gómez Agis; José Francisco Martínez Lendeck, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.

**RESUMEN:** Un sistema inmerso se define como una microcomputadora equipada de un número mínimo de puertos de E/S que puede operar en entornos distintos y realizar tareas de manera autónoma en tiempo real. Este tipo de sistemas ligados a la tecnología inalámbrica como el Bluetooth (solución económica y accesible para la interconexión de computadoras, y dispositivos móviles) pueden utilizarse para el desarrollo de sistemas capaces de programar y controlar matrices LED de forma inalámbrica a bajo costo. Las matrices LED son de amplio interés dado que representan una solución rápida y económica para publicidad, señalización vial, y medios informativos. Este artículo presenta el diseño y desarrollo de un sistema inmerso basado en un microcontrolador PIC18F4550 para la configuración y control de una matriz LED mediante una interfaz de datos RS232-Bluetooth.

**Palabras clave:** LED, matriz LED, sistema inmerso, microcontrolador, aplicación móvil, interfaz RS232-Bluetooth, CCS, App Inventor.

**Abstract:** An embedded system is defined as a microcomputer equipped with a minimal number of I/O ports that can operate in different environments and perform tasks autonomously in real time. This kind of systems linked to the wireless technology like Bluetooth (affordable and accessible for interconnecting computers solution, and mobile devices) can be used to develop systems able to program and control dot matrixes LED wirelessly at low cost. The dot matrixes LED are of broad interest because they represent a quick and economical solution for advertising, road signs, and media. This paper presents the design and development of an embedded system based on a PIC18F4550 microcontroller for the configuration and control of a dot matrix LED using a Bluetooth - RS232 interface data.

**Keywords:** LED, Dot matrix LED, embedded system, microcontroller, mobile application, RS232 - Bluetooth interface, CCS, App Inventor.

## INTRODUCCIÓN

Tras la invención del LED blanco de elevado brillo, se han alcanzado niveles de rendimiento superiores a los pronosticados a inicios de los años 60 [2]. Esto representa una solución viable para numerosas aplicaciones de iluminación en general. Por ejemplo, los tableros indicadores y las pantallas de LED dispuestos en forma de matriz, que son convenientemente programados para desplegar mensajes o animaciones, las convierte en un recurso frecuentemente utilizado con fines publicitarios e informativos.

Las matrices de LED, debido a su gran versatilidad gozan de una popularidad en el ámbito comercial, por lo que aun hoy en día no existe un estándar que establezca sus características de operación como tamaño, color, resolución y programación. Sin embargo, para programar la mayoría de los sistemas comerciales de matrices LED se requiere de acceder directamente a ellas ya sea a través de una computadora, o de una terminal de datos y en otros casos, a través de dispositivos de almacenamiento externos para ser reconfiguradas. Las opciones antes mencionadas implican la realización de maniobras físicas en el lugar donde la matriz LED se encuentra ubicada.

Esto puede evitarse haciendo uso de tecnologías inalámbricas de corto alcance como el Bluetooth, que es una tecnología emergente espe-

cializada en la comunicación entre dispositivos fijos y móviles a distancias no más allá de 10m, permitiendo el intercambio de información inalámbrica de manera segura [5], [1]. Estas ventajas permiten el desarrollo de interfaces inalámbricas para dispositivos programables [8] [9] [10], así como el desarrollo de sistemas inmersos controlados mediante dispositivos móviles; lo que representa un avance sustancial para el control de aplicaciones electrónicas a distancia. El sistema inmerso se define como una microcomputadora equipada con un mínimo de componentes para operar en distintos entornos y realizar tareas de forma autónoma en tiempo real.

El objetivo de este artículo es de mostrar la aplicación de sistemas inmersos en la programación de matrices LED vía inalámbrica, el cual permite su programación en tiempo real manteniendo la funcionalidad del sistema sin requerir una conexión fija todo el tiempo con el dispositivo móvil. La información transmitida hacia el microcontrolador se almacena en la EEPROM evitando la pérdida de información. Además, se aprovechan los recursos que ofrecen los dispositivos móviles como teclado táctil, comunicación Bluetooth y reconocimiento de voz para la interfaz con el microcontrolador.

