

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC QUE REALIZA EL
RUTEO DE PISTAS Y EL TALADRADO DE CIRCUITOS IMPRESOS (PCB) DE
MANERA AUTOMÁTICA, UTILIZANDO PROGRAMAS COMO EL (MACH) Y EL
(EAGLE)

CARLOS ANDRÉS CASTRILLÓN SÁNCHEZ
JOHAN FIDEL LEMOS RUÍZ
YEYSON ANDRÉS QUINTO SÁNCHEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2013

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC QUE REALIZA EL
RUTEO DE PISTAS Y EL TALADRADO DE CIRCUITOS IMPRESOS (PCB) DE
MANERA AUTOMÁTICA, UTILIZANDO PROGRAMAS COMO EL (MACH) Y EL
(EAGLE)

CARLOS ANDRÉS CASTRILLÓN SÁNCHEZ
JOHAN FIDEL LEMOS RUÍZ
YEISON ANDRÉS QUINTO SÁNCHEZ

Trabajo de grado presentado para optar al título de
Tecnólogo en Electrónica

Asesor:
Edgar Alberto Betancur Cataño
Ingeniero Electrónico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2013

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1. EL PROBLEMA	6
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
3.1 OBJETIVO GENERAL	8
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. REFERENTES TEÓRICOS	9
4.1 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)	9
4.2 SISTEMA MECÁNICO DE UNA MAQUINA (CNC)	11
4.3 MOTORES PASO A PASO	13
4.4 TRANSFORMADOR	15
4.5. CIRCUITO ELECTRÓNICO	15
4.8. PUERTO PARALELO	18
5. METODOLOGÍA	19
5.1 TIPO DE PROYECTO	19
5.2 MÉTODO	19
5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	19
5.3.1 Fuentes Primarias	19
5.3.2 Fuentes Secundarias	19
6. RESULTADOS	20
7. CONCLUSIONES	35
8. RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
CIBERGRAFÍA	38
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Máquina cnc	9
Figura 2. Articulaciones de las maquina cnc	12
Figura 3. Motor pasó a paso	14
Figura 4. Circuito electrónico	16
Figura 5. Software EAGLE	17
Figura 6. Software MACH3	17
Figura 7. Puerto paralelo	18
Figura 8. eje (x) y su rodamiento	21
Figura 9. eje (y) y su rodamiento	21
Figura 10. Base del eje (z)	22
Figura 11. Acople del eje (x ,y) y sus motores y rodamientos	22
Figura 11. Acople del eje (x ,y,z) y sus motores y rodamientos	23
Figura 13. Esquema del circuito electrónico	24
Figura 14. Circuito electrónico del driver de los motores pasó a paso	33
Figura 15. Máquina cnc creada	33

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se diseña y construye un sistema alternativo de elaboración de PCB (PrintedCircuitBoard) mediante una máquina fresadora por Control Numérico Computarizado (CNC) que sustituye a los métodos artesanales utilizados por estudiantes universitarios y de educación secundaria; el sistema fabricado permite realizar PCBs, sin uso de ácidos o corrosivos, efectuando adicionalmente perforaciones para la disposición y posterior soldadura (de manera manual) de elementos electrónicos en la PCB elaborada.

Con este objetivo se fabrica una máquina CNC y se implementa la instrumentación adecuada que satisfaga los requerimientos para la elaboración de PCB, adicionalmente se utilizan programas como el Eagle, software encargado de diseñar pistas o PCB; también hay otro software (MACH) que es el encargado de traducir los códigos a pulsos electrónicos y que genera el código CNC necesario para coordinar los movimientos de fresado y perforado.

Se trata así de un sistema CNC capaz de cumplir la totalidad de los requerimientos básicos para la elaboración de PCB, de manera semejante con sistemas avanzados de producción de circuitos impresos mediante fresado, que hacen uso de cámaras microscópicas con lentes tele-céntricos, herramientas de carburo y sistemas avanzados de control que permiten obtener mejores resultados, pero siendo para esto, la relación económica incomparablemente superior.

1. PROBLEMA

La ciencia y tecnología han avanzado hasta el punto de poder llegar a construir máquinas completamente automáticas e independientes al reemplazar ciertas prácticas manuales por dispositivos electrónicos y mecánicos, de tal manera que ahorran mucho trabajo, recursos y tiempo a los seres humanos; sin embargo, el desarrollo tecnológico en nuestro país aún tiene limitaciones para poder competir de una manera óptima en el mercado internacional; el avance tecnológico nos facilita mucho los procesos de fabricación, de tal manera que se los puede desarrollar con mayor rapidez, eficacia y disminuyendo costos, en comparación con métodos manuales.

La máquina CNC que se propone construir tiene estas prestaciones, puesto que elimina gran parte de los procedimientos manuales al momento de realizar el ruteado y taladrado de circuitos impresos; a nivel mundial se producen máquinas fresadoras router CNC con diversos precios dependiendo del alcance de las mismas, la mayoría de ellas realizan ruteados en 2D y 3D en varios materiales incluyendo aluminio, cobre, madera y plásticos; el país que más fabrica este tipo de máquinas es China con un costo muy elevado, debido a su alta precisión y a los diversos materiales con los que trabajan.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será posible que la máquina CNC permita ahorrar tiempo y dinero respecto a la fabricación de los PCBs?

