

Sistema embebido basado en un microcontrolador para la organización de las funciones de un proceso industrial (Laser Pet Print)

José Luis Avendaño Juárez

Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, colonia Las Campanas C.P 76010
Querétaro, Qro., +52-442-1921200 ext. 6001.
luis.avendano@uaq.mx

José Alfredo Herrera Jiménez

Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, colonia Las Campanas C.P 76010
Querétaro, Qro., +52-442-1921200 ext. 6001.
nxneow@gmail.com

Edgar Alejandro Rivas Araiza

Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, colonia Las Campanas C.P 76010
Querétaro, Qro., +52-442-1921200 ext. 6001.
erivas@uaq.mx

Resumen

El proyecto Laser Pet Print (LPP) surge de la necesidad que tiene la marca AGUAQ para imprimir los datos de embotellado de sus productos. La propuesta que se presenta consiste en diseñar e implementar un sistema electromecánico automatizado y controlado por un microcontrolador. Todas las acciones y datos son transmitidos al microcontrolador desde una aplicación Android que se encuentra en un dispositivo móvil por medio de una comunicación inalámbrica (Bluetooth/ZigBee). La tarjeta de desarrollo donde se encuentra el microcontrolador cuenta con comunicación tipo RS-232, Bluetooth, ZigBee y USB además de contar con la electrónica necesaria para realizar el grabado en

la botella de PET. El grabado de la botella se realiza mediante un láser de CO₂ de uso industrial, el cual también es operado por el microcontrolador mediante una serie de servomotores que posicionan un juego de espejos y lente para obtener el grabado en relieve de los datos requeridos por el usuario.

Palabras Claves: Aplicaciones de Comunicación Inalámbrica, Impresión en relieve de botellas PET con Láser, PLC Embebido, Sistemas Embebidos.

1. Introducción

En la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) en el año de 2012 se dio inicio al proyecto conocido como AGUAQ cuyo objetivo es la producción de agua embotellada en presentaciones de 250 mililitros, 500 mililitros y 20 litros. En la actualidad, la producción solo se usa para consumo interno (áreas administrativas y eventos especiales). La planta de producción se encuentra dentro de las instalaciones de la Facultad de Química de la UAQ (ver Fig. 1). La planta de AGUAQ cuenta con un área de lavado para garrafones, un espacio para el llenado de botellas y etiquetado de las mismas (ver Fig. 2) y finalmente un almacén para guardar los diferentes productos de AGUAQ.

En la planta se procesan alrededor de 1000 botellas de agua de 500 mililitros por día. Debido a la creciente demanda de este producto, los alumnos y profesores de la Facultad de Ingeniería de la UAQ han desarrollado proyectos que dan solución a las necesidades internas de la planta.

Este trabajo sólo se aboca al problema del marcado de datos, para lo cual se realizó una búsqueda de los diferentes métodos que se utilizan para etiquetar y marcar los datos del fabricante en botellas tipo PET. En la siguiente sección se da una introducción breve de los diferentes métodos que existen para realizar tal operación.

1.1 Métodos de marcado de datos en botellas de PET

Se tienen diferentes métodos de marcado en la industria para las botellas tipo PET, los cuales se clasifican según el principio de funcionamiento:



Fig. 1. Planta purificadora de la UAQ.



Fig. 2. Etiquetado de las botellas de 500 mililitros.

a) Marcado con inyección de tinta (inkjet printer) [1], b) grabado con láser (laser marking) [2] y c) etiquetado con papel impreso (labeled) [3], cada una de ellas tiene una aplicación

específica, la primera (inkjet printer) se utiliza en el mercado de todo tipo de objetos, en color negro o a RGB, la cual se basa en guiar gotas de tinta a través de campos eléctricos hacia el objeto. El grabado láser se utiliza en mercado de alta velocidad sobre diversos materiales como plásticos, cartones, metales livianos y polímeros. Finalmente el etiquetado (Labeled) el cual consiste en definir una etiqueta impresa para posteriormente pegarla en el objeto. De las técnicas anteriores se escogió el grabado láser, debido a que proporciona un mayor rendimiento en el proceso, rapidez de marcado y economía en el uso de materia prima, además que este sistema ofrece la ventaja de personalizar el marcado. Finalmente, el objetivo de este artículo es presentar un prototipo desarrollado en base a un microcontrolador que organice de manera funcional las acciones de un láser de CO₂ [12] para el grabado y marcado en relieve de las botellas tipo PET pertenecientes a la marca AGUAQ. El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: en la parte del desarrollo se explican las secciones que conforman al prototipo LPP, después en la siguiente parte se presentan los resultados que se han obtenido hasta el momento para el grabado en relieve de las botellas y finalmente las conclusiones del trabajo.

