REVISTA COLOMBIANA DE COMPUTACIÓN
Volumen 15, número 1
Págs. 121 - 130

Prototipos PCB a Bajo Costo Hackeando Lmpresora Láser con Microcontrolador Gama Baja

Fabio Vega [1,2*], Milson Ruiz[2], Cesar Torres[1]

Fecha de recibido: 05/12/2013 Fecha de Aprobación: 18/04/2014

Resumen

En este trabajo se describe cómo modificar una vieja impresora láser monocromática, para aprovechar sus partes al máximo, como son: sistema de movimiento de rodillos de motor paso a paso bipolar, sistema de fusor instantáneo, sensor de resistencia térmica y tarjeta electrónica de control. Aplicado a realización de PCBa bajo costo con resoluciones de 0.7mm por el método de transferencia térmica de la tinta laser a la lámina cobreada; disminuyendo el tiempo y costo de fabricación comparado con el uso de una laminadora comercial que trabaja alrededor de los 150 grados centígrados y la plancha común de uso manual; ideal para fabricación de prototipos de tarjetas de pruebas, proyectos de universidad, proyectos personales, etc. Para lograrlo se desarrolló una tarjeta de control de movimiento de motor usando el driver L293, se aumenta la temperatura con interfaz de potencia TRIAC Q6025, el monitoreo de la misma a través de comparador interno del microcontrolador PIC16F628A y divisor de voltaje con termoresistencias para mantener la impresora a una temperatura de trabajo de 200 grados, 20 grados más de su operación normal. El prototipo se encuentra terminado con excelente funcionalidad.

Palabras clave: *Fabricación de PCB a bajo costo, Microcontrolador gama baja, Control de temperatura.*

Abstract

This paper describes how to modify an old monochrome laser printer to get maximum advantage parts such as: roller movement system based on bipolar stepper motor, fuser system instantaneous, thermal resistance sensor and electronic control board applied to realization of a low cost PCB with 0.7mm resolutions by the method of thermal transfer ink sheet to cooper laser reducing the time and cost of production compared to use of a commercial laminator working around 150 Celsius degrees and common iron in the hand for manual use, ideal for prototyping test card, university projects, personal projects, etc. To achieve this, motion control card engine was developed, in addition, the L293 driver was used and the temperature was raised with power interface TRIAC Q6025.Subsequently, the same monitoring is performed through the internal microcontroller comparator PIC16F628A and voltage divider resistors with thermal printer to maintain a temperature of 200 degrees, 20 degrees more than normal operation. The prototype is finished with excellent functionality

Keywords: *PCB manufacturing low-cost, low-end microcontroller, temperature control.*

[1]Investigador, Laboratorio de Óptica e informática, Universidad Popular del Cesar
[2]Ingeniero investigador, Grupo de Investigación del SENA COMM INVECOM, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Regional Cesar
*Email: fabiovega@unicesar.edu.co

‡ Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

1. Introducción

Las técnicas de fabricación de váquelas de circuito impreso (PCB) de punta, como la impresión computarizada laser [1], técnicas de fotograbado, fotomecánicas, técnicas de fabricación multicapa, son técnicas muy precisas con resoluciones de décimas de micrones, han dado un gran avance en la producción y reducción de tamaño de tarjetas electrónicas; sin embargo para la producción de prototipo y pruebas los costos de fabricación son elevados con este tipo de técnicas. Por esto surge la necesidad de crear métodos de fabricación de PCB a bajo costo solución que proponemos en este trabajo con la modificación de una impresora láser que posee los materiales necesarios para la creación de una máquina de prototipos PCBs rápidos a bajo costo.