2. JUSTIFICACIÓN

Los métodos de fabricación de PCBs de forma artesanal o manual son muy dispendiosos, debido a las diversas etapas que conlleva el desarrollo de estos, lo que implica mayor inversión relacionada a dinero, material y tiempo; existe hoy día máquinas llamadas CNC que pueden hacer todo este proceso de forma automática a un costo menor.

Las fresadoras router CNC que existen en el mercado son muy costosas porque realizan trabajos de alta precisión en 2D y 3D en diversos materiales; por tales motivos lo que se pretende lograr es construir una máquina que realice funciones similares orientadas a la fabricación de PCBs, conforme avanza la tecnología electrónica en especial en el campo de sistemas embebidos como micro controladores, la fabricación de PCBs es más crucial, porque cada vez tienen mayor densidad y esto exige mayor exactitud y precisión, esto hace necesario la utilización de diseños asistidos por computadora y máquinas avanzadas; es por ello que este trabajo se centra en definir y especificar un método más rápido que ahorre tiempo, esfuerzo y dinero al usuario, y que elimine el uso y desperdicio de papel, agua y químicos, utilizados de forma artesanal, que de cierta forma resulta perjudicial para la naturaleza y el medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina CNC que realice el ruteo de pistas y la perforación de agujeros para PCBs asistida por computador.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar un sistema mecánico que garantice el movimiento preciso en los ejes x, y, z de la máquina CNC.

Implementar un sistema electrónico que permita controlar los motores y finales de carrera de la máquina CNC a través de un software computacional.

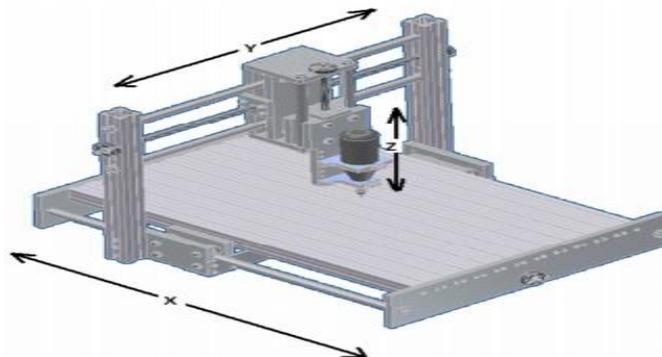
Implementar un software que permita leer datos y controlar el sistema electrónico.

4. REFERENTES TEÓRICOS

4.1. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)

Es un sistema de automatización de máquinas y herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

Figura 1. Máquina CNC



Las primeras máquinas de control numérico se construyeron en los años 1940 y 1950, basadas en las máquinas existentes con motores modificados cuyos mandos se accionaban automáticamente siguiendo las instrucciones dadas en un sistema de tarjeta perforada. Estos servomecanismos iniciales se desarrollaron rápidamente con equipos análogos y digitales. El abaratamiento y miniaturización de los microprocesadores ha generalizado la electrónica digital en las máquinas herramienta, lo que dio lugar a la denominación control numérico por computadora, control numérico computarizado (CNC), para diferenciarlas de las

máquinas que no tenían computadora, en la actualidad se usa el termino control numérico para referirse a este tipo de sistemas, con o sin computadora.

Este sistema ha revolucionado la industria debido al abaratamiento de microprocesadores y a la simplificación de la programación de las máquinas de CNC.

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte, el sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos longitudinales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre, en el caso de las fresadoras se controlan también los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Y, para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

Aparte de aplicarse en las máquinas-herramienta para modelar metales, el CNC se usa en la fabricación de muchos otros productos de ebanistería, carpintería, etc. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas-herramienta han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado

de precisión dimensional, finalmente, el uso de CNC incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad.

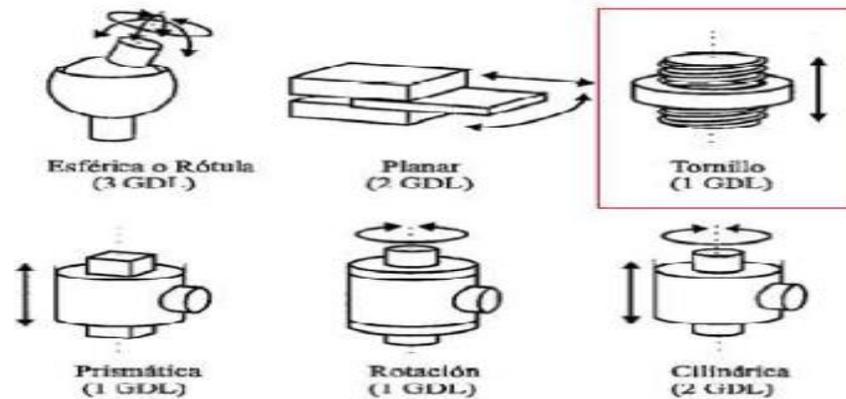
El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación, cada constructor utilizaba el suyo particular. Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo, los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros,

4.2. SISTEMA MECÁNICO DE UNA MÁQUINA CNC

A este tipo de máquina las podemos considerar como un robot, porque el estándar ISO 8373:1994 de robots industriales dado por la Federación Internacional de Robótica (IFR), define a un robot industrial como un operador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, el cual es capaz de posicionar y orientar objetos (o herramientas) según trayectorias programadas para los mismos; los cuales son utilizados en diferentes etapas de producción industrial. La máquina fresadora CNC se la puede clasificar dentro del grupo de robots cartesianos, puesto que como ya hemos indicado se mueve en el espacio con 3 grados de libertad, es decir, en los ejes XYZ.