2. Desarrollo

2.1. Sistema Electrónico y Control del láser

En esta sección se explica el desarrollo electrónico para la construcción del sistema embebido basado en un microcontrolador modelo PIC18F4550 de la marca Microchip [4]. Pensando en las diferentes opciones de comunicación que se tienen hoy en día el diseño cuenta con comunicación: 1) Bluetooth [8], 2) ZigBee [9], 3) USB [10] y 4) RS-232 [11] (ver Fig. 3). El funcionamiento de la tarjeta se puede explicar de la siguiente forma: los campos a grabar llegan de manera inalámbrica a través de Bluetooth o ZigBee al microcontrolador. Además, el microcontrolador puede interactuar al exterior con señales analógicas y digitales de 0 o 5 volts de corriente directa. El sistema embebido puede mandar información del estado del equipo y de las operaciones que se van realizando, por ejemplo cuando termina de realizar una rutina de grabado. Esta información se envía a través de los medios de comunicación embebidos en la tarjeta para que sean

visualizados posteriormente en la interfaz de usuario. Por otro lado, para la impresión de los datos el microcontrolador tiene programado la librería ASCII la cual utiliza para convertir los campos en una matriz de bits. Los servomotores controlan el ángulo de los espejos y generan una posición en un plano bidimensional a través de una señal modulada en ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés) (ver Fig. 4).

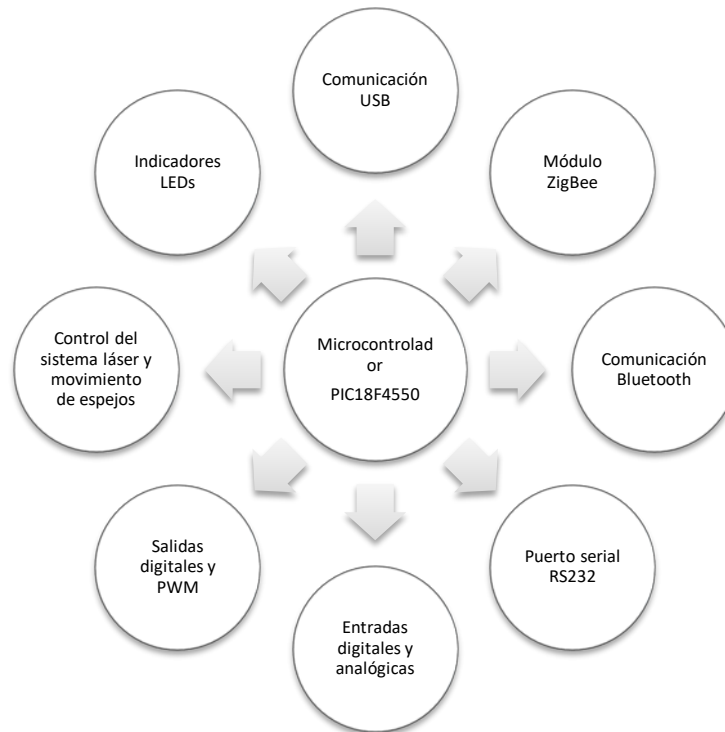


Fig. 3. Diagrama de interacción del sistema embebido para el control del láser.

Una vez posicionados los espejos el microcontrolador envía otra señal de PWM al circuito excitador de la fuente de poder del láser para generar un punto de marcado. Esta señal de PWM proporciona la potencia de marcado del láser. Por ejemplo si es el 100% del PWM significa que el láser trabaja a máxima potencia. El láser de CO2 se compone básicamente de las siguientes partes: tubo láser, fuente de poder, sistema de enfriamiento, un circuito de acoplamiento entre la señal de control electrónico y la fuente

de poder, una estructura metálica para organizar los componentes, que además funciona como una jaula de Faraday, y un juego de espejos y lente.

2.2. Metodología de impresión y generación de trayectorias

Se realizó una librería completa de la representación gráfica de los caracteres ASCII sin incluir no representativos o de acción, la cual fue programada en el microcontrolador. Esta librería genera matrices concatenadas de varios caracteres que sirven para generar las trayectorias del láser.



Fig. 4. Servomotores conectados a los espejos para control de grabado.