Este artículo consiste de una descripción de los diferentes componentes de la aplicación: la matriz de LED informativa, el protocolo Bluetooth, el sistema inmerso desarrollado y finalmente se presentan los resultados y las conclusiones de este trabajo.

**MATRIZ LED INFORMATIVA**

Una matriz LED es un dispositivo de visualización, que muestra datos o información, y se caracteriza por estar compuesto de diodos emisores de luz (LED) monocromáticos o poli-cromáticos. Cada LED forma un píxel y un conjunto de píxeles forman caracteres, textos, imágenes y vídeo como se muestra en la fig. 1. Su uso más frecuente es desplegar mensajes de tipo informativo, publicitario y señalizaciones viales en edificios, negocios, carreteras y avenidas.

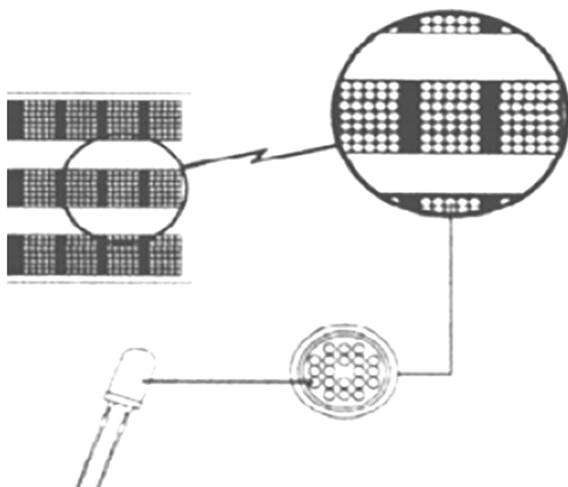


Figura 1. Matriz LED

**PROTOCOLO BLUETOOTH**

Bluetooth ofrece un protocolo de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo de potencia que opera en la banda de 2,4 GHz. Su enlace es altamente confiable en comunicaciones digitales, ya que habilita mecanismos de detección de error, ofrece una inmunidad natural a la interferencia y habilita procesos de encriptación para garantizar comunicaciones confiables y seguras [5].

La pila de protocolo Bluetooth se encuentra constituida por varias capas que se organizan en: grupo de transporte, grupo de protocolos middleware y grupo de aplicación. La pila de protocolo Bluetooth realiza una transición de hardware a software similar al modelo OSI y cada una de sus capas tiene una función definida [5].

**SISTEMA INMERSO BASADO EN MICROCONTROLADOR CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.**

Un sistema inmerso basado en microcontrolador puede definirse como una microcomputadora controlada por software fiable y equipada con un mínimo de componentes (RAM, ROM, puertos de entrada/salida, sensores actuadores, etc.) para operar en distintos entornos y realizar tareas o funciones específicas de forma autónoma en tiempo real [7], [3].

Si a lo anterior se añade la capacidad de comunicarse con dispositivos móviles, lo convierte en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas. Esta modificación puede explotarse en la instalación de pantallas a base de matrices LED, cuyos beneficios son la reducción del tiempo de programación, haciendo esta última más dinámica y eficiente al no requerir de una computadora y de maniobras físicas en el lugar donde la pantalla se encuentre instalada.

**DESARROLLO DEL SISTEMA**

El sistema inmerso descrito en este trabajo, permite a los usuarios controlar y reconfigurar en tiempo real una matriz LED informativa a una distancia máxima de 10m, utilizando como interfaz de control y programación cualquier dispositivo móvil Android Os a través del protocolo de comunicación Bluetooth.