La estructura mecánica de estas máquinas están constituidas por elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten su movimiento relativo; existen 6 tipos de articulaciones posibles, estas son:

Figura 2. Articulaciones



Tornillo: este sistema de transmisión utilizado para accionar los elementos de apriete tales como prensas o mordazas, así como para producir el desplazamiento lineal de los diferentes carros de fresadoras y tornos, o en compuertas hidráulicas. Puede ser de metal, metálico (el material más utilizado es acero templado), de madera o PVC, en ocasiones se le menciona como tornillo sin fin.

La tuerca husillo es un tipo de mecanismo que está constituido por un tornillo (husillo) que al girar produce el desplazamiento longitudinal de la tuerca en la que va enroscado (movimiento rectilíneo).

Los principales problemas en este tipo máquinas son la fricción y el peso, así que escogerá durante el diseño materiales resistentes y livianos como el aluminio, en cambio para las guías se utilizará acero inoxidable y en las piezas móviles se utilizarán rodamientos de cajones, además utilizaremos motores paso a paso para lograr la movilidad de los ejes.

4.3. MOTORES PASO A PASO

Motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento, entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente.

Los tipos de motores paso a paso son: motor de paso de rotor de imán permanente el cual permite mantener un par diferente de cero cuando el motor no está energizado, dependiendo de la construcción del motor, es típicamente posible obtener pasos angulares de 7.5, 11.25, 15, 18, 45 ó 90°, el ángulo de rotación se determina por el número de polos en el estator.

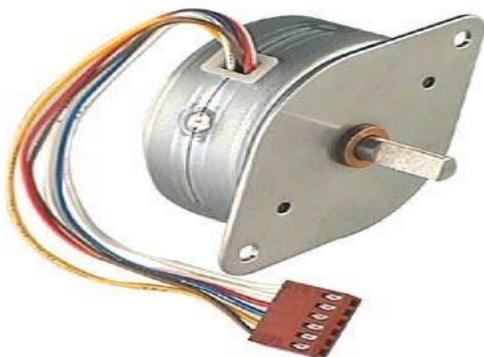
El motor de paso de reluctancia variable (VR): tiene un rotor multipolar de hierro y un estator devanado laminado, y rota cuando los dientes del rotor son atraídos a los dientes del estator electromagnéticamente energizados. La inercia del rotor de un motor de paso de reluctancia variable es pequeña y la respuesta es muy rápida, pero la inercia permitida de la carga es pequeña. Cuando los devanados no están energizados, el par estático de este tipo de motor es cero, generalmente, el paso angular de este motor de paso de reluctancia variable es de 15°.

El motor híbrido de paso: se caracteriza por tener varios dientes en el estator y en el rotor, el rotor con un imán concéntrico magnetizado axialmente alrededor de su eje, se puede ver que esta configuración es una mezcla de los tipos de reluctancia variable e imán permanente. Este tipo de motor tiene una alta precisión y alto par y se puede configurar para suministrar un paso angular tan pequeño como 1.8° .

Motores paso a paso bipolares: estos tienen generalmente 4 cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados debido a que requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Motores paso a paso unipolares: estos motores suelen tener 5 ó 6 cables de salida dependiendo de su conexión interno, se caracteriza por ser más simple de controlar, estos utilizan un cable común a la fuente de alimentación y posteriormente se van colocando las otras líneas a tierra en un orden específico para generar cada paso.

Figura 4. Motor paso a paso



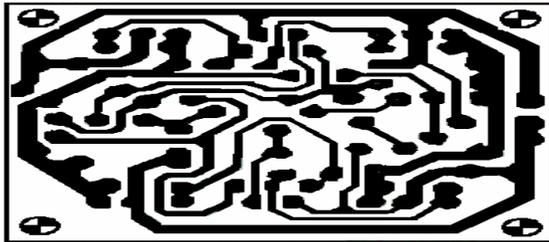
4.4. TRANSFORMADOR

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente, la única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético, las bobinas o devanados se denominan *primarios* y *secundarios* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente, también existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

4.5. CIRCUITO ELECTRÓNICO

El circuito electrónico es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada, los circuitos que contienen solo fuentes, componentes lineales (resistores, condensadores, inductores) y elementos de distribución lineales (líneas de transmisión o cables) pueden analizarse por métodos algebraicos para determinar su comportamiento en corriente directa o en corriente alterna, un circuito que tiene componentes electrónicos denominados un circuito electrónico, estas redes son generalmente no lineales y requieren diseños y herramientas de análisis mucho más complejos.

