

Experiencias en la Automatización de la Construcción de Circuitos Impresos con Máquina CNC de Código Abierto

Ricardo Salvador Guadrón Gutiérrez

Ingeniero Electricista y Master en Administración de Empresas, Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ITCA-FEPADE Sede Central. Email: rguadron@itca.edu.sv

Juan José Guevara Vásquez

Técnico en Ingeniería Electrónica con especialidad en Mantenimiento y Servicio de Computadoras, Docente Coordinador de Carrera, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ITCA-FEPADE Sede Central. Email: juan.guevara@itca.edu.sv

Resumen

En este artículo se describen las experiencias obtenidas producto de la automatización del proceso de fabricación de placas de circuito impreso (PCB) por medio de una máquina CNC de código abierto. Se describen las ventajas y desventajas respecto al uso de químicos corrosivos, el impacto en el medio ambiente y su implementación en la academia.

Palabras clave

CNC, automatización, diseño con ayuda de computador, CAD, circuitos impresos, circuitos eléctricos.

Abstract

This article describes the experiences gained with the automation process of PC boards creation using an open source CNC machine. It describes the advantages and disadvantages regarding the use of corrosive chemicals, the impact on the environment and its implementation at the academy.

Keywords

CNC, automation, computer aided design, CAD, printed circuits, electrical circuits.

Introducción

Durante mucho tiempo, el proceso de fabricación de Tarjetas de Circuitos Impresos (PCB) en las instituciones de enseñanza técnica ha sido un proceso esencialmente artesanal.

Generalmente, el proceso consiste en utilizar un papel especial que, mediante la aplicación de calor transfiere la tinta (típicamente tóner) al cobre de la tableta fenólica para que posteriormente, aplicando una sustancia química corrosiva, como el tricloruro de hierro, se elimine el área de cobre no protegida por la tinta.

Dependiendo de la habilidad y experiencia que se tenga, se pueden obtener muy buenos resultados con pistas de diámetros muy pequeños de hasta 0.4mm.

Este método es una alternativa a la serigrafía, la cual es también ampliamente utilizada, aunque por lo general eleva los costos de fabricación, ya que es una técnica que requiere de la contratación de servicios especializados.

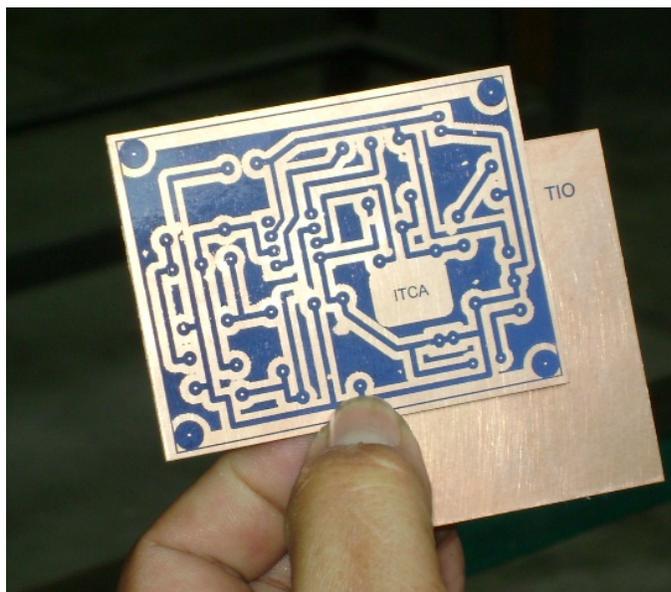


Fig. 1. Circuito impreso fabricado con papel de transferencia de tinta

Debido a la presencia masiva de los sistemas informáticos, los equipos de Control Numérico Computarizado (CNC) son hoy día accesibles, por lo que pueden adquirirse y utilizarse para la fabricación de PCB; esto la convierte en una alternativa a los dos métodos mencionados.

MÁQUINA CNC PARA FABRICACIÓN DE PCB

El Control Numérico Computarizado CNC, es un método para controlar con precisión la operación de una máquina mediante una serie de instrucciones codificadas que la Unidad de Control de la Máquina (MCU) puede comprender [1].

Las computadoras son utilizadas para el diseño de piezas por medio de software de Diseño Asistido por Computadora CAD, pruebas, simulaciones, generación del código numérico y para el control del proceso de manufactura de las piezas realizado por la máquina. El uso de CNC tiene ventajas y desventajas.

Tabla 1. Algunas de las ventajas y desventajas más representativas de la implementación de sistemas CNC [2].