La fig. 2 muestra el esquema básico de programación del sistema inmerso convencional a) y la del sistema inmerso con comunicación Bluetooth b), donde se puede observar que dispositivos móviles reemplazan la PC y se conectan a un microcontrolador mediante un módulo de comunicación Bluetooth, en vez de conectar físicamente la PC mediante comunicación USB, como se muestra en el esquema convencional.

A su vez el microcontrolador se comunica con el circuito decodificador para el despliegue de caracteres y animaciones de la matriz LED.

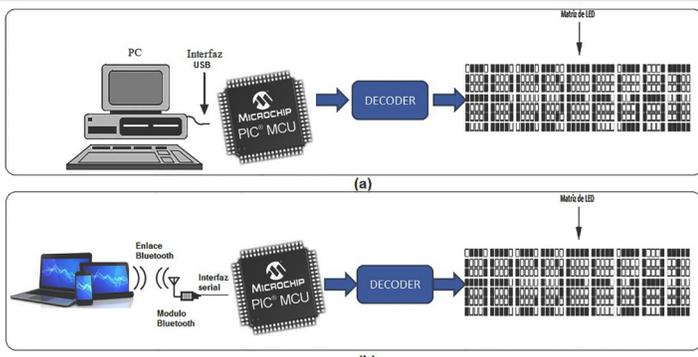


Figura 2. (a) Esquema convencional de programación de un sistema inmerso. (b) Esquema de programación de un sistema inmerso con comunicación Bluetooth

### A. Hardware

Utilizando un microcontrolador PIC18F4550, circuitos decodificadores, un arreglo de LED blancos ultra-brillantes y un módulo de comunicación Bluetooth HC-06 se ha realizado el circuito de control del sistema inmerso y la matriz LED. El diseño de la matriz consiste de 8 módulos de 8 columnas y 8 renglones dando un total de 512 pixeles, donde cada punto está formado por 5 LED. Con lo anterior es posible desplegar caracteres alfanuméricos y animaciones en un total de 320 LED por módulo, y tiene la capacidad de extenderse hasta 16 módulos dando un total de 5120 LED simultáneamente.

El principio de funcionamiento del circuito de control está basado en el diagrama a bloques que se muestra en la fig. 3. Este sistema utiliza un microcontrolador para enviar datos directamente a las filas de la matriz y a un circuito decodificador que accede en cada uno de los módulos. El microcontrolador está interconectado con el módulo de comunicación Bluetooth para realizar la comunicación bidireccional con dispositivos móviles en todo momento.

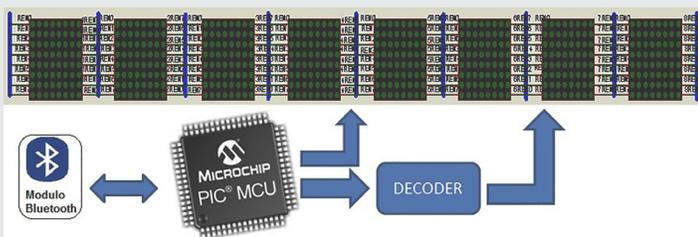


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema inmerso de la matriz LED

### B. Interfaz RS232-Bluetooth

Los microcontroladores poseen módulos internos de comunicación (UART, SPI, I2C, etc.) para establecer la comunicación de datos en forma serial con otros

componentes o dispositivos [4]. En particular, la interfaz RS232-Bluetooth utiliza el módulo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) con formato NRZ, y los siguientes parámetros: 9600 Baudios, 8 bits de datos, No paridad, y 1 bit de paro para la comunicación full-duplex y cuyos parámetros de configuración son los mismos con los que opera el módulo de comunicación Bluetooth HC-06 para establecer enlaces inalámbricos. De esta manera, el microcontrolador se comunica con el módulo HC-06 para el envío y recepción de datos utilizando el protocolo RS232. El módulo HC-06 se comunica con dispositivos móviles de manera bidireccional utilizando el protocolo de comunicación Bluetooth como se muestra en la fig. 4.

