

THIẾT KẾ MÁY CNC 4 TRỤC CÓ MẠCH ĐIỆN TRUNG GIAN PHỤC VỤ GIA CÔNG VẬT LIỆU GỖ CÓ ĐỘ CHÍNH XÁC CAO

Vũ Việt Hưng, Bùi Thị Thu Hiền
Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Tóm tắt: Thiết kế máy CNC 4 trục có mạch điện trung gian phục vụ gia công vật liệu gỗ có độ chính xác cao được thực hiện dựa trên phương pháp nghiên cứu lý thuyết đến thực tiễn. Sản phẩm tạo ra có sai số nhỏ và có tính ứng dụng trong cuộc sống. Cụ thể máy CNC được nghiên cứu và thiết kế dựa trên các nguyên vật liệu, linh kiện có sẵn tại thị trường Việt Nam. Ngoài ra việc thiết kế mạch điện trung gian cũng là điểm nổi bật của máy CNC nhằm mục đích tăng tính bảo vệ cho máy và giảm bớt độ phức tạp trong quá trình chế tạo máy cũng như đơn giản hóa quá trình bảo trì, bảo dưỡng, thay thế linh kiện. CNC 4 trục đã được kiểm nghiệm với kích bản sản xuất đồ gỗ. Kết quả thực nghiệm cho thấy máy CNC 4 trục được thiết kế hoạt động tốt và đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.

Từ khóa: Máy CNC, Mạch MACH3 và máy CNC, Máy CNC 4 trục.

THE DESIGN OF A 4-AXIS CNC MACHINE WITH AN INTERMEDIATE CIRCUIT FOR HIGH-PRECISION PROCESSING OF WOOD MATERIALS

Vu Viet Hung, Bui Thi Thu Hien
Faculty of Electronics, Hanoi University of Industry

Abstract: The design of a 4-axis CNC machine with an intermediate circuit for high-precision processing of wood materials is carried out based on theoretical research methods and reality. The products created by this machine has few errors and high applicability to the daily life. CNC machines are researched and designed based on materials and components available in the Vietnamese market. In addition, the design of the intermediate circuit is also the highlight of the CNC machine, it helps to increase the protection of the machine and reduce the complexity in the manufacturing process as well as simplify the maintenance process and components replacing. 4 axis CNC machine was tested in wooden products processing. Experimental results show that the 4-axis CNC machine is designed to work well and meet the requirements.

Keywords: CNC machine, MACH3 circuit and CNC machine, 4 -axis CNC machine.

Nhận bài: 19/04/2025

Phản biện: 14/05/2025

Duyệt đăng: 18/05/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Computer Numerical Control (CNC) là một dạng máy điều khiển tự động có sự trợ giúp của máy tính. Trong đó các bộ phận tự động được lập trình để hoạt động theo các sự kiện tiếp nối nhau với tốc độ được xác định trước để có thể tạo ra được mẫu vật với hình dạng và kích thước yêu cầu [1].

Tùy theo mục đích sử dụng mà nhà sản xuất chế tạo các loại máy khác nhau như máy khoan, phay, tiện, đục, khắc... Máy CNC có khả năng gia công nhiều loại sản phẩm, vật liệu có hình dạng và kích thước khác nhau.

Hệ điều khiển của máy CNC được phân chia theo yêu cầu công việc cần thao tác. Các máy điều khiển điểm tới điểm như máy khoan, máy hàn, máy khoét, máy đột; Các máy điều khiển đoạn thẳng như các máy có khả năng gia công trong quá trình di chuyển các trục.

Ưu điểm nổi bật của máy CNC so với các máy công cụ truyền thống là sản phẩm được tạo ra từ máy CNC không phụ thuộc vào tay nghề của người điều khiển mà phụ thuộc vào nội dung và chương trình lập trình được đưa vào máy. Người điều khiển chủ yếu là theo dõi, kiểm tra các chức năng hoạt động của máy.