Figura 4. Circuito electrónico



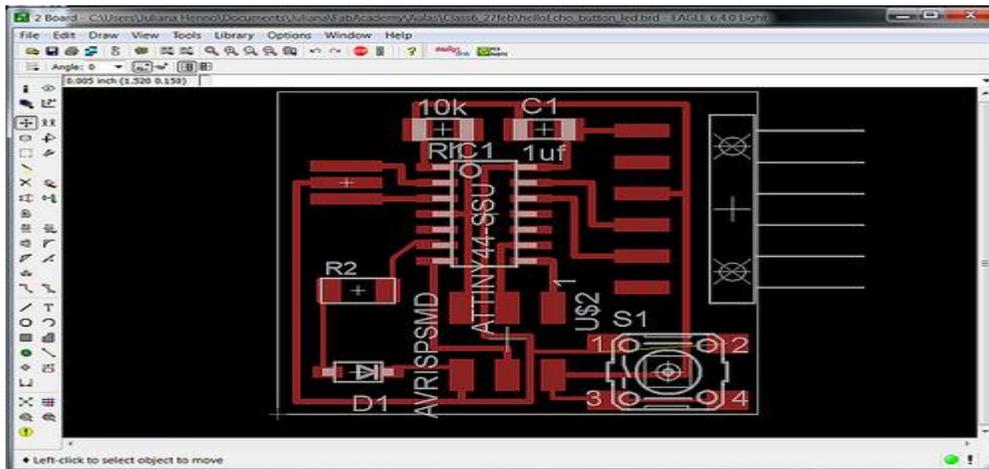
Los cables eléctricos se fijan a la placa, conecta un procesador central a otros componentes de la placa, casi todos los dispositivos electrónicos contienen uno o más tableros de circuitos impresos.

El galardonado EAGLE es un potente y flexible software de diseño de PCB con una funcionalidad de alto nivel de la cara circuito de software de diseño de tarjeta comercial, a una fracción del costo de más de 20 años, EAGLE es fácil de aprender, fácil de usar y fácil de comprar.

Se ejecuta en Linux, Mac y Windows y permite mejoras de la funciones, como la simulación, la importación y exportación de datos y los comandos de auto definido, a través de programas de idiomas de usuario (ULP) que están parcialmente integrados en EAGLE y disponibles en el área de descargas.

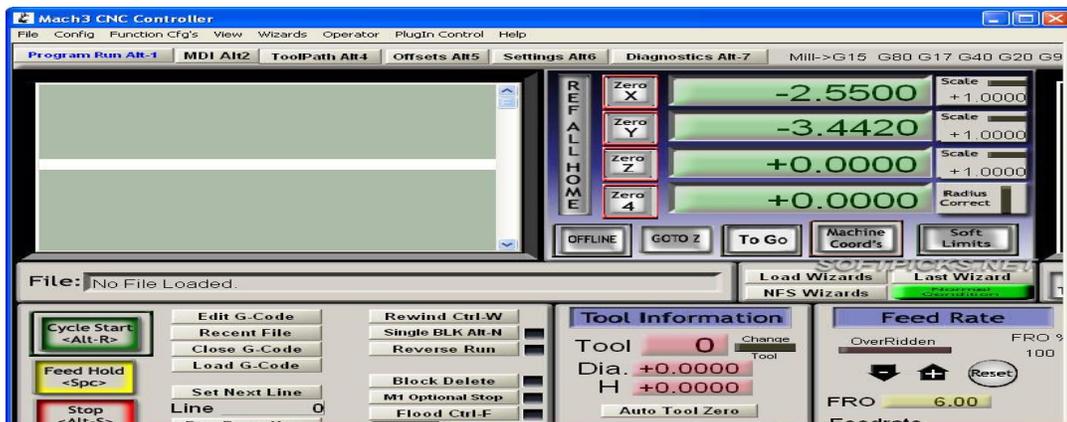
EAGLE ofrece diseño enlace, conexión automática de la base de datos de Premier Farell para buscar y encontrar piezas desde el entorno de diseño EAGLE sin tener que salir de ella. Los innovadores servicios de PCB de interfaz integrada en EAGLE permite a los usuarios recibir cotizaciones y productos a sus prototipos de los fabricantes de alta calidad en el clic del ratón.

Figura 5. Software EAGLE



Software para implementación mach, es un sistema de control computarizado que permite la comunicación con los servomotores usando una computadora, este sistema es accesible y muy fácil de aprender, permitiéndole a muchas empresas automatizar sus máquinas convencionales a CNC o crear sus propias máquinas de control numérico a un bajo costo.