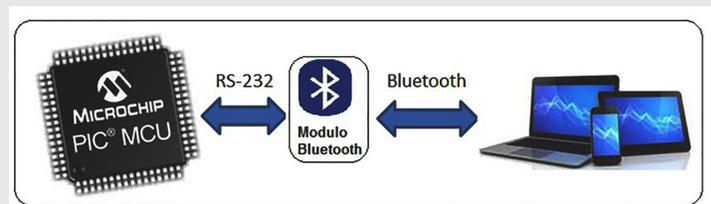


Figura 4. Interfaz RS232-Bluetooth

### C. Software

Para el desarrollo del sistema inmerso se utilizó el IDE (integrated development environment) CCS C compiler, por su versatilidad, y por ser de distribución libre, lo cual permite reducir los costos de desarrollo. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de procesamiento, además de numerosos controladores para dispositivos electrónicos [4]. En lo que concierne el desarrollo de la aplicación móvil de control, se utilizó App Inventor. App Inventor es una aplicación web que ofrece a los usuarios un entorno de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles Android Os, a través de un módulo Web y un editor de bloques de funciones Open Blocks de Java [6].

### RESULTADOS

Las pruebas realizadas a cada módulo de la matriz LED permitieron cuantificar los parámetros mostrados en la tabla I. La medición de iluminancia, eficacia, y potencia consumida se realizó en áreas confinadas y aisladas de iluminación externa con equipo de medición eléctrica. Respecto a la vida útil y grado de proyección de luz emitida por el módulo LED, hemos utilizado los datos de la hoja de especificaciones del fabricante. Para el uso de la aplicación desarrollada Bluetooth SMV Control, se utilizó dispositivos móviles que contaran con el sistema Android O.S. versión 4.0 y superiores. Finalmente se realizaron pruebas de funcionalidad en laboratorios, edificios, aulas didácticas, pasillos, espacios libres para uso público, así como también áreas transitadas bajo condiciones no controladas de iluminación, y conexiones externas Bluetooth de dispositivos móviles.

Tabla 1. Resultados obtenidos por cada módulo de la matriz LED y sistema inmerso.

| PARAMETROS                   | MODULO LED Y SISTEMA INMERSO            |
|------------------------------|---|
| Voltaje de Operación         | 5VCD                                    |
| Cantidad de LEDs             | 320                                     |
| Distancia de visibilidad     | Hasta 250m                              |
| Grados de proyección luz     | 120°                                    |
| Potencia mín. consumida      | 2W                                      |
| Potencia máx. consumida      | 60W                                     |
| Iluminancia                  | 1800 Luxes                              |
| Eficacia luminosa máxima     | 160 Lm/W                                |
| Vida útil                    | 50000 horas                             |
| Dimensiones                  | 70x70cm                                 |
| Longitud Mensajes            | 256 caracteres                          |
| Modo de operación en display | Desplazamiento por carácter y por pixel |

Mediante este sistema se realizó la comunicación entre dispositivos móviles y el PIC18F4550 implementando una interfaz RS232-Bluetooth. El módulo LED mostrado en la figura 5, es capaz de desplegar mensajes de hasta 256 caracteres, desplazándolos carácter por carácter o pixel por pixel. La distancia máxima programación mediante el dispositivo móvil fue de 10m.