Sử dụng máy CNC vào gia công và chế tác vật liệu gỗ đem lại độ chính xác cao và tính đồng đều của sản phẩm vượt trội so với chế tác thủ công. Hơn nữa, tốc độ hoàn thiện sản phẩm nhanh hơn máy công cụ thông thường. Ngoài ra, việc chế tạo máy CNC sử dụng vật liệu và linh kiện thông dụng có sẵn trên thị trường nên rất dễ để thay thế, bảo trì, bảo dưỡng khi cần thiết.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

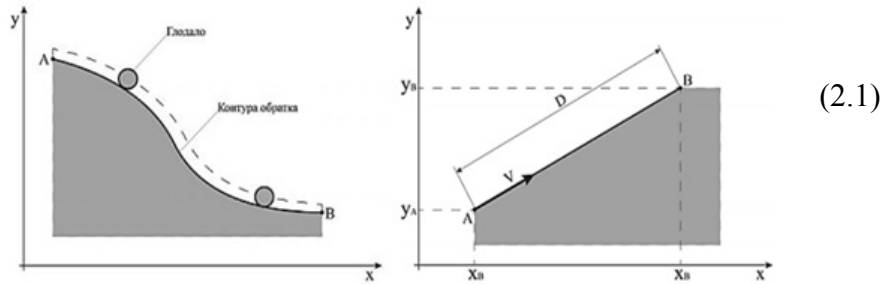
Quỹ đạo chuyển động hệ động học trong máy CNC

Trong hệ động học của máy CNC, quỹ đạo di chuyển được xác định thông qua phép dịch chuyển hệ trục tọa độ, được biểu diễn bằng các phép nội suy toán học. Hai phương pháp nội suy phổ biến là nội suy đường thẳng và nội suy đường tròn, từ đó áp dụng để tính toán và thiết kế máy CNC [2 – 3].

2.1. Nội suy đường thẳng

Xét quá trình dịch chuyển từ điểm A đến B với vận tốc V như trong hình 1. Khoảng cách D giữa hai điểm được xác định bởi công thức:

$$D = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$



Hình 1: Quỹ đạo chạy dao với phôi (trái) và phương pháp nội suy đường thẳng (phải)

Dựa vào giá trị khoảng cách D và vận tốc V, thời gian cần thiết để thực hiện quá trình nội suy được tính bằng : $T = D/V$

Hệ phương trình chuyển động của ba trục tọa độ x,y,z tại mỗi thời điểm được mô tả như sau:

$$\begin{cases} x(t) = x_A + \int_0^t x dt = x_A \int_0^t \frac{x_{Bt} - x_{B(t-1)}}{T} dt \\ y(t) = y_A + \int_0^t y dt = y_A \int_0^t \frac{y_{Bt} - y_{B(t-1)}}{T} dt \\ z(t) = z_A + \int_0^t z dt = z_A \int_0^t \frac{z_{Bt} - z_{B(t-1)}}{T} dt \end{cases} \quad (2.2)$$

Khi chia thời gian nội suy thành N bước nhỏ với khoảng thời gian $\Delta t = T/N$, phương trình tọa độ sẽ có dạng:

$$\begin{cases} x(t) = x(nDt) = x_A + \frac{x_B - x_A}{N}n \\ y(t) = y(nDt) = y_A + \frac{y_B - y_A}{N}n \\ z(t) = z(nDt) = z_A + \frac{z_B - z_A}{N}n \end{cases} \quad (2.3)$$