Figura 6. Software MACH3



4.8. PUERTO PARALELO

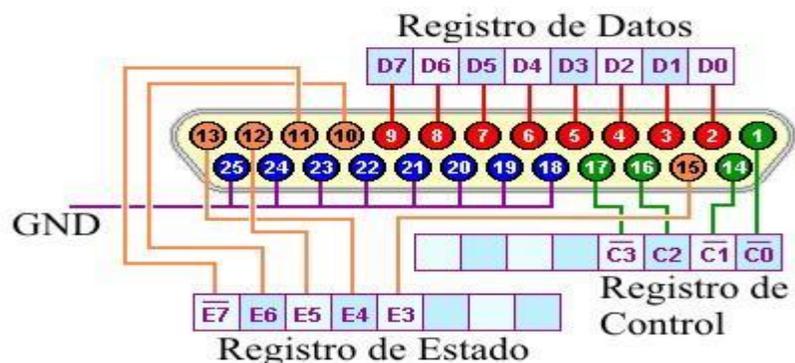
El puerto paralelo está formado por 17 líneas de señales y 8 líneas de tierra. Las líneas de señales están formadas por tres grupos: 4 Líneas de control, 5 Líneas de estado, 8 Líneas de datos.

En el diseño original las líneas de control son usadas para la interface, control e intercambio de mensajes desde el PC a la impresora.

Las líneas de estado son usadas para intercambio de mensajes, indicadores de estado desde la impresora al PC (falta papel, impresora ocupada, error en la impresora), las líneas de datos suministran los datos de impresión del PC hacia la impresora y solamente en esa dirección. Las nuevas implementaciones del puerto permiten una comunicación bidireccional mediante estas líneas.

Cada una de estas líneas (control, estado, datos) puede ser referenciada de modo independiente mediante un registro, cada registro del puerto paralelo es acezado mediante una dirección, el canal tiene tres registros: Registro de datos, Registro de estado, Registro de control.

Figura 7. Puerto paralelo



5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE PROYECTO

El proyecto es de mejoramiento, debido a que el proceso que se quiere automatizar corresponde a un sistema que opera de forma manual; también es de implementación, debido a que la máquina que se realiza ya existe en el mercado; y además es aplicado porque se utilizan los conocimientos adquiridos durante el ciclo formativo para el diseño y elaboración del prototipo.

5.2 MÉTODO

El método utilizado será el deductivo, hecho a equipos que están funcionando en la actualidad llegando a la conclusión de que se podía crear una máquina competitiva a bajo costo y desarrollo propio.

5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

5.3.1 Fuentes Primarias: para conocer el proceso normal del funcionamiento de una CNC se realizaron entrevistas a ingeniero y operario a cargo del manejo de este tipo de máquinas en distintos sectores.

5.3.2 Fuentes Secundarias: consultas en libros, revistas, manuales y páginas de Internet.

6. RESULTADOS

Para la realización de la parte mecánica se optó por utilizar materiales livianos para reducir el peso de la máquina y la mayor parte se realizó en aluminio, los rodamientos o deslizadores que se van a utilizar son los que se utilizan en cajones ya que estos tipos de rodamientos son lineales, económicos y fáciles de adquirir.

La transmisión o movimiento se genera con los motores paso a paso de 200 pasos por vueltas o de 1.8 grados por paso y para hacer la conversión de movimiento circular en movimiento lineal estamos utilizando tornillos de $\frac{1}{2}$ " con roscas cuando el tornillo da una vuelta la rosca avanza 2mm y como nuestros motores tienen la ventaja de moverse por pasos un paso que se mueva el motor equivale a $2\text{mm}/200\text{paso}=0.01$ esta será la resolución de nuestro sistema.

Las balineras que estamos utilizando son para mantener los tornillos en una posición y que les permita girar libremente, para el eje (Y) que es nuestra base decidimos hacer un marco en codal de aluminio de 2.5cm*5cm, este marco tiene una medida de 60cm *40cm internamente le colocamos los rodamientos de cajones de 45cm uno a cada lado para garantizar un libre movimiento y en el centro de un lado del eje colocamos uno de los motores paso a paso y posteriormente le colocamos el tornillo que va a convertir el movimiento circular en movimiento lineal permitiéndonos mover el conjunto del eje (X,Z), para eje (X) decidimos hacer un marco en láminas de aluminio de 40cm *20cm luego le colocamos unas terminales en forma de e (L) para poder conectar los ejes (X,Y) en el extremo alto de este marco ubicamos otro de los motores paso a paso 200 y un tornillo para generar el movimiento lineal del eje (X)

Figura 8. eje (x) y su rodamiento



Figura 9. eje (y) y su rodamiento



Eje(Z) pare este eje que es el más complicado de realizar porque es el que menos juego e imprecisiones debe tener ya que en este va ubicado el motor que va a

hacer el proceso de taladrado y frezado, para realizarlo utilizamos una lámina de 25cm*10cm *0.4cm y a este le colocamos anglo de 90° para poder colocar los rodamientos lineales para poder sujetar el motor paso a paso y las balineras que sostienen los tornillos, todos estos ejes van enlazados entre sí para poder llevar los movimientos a todo el sistema

Figura 10. Base del eje (z)