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor precisión	Costo elevado
Simulación de procesos	Mayor grado de especialización operatorio
Confiabilidad	Necesidad de cálculos y programación
Reducción de desperdicios	Costos de mantenimiento elevados
Reducción de error humano	Costos de piezas y herramientas de manufactura elevados

Al analizar las desventajas de las máquinas CNC, se nota que el costo de adquisición y mantenimiento es uno de los factores que influyen para no decantarse por la implantación de estas en la fabricación de PCB's. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que los PCB no son de gran tamaño, de hecho según la experiencia, la fabricación de un PCB mediano de 20 cm x 20 cm no es habitual en la academia, por lo que no es necesario adquirir una máquina CNC de grandes dimensiones. Es suficiente contar con un equipo que proporcione un área de trabajo de 50 cm x 50 cm para cubrir prácticamente todas las necesidades de fabricación, cuyo costo es relativamente accesible. Por otra parte, la com-

plejidad de la máquina no debe ser muy alta, bastará con una de tres ejes (X, Y, Z) para fabricar PCB.

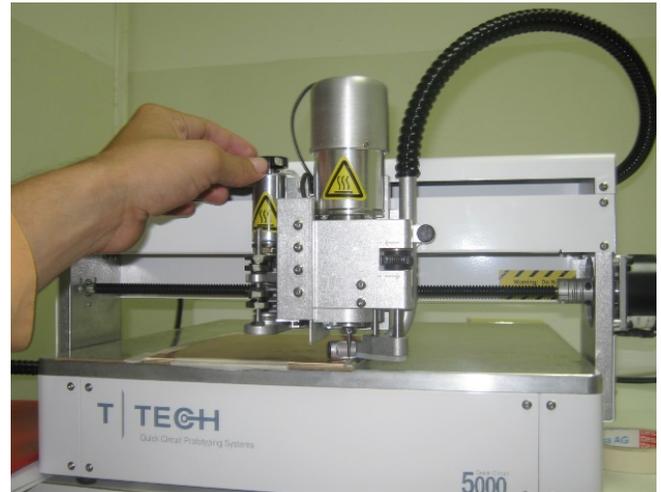


Fig. 2. Máquina CNC de tres ejes para fabricación de PCB.

En cuanto a la precisión, se debe considerar que las pistas de un PCB típico tienen un diámetro elevado. Un ejemplo de esto son los microcontroladores con empaquetado TQFP100. En estos chips, el diámetro de la pista debe ser de 0.25 mm a 0.3 mm. Estos diámetros son de precisión media para una máquina CNC.

En síntesis, los tres aspectos técnicos citados tienden a disminuir considerablemente el costo de la máquina, haciendo más accesible su adquisición. La tabla 2 muestra algunas de las especificaciones típicas para equipos CNC diseñados especialmente para la fabricación de PCB.

Tabla 2. Especificaciones técnicas típicas de una máquina CNC comercial diseñada específicamente para la fabricación de PCB [3]

Max PCB size	100x160 mm
Mechanical resolution	0.01 mm
Max travel speed, X axis	1200 mm/min
Max travel speed, Y axis	1000 mm/min
Max travel speed, Z axis	1500 mm/min
Dimensions	280x47x380 mm
Weight	14 kg

MÁQUINAS CNC DE HARDWARE Y CÓDIGO ABIERTO

Una máquina CNC con las características mostradas en la Tabla 2 puede costar alrededor de USD \$3,000.00 sin impuestos y costos de envío. Por otra parte, la experiencia demuestra que la adquisición de equipos comerciales no siempre resulta en servicios de soporte y mantenimiento eficientes y rápidos; en muchas ocasiones las máquinas son diseñadas como cajas negras, lo que dificulta su mantenimiento y el recambio de piezas. A esto hay que sumar el software de control (y en algunos casos CAD), el cual también puede ser propietario, limitando enormemente las posibilidades de expansión y portabilidad del equipo. Ante esto, el hardware y código abierto son alternativas que deben analizarse antes de considerar la adquisición de máquinas para automatizar la fabricación de PCB.

Shapeoko es uno de los proyectos de máquina CNC más exitosos que puede utilizarse perfectamente para la fabricación de PCB. Al ser un proyecto que actualmente se encuentra en su tercera versión, existe una gran comunidad de usuarios que han comprobado la robustez del equipo. Por otra parte, las piezas utilizadas en el sistema mecánico, los motores y la circuitería electrónica son de fácil adquisición y construcción. Dado que es un proyecto abierto, tanto los planos como el software son de dominio público, por lo que pueden realizarse las mejoras que se consideren convenientes.

X-Carve es una máquina CNC basada en Shapeoko 2 que ha sido mejorada y es actualmente comercializada por la empresa Inventables y, al igual que su antecesora, es totalmente open hardware.