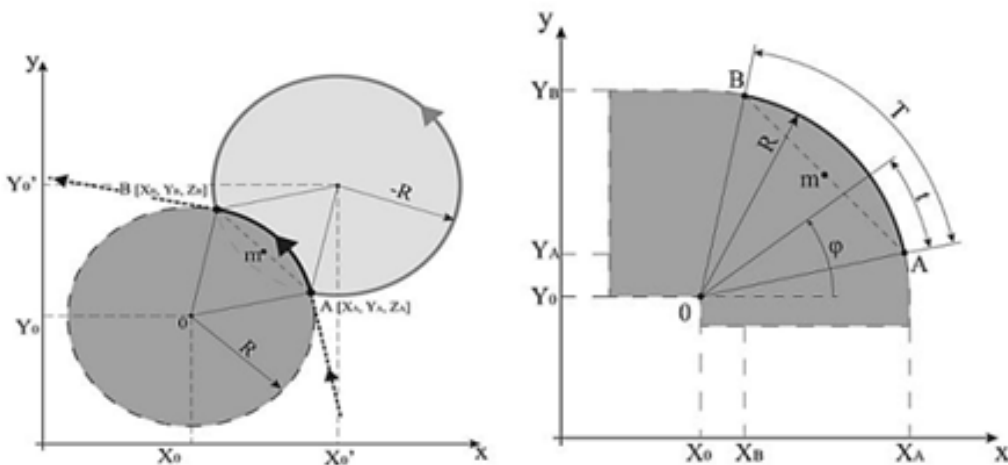
Với $n = 1, 2, \dots, N$

Việc di chuyển trên quỹ đạo ba trục x, y, z được thực hiện theo từng bước nhỏ. Kích thước bước càng nhỏ thì độ phân giải càng cao, giúp cải thiện độ chính xác của quỹ đạo. Mỗi bước có giá trị:

$$\left| \frac{x_B - x_A}{N} \right|; \left| \frac{y_B - y_A}{N} \right|; \left| \frac{z_B - z_A}{N} \right| \quad (2.4)$$

2.2. Nội suy đường tròn

Phép nội suy đường tròn được thực hiện bằng cách chia cung tròn thành nhiều điểm nhỏ và nối các điểm này để tạo thành quỹ đạo. Trong hình 2, vị trí hiện tại của dao công tác (x_A , y_A và z_A) cùng với điểm cuối của cung (x_B , y_B và z_B) và bán kính nội suy R được xác định.



Hình 2. Phương pháp nội suy đường tròn (trái) và tính toán các thông số nội suy (phải)

Tọa độ tâm x_o, y_o của cung tròn được xác định theo hai trường hợp:

2.2.1. Theo chiều dương của bán kính R

$$\begin{aligned} x_o &= x_m + \sqrt{R^2 - (D/2)^2} \frac{y_A - y_B}{D} \\ y_o &= y_m + \sqrt{R^2 - (D/2)^2} \frac{x_A - x_B}{D} \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.2.2. Theo chiều âm của bán kính R

$$\begin{aligned} x_o &= x_m - \sqrt{R^2 - (D/2)^2} \frac{y_A - y_B}{D} \\ y_o &= y_m - \sqrt{R^2 - (D/2)^2} \frac{x_A - x_B}{D} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Trong đó, tọa độ trung điểm x_m và y_m giữa hai điểm A và B được tính như sau:

$$x_m = \frac{x_A + x_B}{2}; \quad y_m = \frac{y_A + y_B}{2} \quad (2.7)$$

Khoảng cách giữa hai điểm A và B:

$$D = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (2.8)$$

Bán kính đường tròn nội suy được lấy theo giá trị tuyệt đối. Phương trình tham số của cung tròn có dạng:

$$x = x_o + R \cos j; \quad y = y_o + R \sin j \quad (2.9)$$

$$\text{Với } j = \frac{2\pi}{T} t, \text{ ta có: } x = x_o + R \left(\frac{2\pi}{T} t \right); \quad y = y_o + R \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \quad (2.10)$$

2.3. Nguyên lý hoạt động

Để đáp ứng gia công các sản phẩm gỗ cần cắt gọt có độ chính xác cao, máy CNC 4 trục là một lựa chọn tốt nhất hiện nay. So với máy công cụ cắt gọt gỗ truyền thống, nguyên lý hoạt động dựa trên các trục của máy CNC là điểm khác biệt lớn nhất tạo nên sự chính xác trong gia công gỗ. So với máy CNC 3 trục thì máy CNC 4 trục được thiết

kế thêm trục A xoay quanh trục X để kẹp phôi xoay, lật và di chuyển phôi theo điều khiển của máy tính. Với tính năng này, phôi sẽ được hoàn thiện 4 mặt với các tạo hình khác nhau [4 – 8].