Figura 11. Acople del eje (x ,y) y sus motores y rodamientos



Figura 12. Acople del eje (x,y,z) y sus motores y rodamientos

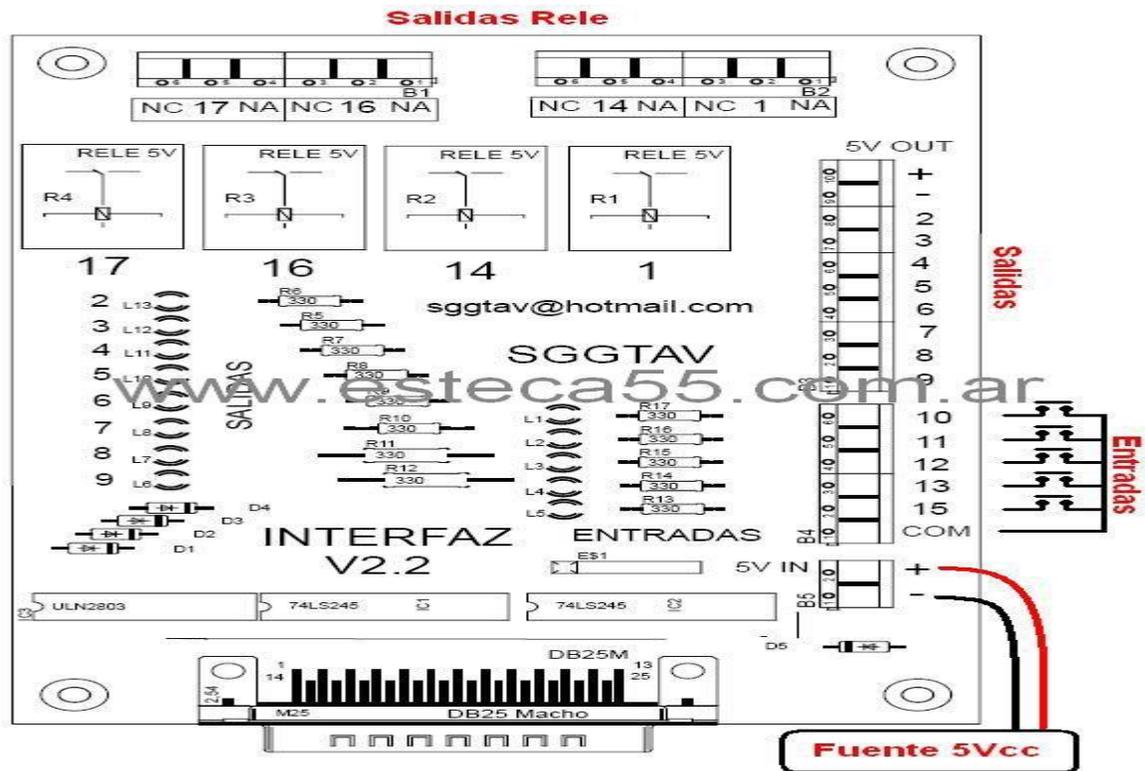


La parte electrónica la podemos dividir en potencia, interfaz y los finales de carrera y los home.

En la potencia: hemos hecho una fuente de voltaje que nos permita obtener tres voltajes diferentes (5v 36v 60voltios regulables); los 5v son para alimentar la interfaz los 36voltios son para alimentar los motores paso a paso y los puente h los 60voltios regulables son para variar la velocidad del motor o taladro de perforación.

La interfaz para el Puerto Paralelo cuenta con 8 salidas digitales (pines del 2 al 9) 5 entradas (pines 10 al 13 y 15) y 4 salidas tipo relé (pines 1, 14, 16 y 17), podría decirse que además de ser una interfaz para CNC es una interfaz genérica para el puerto paralelo que también puede ser utilizada por ejemplo para algún proyecto en el que se desea controlar algo desde el puerto paralelo de una PC, tiene todos los pines disponibles, 4 de ellos controlan 4 relés, pero el resto de pines como ser el bus de datos (pines 2 al 9) y las 5 entradas están disponibles para conectarle lo que deseamos controlar o leer utilizando las entradas.

Figura 13. Esquema del circuito electrónico



El integrado ULN 2803 es el encargado de activar los relés, los integrados 74ls145 son los encargados de adquirir la información del pc y transmitirlo a los controladores de los motores, los relés son los encargados de encender y apagar el motor el punto laser y demás dispositivos que queramos que se enciendan y se apaguen.

Para poder controlar los motores es necesario hacer un programa para un microcontrolador o un controlador que nos permita mandarle pulsos a un integrado amplificador de corriente para que pueda excitar el motor paso a paso y tener la potencia a adecuada para poder mover los paso a paso de los ejes.

Para el control de la corriente utilizamos un microcontrolador que es el encargado de controlar la corriente, los pasos y dirección de cada bobina del motor, esto significa que se encarga de generar el PWM, este control de corriente se maneja mediante la tensión de referencia, V_{ref1} para una bobina y V_{ref2} para la otra bobina, como en un motor PAP las dos bobinas son iguales, este control lo hacemos junto, por eso ambos pines (V_{ref1} y V_{ref2}) del micro controlador están unidos y el voltaje de referencia lo genero con un preset de 10K, la ecuación para calcular la V_{ref} según el motor que queremos controlar es la siguiente:

$$V_{ref} = R_e * I_{mot}$$

(tensión de referencia = R de cesado x Corriente de motor)

Esta tensión se regula con el trimer que se encuentra en el driver, y debemos medirla con un tester, en los pines de V_{ref} del integrado o sobre la pista que va al pin centran del preset, debe estar energizado el driver (+5V), no siendo necesario que esté presente la tensión de alimentación de los motores.