Las dos máquinas antes citadas tienen la ventaja de ser compatibles con G-CODE, el cual es un lenguaje de control numérico estandarizado bajo la norma ISO 6983, ampliamente utilizado en máquinas CNC y con una gran compatibilidad en software CAD. El programa de control nativo es Universal G-CODE Sender de código abierto, disponible para Windows, Linux y MAC, lo cual brinda una gran portabilidad.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MÁQUINA CNC

En la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

de ITCA-FEPADE, como parte de la implementación de nuevas tecnologías en el área electrónica y automatización, se tomó la decisión de incorporar en los planes de estudio de carreras técnicas afines, las competencias de diseño y fabricación de PCB de forma automatizada.

Los criterios para la elección del equipo fueron:

1) *Reducir la utilización de químicos corrosivos*

Uno de los objetivos inicialmente propuestos fue minimizar los desechos y el impacto medio ambiental que producen las altas cantidades de químicos corrosivos generados por los procesos de fabricación tradicional de PCB, así como reducir los riesgos de los estudiantes al manipular este tipo de materiales potencialmente dañinos para la piel y las vías respiratorias.

2) *Incrementar la calidad del diseño de los PCB*

Otro de los objetivos fue elevar el grado de calidad de los PCB creados por los estudiantes y hacerlos acordes a los altos niveles de integración de los componentes electrónicos utilizados en los circuitos de hoy día, ya que con el advenimiento de los Dispositivos de Montaje Superficial, SMD, las pistas deben ser de un diámetro considerablemente inferior, lo cual es difícil lograr con las técnicas tradicionales de fabricación de PCB.

3) *Código abierto*

Este es uno de los principales criterios, ya que con la obtención de los diagramas eléctricos y planos de los sistemas mecánicos, a futuro se podrán realizar las modificaciones con el fin de obtener un equipo optimizado con las características requeridas por los PCB que se fabrican en la academia [4].

4) *La robustez del equipo y costo de adquisición*

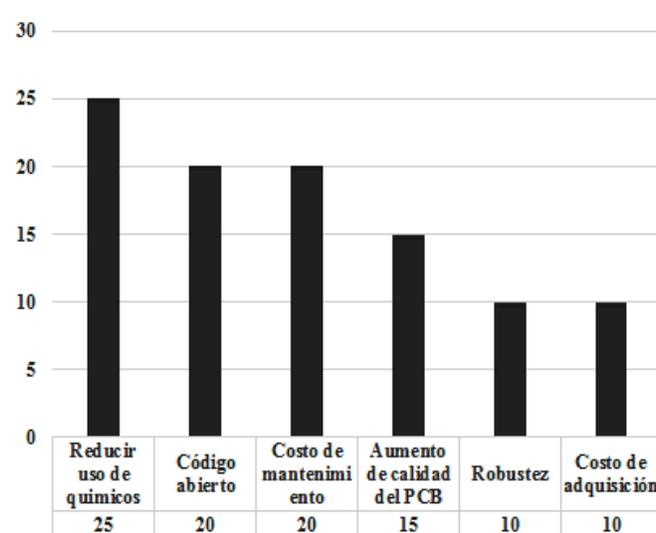


Fig. 3. Importancia asignada a los criterios para la selección de la máquina CNC.

EXPERIENCIAS EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO DE PCB

Inicialmente se seleccionó la máquina del proyecto Sha-peoko versión 2. El costo total del equipo incluyendo impuestos y gastos de envío fue de USD \$1,500.00, significativamente inferior a otros equipos comerciales de iguales características.

Actualmente se están realizando pruebas para documentar y automatizar el proceso de creación de PCB de una y dos caras. Por otra parte, se ha incorporado un motor Spindle DC en lugar de una herramienta rotativa. A mediano plazo se proyecta analizar el sistema mecánico para realizar mejoras y ajustar el área de trabajo para crear PCB de hasta 25cm x 25cm.

El funcionamiento del equipo ha sido comprobado con el siguiente entorno que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Elementos que forman parte del entorno de pruebas utilizado.

ITEM	TIPO	VERSIÓN
CAD software	CADsoft Eagle	7.3
Generator G-CODE	PCB to G-CODE	3.6.2.4
Herramientas de auto nivelación	Chillipepr	-
Software de control	Universal G-CODE Sender	1.0.8
Fresa	V bit	45°/0.1 mm

Con el entorno mostrado en la tabla 3 se han podido crear PCB con diversos diámetros de pistas, siendo el más pequeño de hasta 16 mills pulgadas (0.4mm).