Máy CNC 4 trục được thiết kế gồm các trục dịch chuyển X, Y, Z và A. Trục X, Y vuông góc trên mặt phẳng giúp phôi di chuyển theo phương ngang và phương dọc; trục Z vuông góc với trục X, Y di chuyển phôi lên xuống. Trục A kẹp phôi và quay tròn phôi theo ý muốn. Như vậy, có thể dễ dàng gia công các sản phẩm hình trụ tròn [4 – 8].

Máy CNC sẽ được điều khiển từ máy tính thông qua mã code được đọc từ file thiết kế. Các mã code này sẽ quyết định đến hành trình và vị trí làm việc của các trục, vận tốc cắt của dao, độ sâu và tốc độ dịch chuyển của các trục [4 – 8].

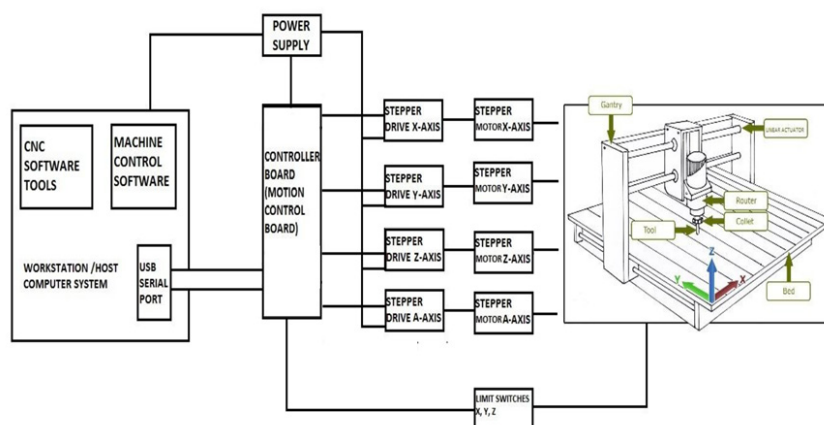
2.4. Quy trình hoạt động của máy CNC 4 trục

- Máy tính: Được cài đặt phần mềm MACH3 chuyên dụng để điều khiển máy CNC hoạt động theo yêu cầu của file thiết kế được biên dịch thông qua định dạng G-code [4 – 8].

- Điều khiển: Máy tính truyền tín hiệu điều khiển tới mạch xử lý trung tâm sau đó biến đổi thành tín hiệu phù hợp để điều khiển mạch động lực.

- Động lực: Biến tần, Driver hay các công tắc hành trình sẽ nhận tín hiệu điều khiển từ mạch xử lý trung tâm để điều khiển các phần tử như Spindle, step được gá lắp trên phần cơ khí [1 – 8].

- Cơ khí: Là cơ cấu chấp hành các lệnh điều khiển từ máy tính thông qua khối trung gian [4 – 8].



Hình 3. Mô hình hệ thống máy CNC 4 trục

2.5. Kiến trúc máy CNC

2.5.1. Kiến trúc cơ khí

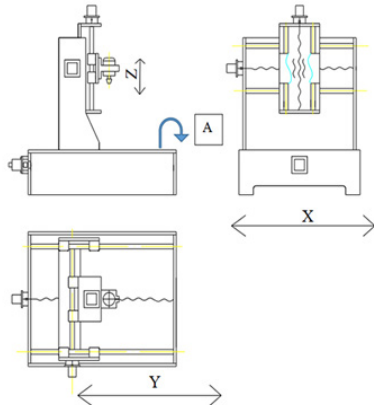
Kiến trúc của máy CNC được mô tả như hình 2.3. Khung máy được chế tạo bằng vật liệu nhôm có độ chịu lực cao tạo ra bộ đỡ vững chắc để trục

Y có thể trượt và nâng trục X, Z. Ngoài ra với liên kết của các thanh giằng ngang, các khớp nối, tấm đỡ cũng tăng tính ổn định cho máy khi hoạt động.