I_{mot} es la corriente del motor que pretendemos controlar y R_e es la resistencia shunt del driver, el puente h del integrado se conecta a masa a través de dicha resistencia, por ende cuando energiza la bobina del motor por dicha resistencia circula la misma corriente que por la bobina, se aprovecha la caída de tensión de dicha resistencia para medir la corriente ($I = V/R$) y de esta forma controlar el PWM en base a la tensión de referencia, en si varia el PWM para mantener igual la V_{ref} igual al valor de tensión que cae en R_e . Recordar que para R_e la hoja de datos recomienda un valor de 0.82 ohm, pero como no es un valor fácil de conseguir se pueden poner dos resistencias de 1.5 ohm en paralelo obteniendo

así 0.75 ohm que se acerca bastante a los 0.82, estas dos resistencias deben ser de 1/2 W, recordemos que por ellas circula toda la corriente de los drivers.

Pero este control es sobre el seteo mediante la tensión de referencia, no quiere decir que se puede prescindir de utilizar la Vref, por ejemplo si regulamos la Vref para tener una corriente de 600 mA, podremos tener 0, 200, 400 o 600mA, esto se usa para hacer 1/2 pasos y micro pasos, este integrado tiene la posibilidad de hacer hasta 1/4 de paso, o sea que un motor de 200 pasos ahora pasaría a tener 800, modificando levemente el código se puede hacer eso.

El control de corriente entonces nos permite usar una tensión mayor de alimentación en los motores, hasta 45V que es lo que soporta este integrado, no confundir la alimentación de motor que se conecta en al bornera, con la alimentación de la lógica, que esta debe y no tiene que superar los 5V y llega a través de la interfaz

```
.*****
;
*

;Controladora Bipolar 16f628-L298 - 1/2 paso
;Velocidad del Reloj: 4 MHz
;Perro Guardián: deshabilitado          Tipo de Reloj : XT
;Protección del código: OFF              Reloj Instrucción: 1 MHz = 1
ms;Para un correcto funcionamiento como no se están utilizando interrupciones el
ancho del pulso; para realizar un paso debe ser al menos de 5 us, esto es un
estándar en cualquier programa de CNC

;
.*****
;
*
```

```

include "P16F628.INC" ;Definiciones de registros internos
RADIX HEX ;Sistema de numeración hexadecimal.

TEMP1 EQU 0x0c ;Registros de propósito general.
TEMP2 EQU 0x0d
POSSIG_DER EQU 0x0e
POSSIG_IZQ EQU 0x0f

STEP SET 0x00
DIR SET 0x01
ENABLE SET 0x02
PASO_1 SET b'00011000'
PASO_2 SET b'00001100'
PASO_3 SET b'00000110'
PASO_4 SET b'00001101'
PASO_5 SET b'00011001'
PASO_6 SET b'00101101'
PASO_7 SET b'00100110'
PASO_8 SET b'00101100'

org 0x00 ;vector de reset

goto INICIO

```

org 0x05

,

;PROGRAMA PRINCIPAL.

INICIO:

bsf STATUS, RP0

movlw b'00011111' ;PORTA como Entrada

movwf TRISA

clrf TRISB ;Se configura PORTB como SALIDA

bcf STATUS, RP0

clrf INTCON ;Se anulan las interrupciones.

clrf PORTB ;Pongo en cero el puerto B

clrf POSSIG_DER

movlw PASO_3

movwf POSSIG_IZQ

BUCLE:

btss PORTA, ENABLE ;Testea el enable

call DESACTIVAR

btss PORTA, STEP ;Se mira el estado de STEP, y si

;esta en 0 regreso al bucle, y

;si esta en 1 me fijo la dir

;para realizar el paso

goto BUCLE

```

btfss  PORTA, DIR
goto   IZQUIERDA      ;paso a la izquierda
goto   DERECHA        ;paso a la derecha

```

```

.*****
,

```

DESACTIVAR:

```

bsf     PORTB, 0x06   ;desactivo el LB1845 poniendoo
                        :en 1 RB6

```

BUCLE_2:

```

btfss  PORTA, ENABLE ;permanece en esta sobrutina
goto   BUCLE_2       ;mientras el enable este en 0
bcf    PORTB, 0x06

```

RETURN

```

.*****
,

```

: en las sig tablas deduzco el paso siguiente a realizar

; segun los contadores de paso POSSIG_IZQ y POSSIG_IZQ

IZQUIERDA:

```

movf   POSSIG_IZQ, W
addwf  PCL, F
goto   PASO1      ;POS 0
goto   PASO2      ;POS 1
goto   PASO3      ;POS 2
goto   PASO4      ;POS 3
goto   PASO5      ;POS 4

```

```

goto    PASO6    ;POS 5
goto    PASO7    ;POS 6
goto    PASO8    ;POS 7