Este trabajo esta dividido en secciones; en la primera sección (numerada 2) se describe como identificar y reciclar las partes de una impresora láser monocromática. En la segunda sección (numerada 3) se muestra el diseño y desarrollo de un diagrama de flujo para el control de la máquina; en la tercera sección (numerada 4) se muestra el diseño y desarrollo de hardware implementado en este trabajo y esquema electrónico del mismo; en la cuarta sección (numerada 5) se describen las pruebas hechas y correcciones para la puesta a punto de la máquina; en la quinta sección (numerada 6) se describe brevemente como usar la máquina de prototipos de LCB y en la última sección tenemos las conclusiones y referencias.

2. Reciclado de Partes de Impresora

La impresora utilizada es una impresora Samsung ML 1860, en la cual se procedió a la inspección interna; se identificaron las principales partes. Las piezas que se pueden aprovechar son: sistema de movimiento mecánico de rodillo, fusor de calor, sensor de temperatura, elementos electrónicos de potencia. La fuente de tarjeta no se reutilizó debido a que no todas las impresoras traen el mismo sistema de voltaje de alimentación para sus tarjetas, por esto se implementó una fuente de voltaje externa de un adaptador 5V 1.5A.

2.1 Sistema de Movimiento Mecánico de Rodillo

El sistema de movimiento de rodillos, ver en la Fig. 1, consta principalmente de un motor paso a paso bipolar [2, 3, 4] que trabaja de 3.3V a 5V. Debido a su tamaño y poca exigencia de corriente se escogió como driver el circuito integrado L293B [5].

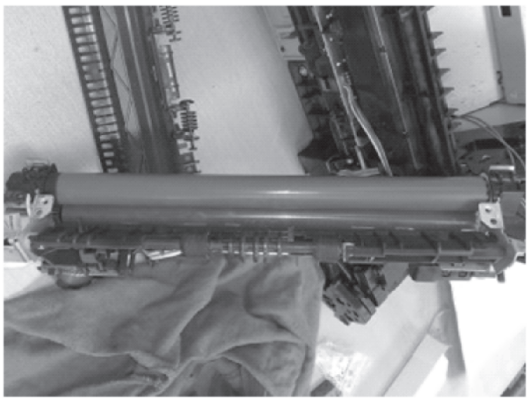

Fig. 1. Sistema de movimiento de impresora láser Samsung.

2.2 Sensor de Temperatura

Las impresoras láser poseen una resistencia térmica para medir la temperatura del rodillo la cual tiene coeficiente negativo de temperatura (NTC) y comportamiento hiperbólico como se observa en la ecuación 1 y 2. Donde

$$R_T = Ae^{\frac{B}{T}} \qquad (1)$$

$$A = R_o e^{\frac{B}{T_o}} \qquad (2)$$

En la Fig. 2 se muestra la relación tensión-corriente de un termistor NTC, en la que aparecen los efectos del auto calentamiento.

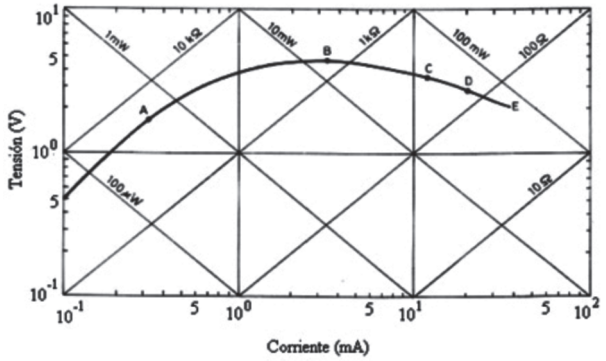

Fig. 2. Efectos de Calentamiento en un termistor NTC e función de tensión-corriente.

La ubicación del termistor en la impresora se puede observar en la Fig. 3.