Las características de esta librería son: matrices de tamaño 6x7 con valores booleanos (1 ó 0), con una columna como separador entre cada carácter y el ordenamiento de los elementos respecto al valor hexadecimal de cada carácter. Cada matriz de símbolos fue diseñada por separado, y el programa implementado concatena ambas matrices, de tal manera que si se incrementa el número de caracteres, el programa fácilmente puede agruparlos en una nueva matriz, como ejemplo, supongamos que se desea imprimir el texto “19/OCT/14” que es la representación de una fecha. Una vez formada la matriz que

incluye a todos los caracteres, se almacena en la memoria volátil del microcontrolador y el algoritmo que genera la trayectoria monitorea de manera ordenada a la matriz, de la siguiente manera, primero se coloca en un punto inicial y luego hace un barrido en ZIGZAG de arriba a abajo de la matriz de izquierda a derecha, y cada vez que encuentre un valor verdadero (“1”) en la matriz, el algoritmo del microcontrolador genera una señal PWM que controla la posición de los lentes y envía la orden de grabado de un punto sobre la botella de PET (ver Fig. 5).

Para que el lector tenga una idea más clara de la relación entre el microcontrolador, la operación de los servomotores y la activación del láser; se diseñó un diagrama de flujo que permite seguir paso a paso cada una de las acciones que se realizan para la impresión de un dato en la botella de PET (ver Fig. 9).



Fig. 5. Representación de la matriz agrupada de cada símbolo.

2.3 Interfaz Humano-Máquina (IHM)

La IHM se desarrolló en el entorno de programación JAVA dirigido al sistema operativo Android 4.2 [6]. La aplicación desarrollada se instaló en una “Tablet” genérica con Bluetooth. La aplicación incluye cuadros de texto en donde se pueden modificar los siguientes campos: EMPRESA y FECHA DE FABRICACIÓN. Sin embargo, se le pueden

agregar nuevos campos como por ejemplo “LOTE” o “FECHA DE CADUCIDAD”. Además, incluye un botón para transmitir los datos al microcontrolador que opera el láser. Como se mencionó anteriormente esta aplicación contiene los protocolos de comunicación Bluetooth y ZigBee [5], lo que hace que esta sea portable y fácil de utilizar.

3. Resultados

El sistema completo de grabado y marcado en relieve consta de las siguientes partes: 1) “Tablet” genérica con Bluetooth, 2) Láser de CO₂ con sistema de refrigeración y fuente de poder y 3) Sistema embebido de control basado en un PIC18F4550; físicamente la organización de estas etapas se puede ver en la Fig. 6.

Por otro lado, los resultados de la impresión se presentan en la Figs 7 y 8. Para la presentación de estos se hicieron pruebas sobre las tapas de las botellas y en papel autoadherible. Las características principales del sistema de grabado son (ver tabla 1): una velocidad de marcado: 30 s/botella, tamaño de la matriz de impresión 5x7, dimensiones del área de marcado: 20x15 mm.

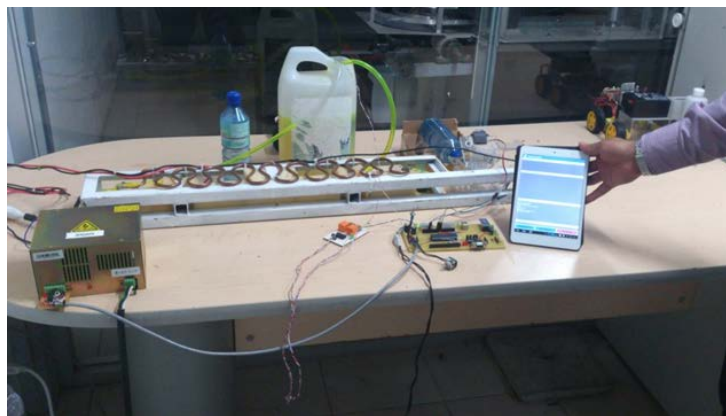


Fig. 6. Sistema LPP para el grabado en relieve de botellas PET.

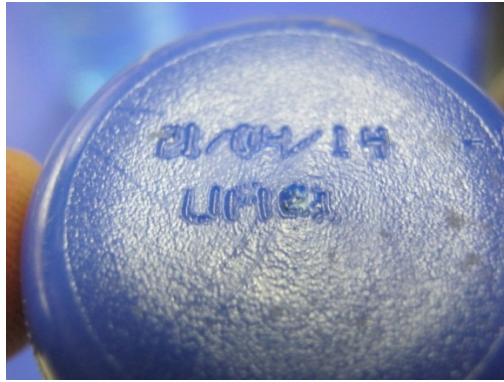


Fig. 7. Grabado Láser sobre la tapa de la botella de 500 ml.