```

DERECHA:

```

movf    POSSIG_DER, W
addwf   PCL, F
goto    PASO1    ;POS 0
goto    PASO2    ;POS 1
goto    PASO3    ;POS 2
goto    PASO4    ;POS 3
goto    PASO5    ;POS 4
goto    PASO6    ;POS 5
goto    PASO7    ;POS 6
goto    PASO8    ;POS 7

```

.,*****
,

PASO1:

```

movlw   PASO_1
movwf   PORTB           ;realizo el paso 1 (b'00000001')
movlw   0x07
movwf   POSSIG_IZQ
movlw   0x01
movwf   POSSIG_DER
goto    BUCLE

```

PASO2:

```
movlw    PASO_2
movwf    PORTB           ;realizo el paso 2 (b'00100001')
movlw    0x00
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x02
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO3:

```
movlw    PASO_3
movwf    PORTB           ;realizo el paso 3
movlw    0x01
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x03
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO4:

```
movlw    PASO_4
movwf    PORTB           ;realizo el paso 4
movlw    0x02
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x04
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO5:

```
movlw    PASO_5
movwf    PORTB        ;realizo el paso 5
movlw    0x03
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x05
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO6:

```
movlw    PASO_6
movwf    PORTB        ;realizo el paso 6)
movlw    0x04
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x06
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO7:

```
movlw    PASO_7
movwf    PORTB        ;realizo el paso 7
movlw    0x05
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x07
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

PASO8:

```
movlw    PASO_8
movwf    PORTB        ;realizo el paso 8
movlw    0x06
movwf    POSSIG_IZQ
movlw    0x00
movwf    POSSIG_DER
goto    BUCLE
```

END

.*****
,

Figura 14. Circuito electrónico de driver de los motores pasó a paso

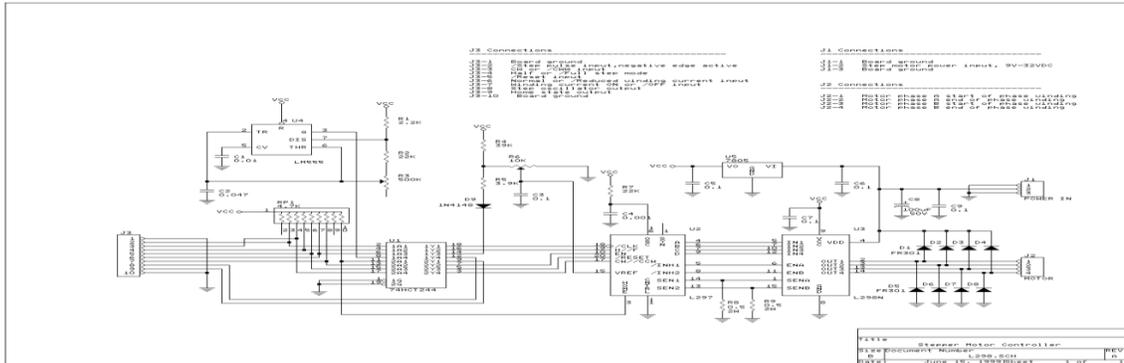


Figura 15. Máquina CNC creada.



7. CONCLUSIONES

Para la realización de la parte mecánica hubo que realizar una investigación con previa y realizar varios ensayos de prueba y error para lograr el perfecto funcionamiento de la máquina.

Utilizando los conocimientos adquiridos en las materias vistas durante los 6 semestres logramos implementar un sistema electrónico que nos permitiera controlar los motores y finales de carrera de la maquina CNC a través de un software computacional.

Mediante el conocimiento adquirido en las materias de circuitos digitales aplicados y aplicación a los microcontroladores se pudo crear la programación para controlar el sistema electrónico.

8. RECOMENDACIONES

Tomar la broca adecuada para el trabajo que se va a realizar: debido a que como la máquina va a realizar los trabajos de marcar las pistas y hacer los agujeros donde van los elementos, utiliza dos brocas y hay que utilizar la correcta para cada trabajo.

Ubicar las coordenadas de donde se desea empezar a trabajar para que se haga el circuito impreso en donde se requiere.

Encender la máquina después de haber encendido el computador: porque por defecto los computadores al encenderse envían pulsos para revisar sus puertos, y si la máquina está encendida recibe los pulsos y empezará a ejecutar la orden, utilizar los materiales adecuados para su mejor funcionamiento: ya que la máquina CNC la tenemos diseñada para trabajar con materiales blandos como son las baquelitas, la pasta, el acrílico, etc, si se le ingresa materiales que no sean blandos pueden dañarla máquina.

BIBLIOGRAFÍA

KATSUHIKO, Ogata. (2002) Modern Control Engineering. New Jersey: Prentice Hall.

MIKELL P, groover. (2007). Automation, Production Systems and CIM. Prentice Hall

CIBERGRAFÍA

<http://www.esteca55.com.ar/Proye-const-01.html> fecha 23de noviembre de 2012

<http://www.esteca55.com.ar/Proye-CNC2-01.html> fecha 23de noviembre de 2012

<http://www.esteca55.com.ar/proye-interfazcnc12.html> fecha 23de noviembre de 2012

http://www.melca.com.ar/placas_cnc.html fecha 23de noviembre de 2012