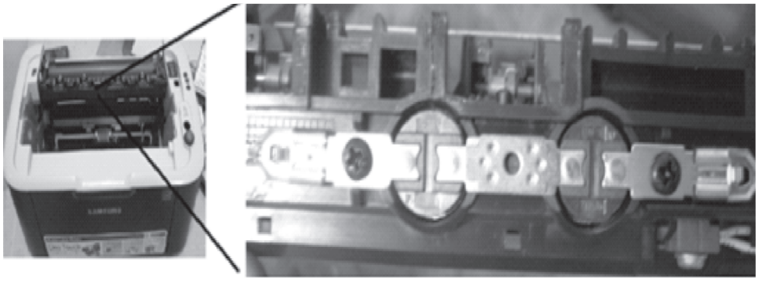

Fig. 3. Ubicación del termistor en la Impresora.

2.3 Elementos electrónicos de potencia

La tarjeta de la impresora posee elementos electrónicos que se pueden aprovechar como son: Disipadores de calor, TRIAC de potencia el BT140[7] o en su defecto un Q6040P [8] y el MOC3021. El esquema de control de un TRIAC de potencia ver en la Fig. 4, donde el elemento a controlar (LOAD), es el fusor que calienta los rodillos a más de 180°C y menos de 220°C ya que a mayor temperatura el recubrimiento rojo empieza a fundir. En el esquema de la Fig. 4. se ve una compuerta al pin dos del MOC3021 la cual puede ser reemplazada directamente por el pin escogido para el control del calentamiento de rodillo.

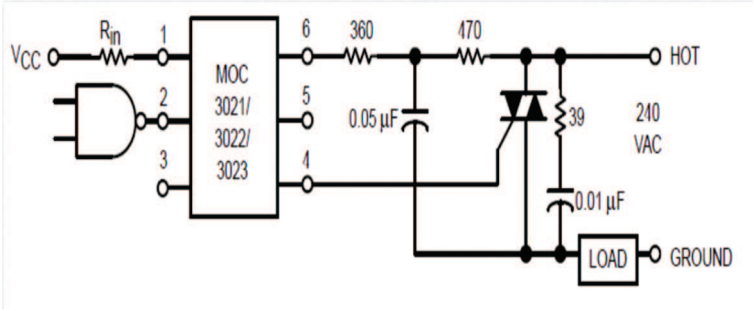

Fig. 4. Circuito de control TRIAC de Potencia.

3. Diseño y Desarrollo Programa del Microcontrolador

Se desarrolló el programa de control en macros de asembler en MPLAB 8.4 de la empresa microchip, donde se utilizó el módulo comparador interno del microcontrolador PIC16F628A [6], usando su respectivo registro de configuración (CMON dirección 01FH, Bits CM2:CM0).

El Microcontrolador se encarga del movimiento constante de motor, actualización de los LED indicadores (Calentado y Listo para Usar) , gestión del botón de encendido y apagado del sistema de calentamiento; utilizando el comparador interno para el censado de temperatura del rodillo a través de un divisor de voltaje comparado con un voltaje de referencia, tal que la salida del comparador será 0 lógico cuando la temperatura sea mayor a 200°C, indicándole al microcontrolador que la impresora ya posee la temperatura adecuada para iniciar el proceso de fabricación de la PCB. El diagrama de bloques del programa del microcontrolador se presenta en la Fig. 5.