En las pruebas realizadas se encontraron problemas de grabado con letras que requieren un mayor detalle. Como por ejemplo la letra “Q” los números “0”, “8”.

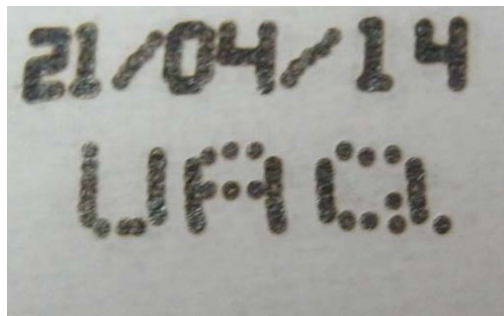


Fig. 8. Grabado Láser sobre papel autoadherible.

Parámetros y características del sistema LPP.	
Velocidad de impresión por botella	30 s/botella
Velocidad de marcado por caracter	0.4 caracteres/segundo

Puntos de marcado por segundo	14 puntos/segundo
Tamaño de la matriz	5x7
Distancia focal de marcado	100mm
Voltaje de operación	110 VCA
Potencia máxima de consumo	40 W
Área de trabajo	20mm * 15mm (largo, ancho)

Tabla 1. Parámetros del sistema de grabado láser.

4. Discusión

De los resultados mostrados en la Figs 7 y 8 se ve claramente el grabado en la superficie de la botella, aun así es necesario calibrar la intensidad del láser para obtener resultados como los presentados por la marca líder del mercado DOMINO [1]. Por otro lado, también se puede observar de la Fig. 7 que hace falta mejorar la definición en algunas letras como se mencionó en la sección de resultados ya que la trayectoria presenta algunas desviaciones, esto se puede deber a la resolución de los servomotores utilizados o a la sincronización del láser con el sistema mecánico que lo posiciona en el punto donde debe de grabar. Como solución a lo anterior se pretende implementar motores de mayor resolución, matrices de mayor tamaño (10x7) y cambiar el tipo de letra por la de LED BOARD REVERSED [7] que es una opción más adecuada en cuanto a resolución y al tipo de sistema de grabado.

5. Conclusiones

En este proyecto se presentó el desarrollo de un sistema de impresión láser para botellas de PET utilizadas por la marca AGUAQ. El prototipo presentado es un sistema embebido

basado en un microcontrolador que opera el proceso. Hasta este punto se realizó el prototipo de marcado láser y también, la electrónica necesaria para operar el mismo, el control de los servomotores que posicionan al juego de espejos y lente. Se desarrolló el software de control de movimiento a partir de matrices y la decodificación de los campos modificados por el usuario.

6. Referencias

- [1] Continuous Inkjet Printing & Coding. <http://www.dominoprinting.com/Global/en/Product-Range/Continuous-Inkjet/Continuous-Inkjet-Range.aspx> . Mayo 2014.
- [2] Laser Marking Machines by MeccoMark. <http://www.mecco.com/laser-marking/> . Mayo 2014.
- [3] Brady BBP®85 Sign and Label Printer. https://www.connex-electronics.com/?url=/html/products/brady/laser/250_650.html&gclid=CNf31ev51L4CFckWMgodySQALw . Mayo 2014.
- [4] PIC18F2455/2550/4455/4550. Microchip. 2006.
- [5] https://www.google.com.mx/search?q=xBEE+DATASHEE&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:es-MX:official&client=firefox-a&channel=fflb&gfe_rd=cr&ei=V_P3U-j0DKrE8ge3xoHIAw. Agosto 2014.
- [6] J. T. Gironés, El gran libro de Android. 3ra. Edición. 2013. Marcombo. Madrid.
- [7] www.fonts2u.com/led-board-reversed.font / Agosto 2014.
- [8] <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx> Agosto 2014.
- [9] <http://www.zigbee.org/> Agosto 2014.
- [10] www.microchip.com/pagehandler/en-us/technology/usb/home.html Agosto 2014.

[11] www.engineersgarage.com/articles/what-is-rs232 Agosto 2014.

[12] <http://cncoletech.com/Laser%20system.html> Agosto 2014.

7. Autores

Ing. José Luis Avendaño Juárez obtuvo su título de Ingeniería Electrónica en la UAM Azcapotzalco y actualmente trabaja como docente de la Facultad de Ingeniería de la UAQ.

C. José Alfredo Herrera Jiménez es alumno del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Automatización de la Facultad de Ingeniería de la UAQ.

Dr. Edgar Alejandro Rivas Araiza obtuvo su título de doctorado en el Posgrado de la facultad de Ingeniería de la UAQ.