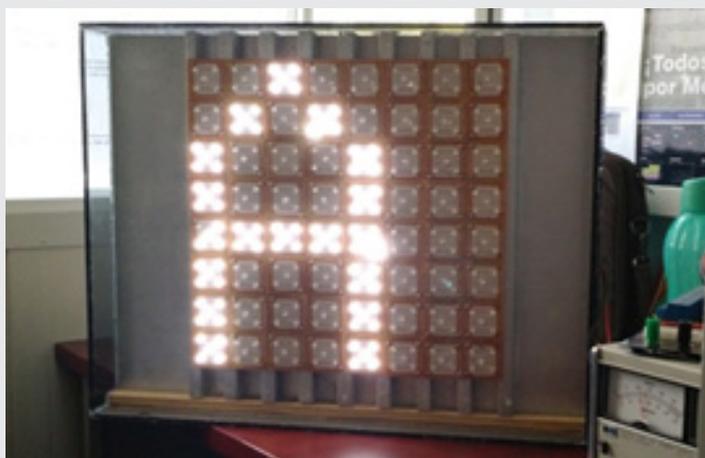


Figura 5. Módulo LED desarrollado

La aplicación móvil desarrollada -Bluetooth SMV Control- que se muestra en la figura 6 presenta al usuario un menú de opciones para interactuar con la aplicación en tiempo real a través de botones, controles de texto y reconocimiento de voz. Se puede realizar la búsqueda del circuito de control Bluetooth de la matriz y elegir diferentes acciones ya sea leer, activar, o reconfigurar mensajes en la matriz LED de manera dinámica sin requerir una PC conectada a la matriz para

modificar el código fuente. La información es transmitida de manera inalámbrica desde el dispositivo móvil hacia el microcontrolador para ser procesada, almacenada y desplegada en la matriz LED por el circuito decodificador.



Figura 6. Aplicación Bluetooth SMV control desarrollada

### CONCLUSIONES

La interfaz RS232-Bluetooth implementada, permite que los microcontroladores accedan y procesen información de diferentes recursos de los dispositivos móviles como GPS, acelerómetro, reconocimiento de voz, y otros, convirtiendo lo anterior en una opción atractiva y económica para el control de aplicaciones electrónicas en tiempo real.

El sistema inmerso desarrollado, en conjunto con la aplicación Bluetooth SMV control, permitió controlar una matriz LED informativa de manera inalámbrica usando dispositivos móviles Android OS. Los resultados obtenidos han confirmado su adecuado funcionamiento en condiciones reales de operación. La interfaz inalámbrica con dispositivos móviles, representa una opción eficiente, económica y de fácil operación que puede ser empleada en diversas aplicaciones electrónicas.

REFERENCIAS

- [1] Axelson, J., (2007). *Serial port complete. COM Ports, USB Virtual COM Ports, and Ports for Embedded Systems*, (2nd Edition, pp. 11-15). Madison: Lakeview Research LLC.
- [2] DenBaars, S.P., Nakamura, S., Speck, J.S, (2013). *Gallium nitride based light emitting diodes (LEDs) for energy efficient lighting and displays. Electronics, Communications and Photonics Conference (SIEPC) IEEE*, pp. 1-13, Saudi International.
- [3] Galeano, G. (2009). *Programación de sistemas embebidos en C, (Primera Edición, pp. 4-6)*. México: Alfaomega.
- [4] García, E., (2008). *Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC*, (pp. 23, 167-212). México: Marcombo.
- [5] Miller, B., Bisdikian, C. (2001). *Bluetooth Revealed*, (pp. 5-6, 39-49). United States: Prentice hall.
- [6] MIT App Inventor, <http://appinventor.mit.edu/explore/>
- [7] Wilmshurst, T. (2010). *Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers, Principles and Applications* (2nd edition, pp. 3-4). Great Britain: Newnes.
- [8] Linares R. (2004). *Implementación del protocolo Bluetooth para la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos programables. Scientia et Technica*. Año X, No. 24, Mayo 2004. ISSN 0122-1701.
- [9] Godoy, E.P., Scorzoni, F. (2011). *Using serial bluetooth converters as a sensor link in networked control systems. Control and Automation (ICCA) IEEE*, pp. 461-466, Santiago.
- [10] Kanma, H., Wakabayashi, N., Kanazawa, R. (2003). *Home appliance control system over Bluetooth with a cellular phone. Consumer Electronics, IEEE Transactions on Vol. 49, Issue 4, pp 1049 - 1053.*