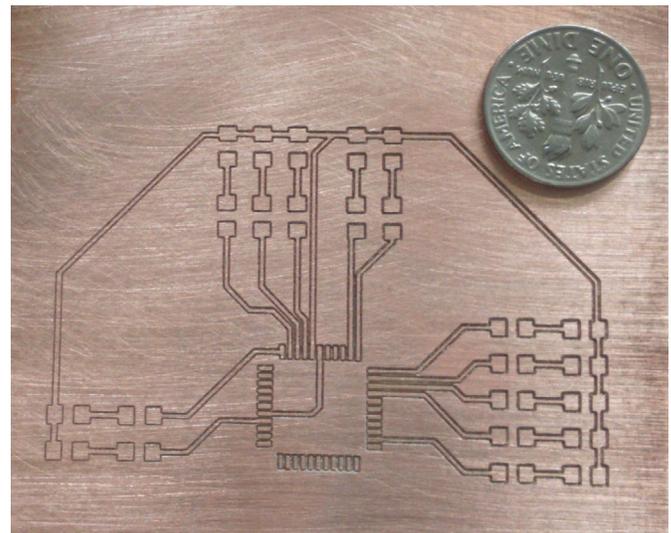


Fig. 4. PCB con pistas de 16 mills. de pulgada.

En esta experiencia, la auto nivelación puede ser omitida siempre que se cuente con una superficie de apoyo con desniveles menores de 0.3 mm o se utilice una fresa tipo end mil. Sin embargo, en este último caso, al ser una fresa de 0.1 mm de diámetro, se debe configurar el equipo para que se trabaje a muy bajas velocidades de ruteo, lo cual incrementa considerablemente el tiempo de elaboración.

Conclusiones y Recomendaciones

Es factible la implementación de máquinas CNC para la fabricación de PCB con pistas con un mínimo de hasta 16 mills (0.4 mm). Durante el proceso de pruebas se comprobó que las máquinas poseen un límite mecánico que prácticamente impide la creación de circuitos impresos con pistas de 12 mills (0.3 mm) o de menor diámetro. Si bien esta tarea no es realmente imposible, existen muchos factores que deben considerarse antes de intentar su fabricación, siendo uno de ellos la calibración de la máquina. De hecho, se recomienda siempre verificar la calibración de la máquina con un diseño patrón para realizar ajustes y evitar desperdicios. Otro aspecto lo constituye la elección de la fresa; en las pruebas se observó que fresas de menor grado deben utilizarse a bajas velocidades de diseño en el orden de 50 mm por segundo. Esto incrementa considerablemente el tiempo de fabricación, eleva el consumo energético y estresa dispositivos como la fresa y los motores.

En cuanto a los desechos, al utilizarse un sistema de corte de superficie se genera un polvo tóxico compuesto por cobre y restos del material fenólico, acrílico u otro del cual esté construida la placa. Una aspiradora con filtro especial debe ser incorporada

para capturar las partículas en el momento en que se está realizando el corte; el usuario debe utilizar lentes de protección y mascarilla para evitar absorber el polvo que no es capturado por la aspiradora.

Referencias

LIBROS

- [1] S. Krar and A. F. Check, Tecnología de las máquinas herramientas. 5a. ed. México: Alfaomega, 2002, pp 585-588.
- [2] F. Cruz Teruel, Control numérico y programación. México: Alfaomega, 2007, pp 1-2.
- [3] SIA Proximus. Cirqoid machine user manual [en línea]. Disponible : http://cdn.shopify.com/s/files/1/0249/9470/files/Cirqoid_user_manual.pdf?1524.

REPORTES TÉCNICOS

- 4] Shapeoko (2013). Shapeoko Drawings [en línea]. Disponible: [https://www.google.com/search?q=Shapeoko+\(2013\).+Shapeoko+Drawings&client=firefox-b&sa=X&biw=1024&bih=657&noj=1&tbm=isch&imgil=ieZtc-Zz-fad-QM%253A%253B9pZuj6-iJ34RxM%](https://www.google.com/search?q=Shapeoko+(2013).+Shapeoko+Drawings&client=firefox-b&sa=X&biw=1024&bih=657&noj=1&tbm=isch&imgil=ieZtc-Zz-fad-QM%253A%253B9pZuj6-iJ34RxM%).

Escuela Especializada en Ingeniería
ITCA FEPADE

CCI
Centro de Capacitación en Idiomas

Saber inglés te abre puertas

Estudia en el CCI

Te ofrecemos cursos semanales y de fin de semana en horarios flexibles.

ASCENSOS
TRABAJO
OPORTUNIDADES
AUMENTO DE SUELDO

Centro de capacitación en Idiomas CCI, Km 11 carretera a Santa Tecla. Tels.: 2132-7478 y 7479.