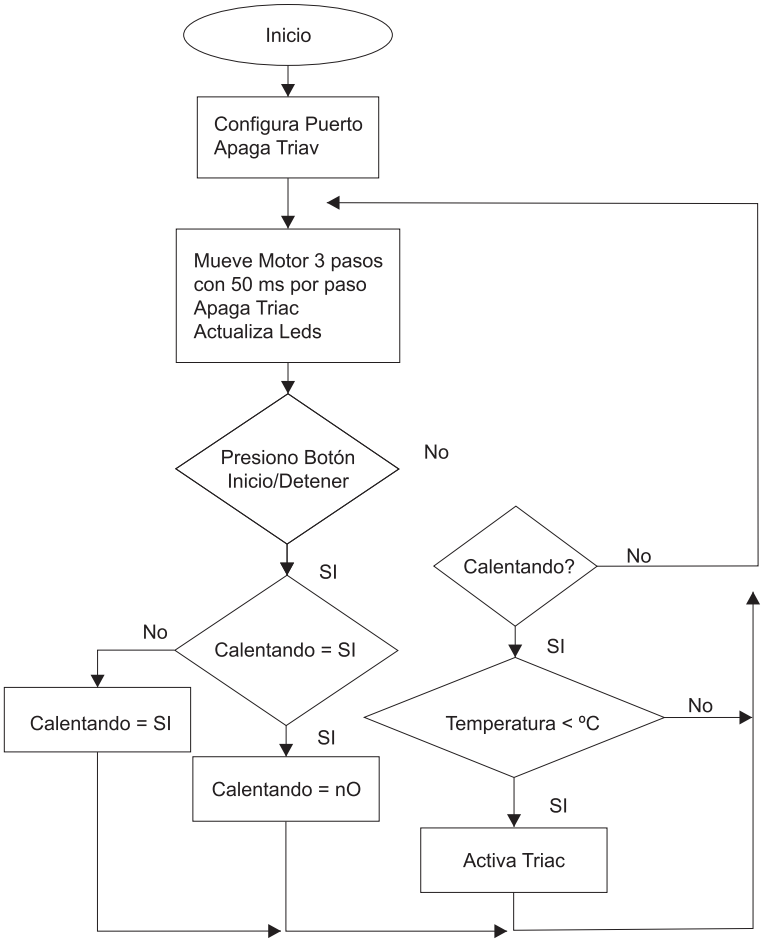

Fig. 5. Diagrama de bloques del programa de control en el microcontrolador.

4. Diseño y Desarrollo del *Hardware*

El diagrama de bloques del *hardware* de control ver en la Fig. 6. El cual tiene la ventaja de ser amigable con el ambiente al reciclar elementos existentes. En el diagrama de bloques se pueden observar los elementos de entrada que son el botón de control y sensor de temperatura; en este último la temperatura es medida a través de la comparación de un divisor de tensión entre el termistor con una resistencia de 15KΩ (ver pin RA1 en Fig. 7) y un voltaje de referencia obtenido con dos resistencias (Ver pin RA2 en Fig. 7) cuyo voltaje equivale a 200°C de temperatura utilizando el módulo comparador (CM2:CM0=100) interno del PIC16F628A.

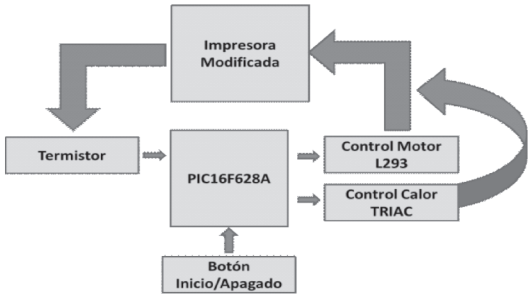

Fig. 6. Diagrama de bloques del *hardware* de control.

Como elementos de salida se encuentran el motor bipolar controlado a través de driver L293B, el fusor por calentamiento controlado por TRIAC de potencia y LED indicadores de estado calentando y listo para usar. El esquema de circuito electrónico, ver en la Fig. 7. Y la tarjeta implementada ver en la Fig. 8.

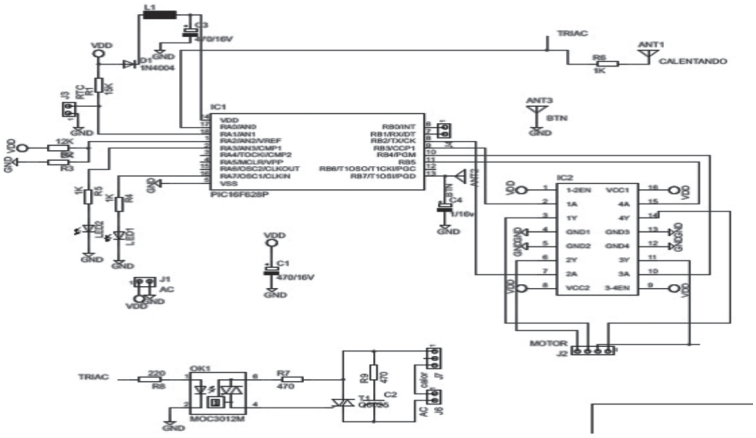

Fig. 7. Esquema Electrónico tarjeta de control.

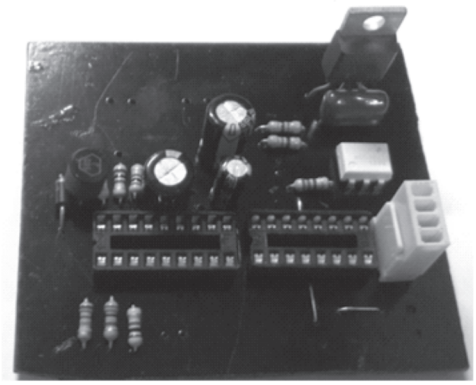

Fig. 8. Tarjeta implementada.

5. Testeo y Resultado

Las pruebas realizadas permitieron ver que el exceso de 20ºC sobre la temperatura normal de trabajo (180ºC) provocó que el tambor plástico se adhiriera al rodillo metálico de calentamiento; el problema se solucionó haciendo que el cilindro esté constantemente en movimiento y con esto se evitó la fundición del material termo- aislante del rodillo.

El otro problema causado por el exceso de calor fue la fundición del fusible térmico, lo cual se solucionó haciendo un simple puente con un hilo de cobre. Con estas correcciones se logró poner a punto el sistema de fabricación de circuito impreso a bajo costo. El equipo terminado ver en la Fig. 9.

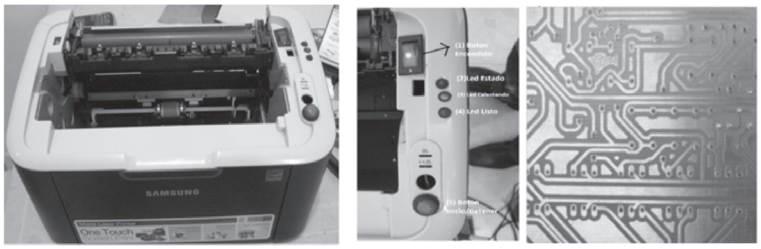

Fig. 9. Prototipo para fabricación de PCB terminado e imagen de PCB fabricada.

Se probaron PCB de diferentes tamaños, donde se observó que al dejar un espacio de 4 milímetros entre el diseño PCB y el corte de la váquela se obtenían mejores resultados ya que la transferencia terminal del tóner a la váquela en los extremos es mínimamente defectuoso. Como resultado de las pruebas se logró robustecer el funcionamiento del prototipo y terminarlo exitosamente con buenos resultados en las PCB fabricadas.

6. Uso de la Máquina de Fabricación de PCB

Para usar la máquina de fabricación de PCB debe tener previamente: Baquelita virgen de 5 milímetros más grande por cada lado que el circuito impreso a realizar, Hoja Propal-cotex 115 gramos o en su defecto hoja satinada, Lija para preparación de baquelita, Impresora Láser, Tasa con agua, Tasa con Oxido férrico, Cepillo de dientes, Brillo fino o viruta de hilos metálicos. El procedimiento se puede resumir en los siguientes pasos.

A) Paso 1. Se imprime el esquema del circuito impreso en una impresora láser sobre la hoja propal-cotex (este tipo de hoja se consigue fácilmente en tipografías y papelerías)

B) Paso 2. Se procede a lijar la superficie de la baquelita primero con la lija más fina y luego con la más gruesa, sin tocar con los dedos la superficie de la baquelita pues los dedos de la mano contienen grasa que hace que el papel propal-cotex tenga una mala adhesión.

C) Paso 3. Se recorta la impresión de la PCB de la hoja propal-cotex dejando de 2 a 4 centímetros a los alrededores de la imagen para sujeción en la baquelita. Se procede al Centrado de la imagen recortada en la baquelita y los bordes los doblamos hacia dentro para sujetarlo a la baquelita.

D) Paso 4. Se enciende la máquina de fabricación de circuito impreso y se presiona el botón de Inicio. La máquina tiene dos LED; uno indica que la máquina está funcionando, el otro posee dos colores titilantes. Verde cuando la máquina está calentando el rodillo, y rojo cuando está lista para introducir la baquelita, esperamos a que la maquina encienda el LED de color rojo y procedemos a colocar la baquelita en la maquina aplicando un poco de presión para que la máquina tome la PCB; al salir se repite este mismo paso 3 veces y luego le damos vuelta a la baquelita y repetimos el paso dos veces más, esto demora aproximadamente entre 1 a 1.5 minutos por baquelita.

E) Paso 5. Luego de haber realizado el paso 4 completamente, se introduce la baquelita inmediatamente en una taza con agua, ya que el cambio brusco de temperatura mejora la adhesión de las pistas; esperamos 15 segundos y se procede a retirar el papel y con la ayuda de un cepillo de dientes quitamos los excesos de papel blanco entre pista y pista (recuerden, donde queda papel o tinta negra queda el cobre).

F) Paso 6. Se introduce la baquelita en el óxido férrico disuelto en poca agua; para proceder al ataque químico de la baquelita, se mueve la taza

para acelerar el ataque, luego de un par de minutos el ataque químico remueve el exceso de cobre en la baquelita y queda terminado el circuito impreso que se está realizando. Esto se ve a simple vista

G) Paso 7. Se procede a remover el tóner con ayuda de un brillo fino, agua y jabón.

7. Conclusión

Se construyó un prototipo de fabricación de circuitos impreso PCB, reciclando materiales de una impresora láser vieja; utilizando sus principales partes (fusor de calor, sistema de movimientos ,termistor para censado de temperatura y circuitos electrónicos de potencias) utilizando un microcontrolador de gama baja el PIC16F628A como elemento de control del sistema, logrando mantener la temperatura de los rodillos a unos 200°C, temperatura adecuada para la transferencia del tóner a la PCB, disminuyendo el tiempo de fabricación y números de veces que toca pasar la váquela en el proceso de fabricación con respecto si se usara un laminadora convencional. El sistema requieres pocos elementos externos para su funcionamiento, lo que abarata costo en su fabricación. El sistema está terminado y funcionando.

Referencias

[1] LPKF Laser & Electronic AG, http://www.lpkf.com/, Consultado 26 de octubre de 2013.

[2] Shi, J., Wang, Z. Stepper drive control technology (2007) Micro Motor, 7, pp. 45-47. July.

[3] Xie, H., Chen, L., Xu, Z., Design on digitized SPWM subdivided driving controller of three-phase stepper motor, 2011, College of Electronic and Information Engineering, Chongqing Three Gorges University, Wanzhou, Chongqing, 404000, China.

[4] Vali, C.V. Two basic types unipolar and bipolar for stepper motor driving, Advanced Topics in Optolectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IV, Volume 7297, 2009, Article number 72972Q.

[5] Datasheet (L293B), http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThomsonMicroelectronics/mXurruu.pdf, consultado 26 de octubre 2012.

[6] Datasheet (PIC16F628A), http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc /40044d.pdf, Consultado 10 septiembre de 2012.

[7] Datasheet (BT140), http://www.datasheetarchive.com/BT%20140-datasheet.html.

[8] Datasheet (Q6040P), http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/Q/6/0/4/Q6040P.shtml,Consultado 10 septiembre de 2012.

[9] Datasheet (MOC3021), http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5039/MOTOROLA/MOC3021.html,Consultado 10 septiembre de 2012.