Các thanh trượt, động cơ và các chi tiết khác được gắn trên trục X dịch chuyển cùng trục Y [7].

Các thanh trượt, động cơ và các chi tiết khác được gắn trên trục Z dịch chuyển cùng trục X [7].

Trục A được thiết kế quay quanh trục X lắp trên bàn máy.

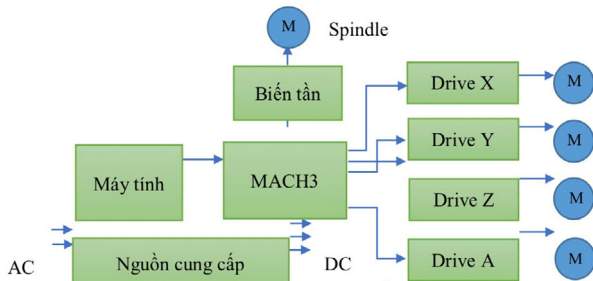


Hình 4: Kiến trúc cơ khí máy CNC

Từ phân tích chức năng và kiến trúc của máy CNC 4 trục ở trên cho thấy: Máy CNC 4 trục thực thi được nhiều thao tác phức tạp đạt được độ chính xác cao cho sản phẩm. Phôi được cắt ở tất cả các mặt nhờ trục A xoay quanh trục X. So với máy CNC 3 trục, với máy CNC 4 trục thiết lập các tham số và gá đặt phôi cũng đơn giản hơn [7].

2.5.2. Kiến trúc các khối điều khiển máy CNC

a. Mạch điều khiển MACH3 và các khối động lực máy CNC [1], [8].



Hình 5: Kiến trúc mạch điều khiển và động lực

Mạch MACH3 giao tiếp với máy tính thông qua cổng USB. Các mạch động lực nhận tín hiệu điều khiển các trục X, Y, Z, A từ mạch MACH3 [1], [7].

Driver là mạch động lực được thiết lập tham số về dòng điện và bước vi mô phù hợp để điều

khiển bước chính xác cho động cơ. Mạch Driver sử dụng photo diode để cách ly và truyền tín hiệu nên có khả năng chống nhiễu cao. Driver có khả năng thích ứng với nhiều loại động cơ bước trên sẵn có trên thị trường. [1], [6].

Động cơ bước là động cơ đồng bộ hoạt động trên nguyên lý điện từ trường để biến đổi các tín hiệu điều khiển dưới dạng xung điện rời rạc nối tiếp nhau thành các chuyển động góc quay hoặc các chuyển động của rô to có khả năng cố định rô to vào các vị trí cần thiết [1], [6].

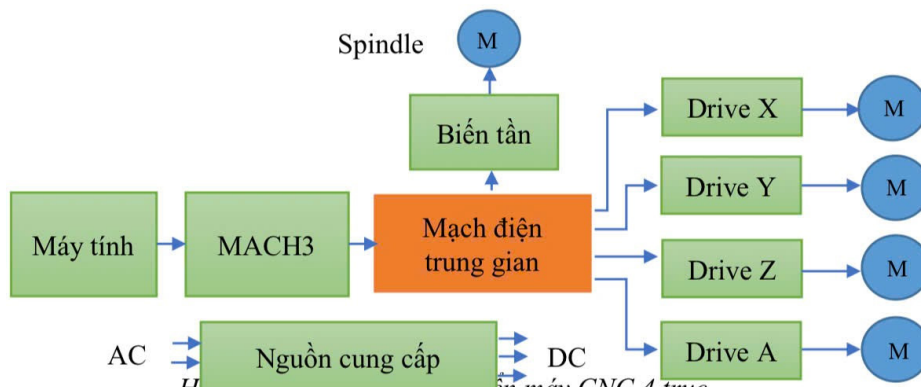
Biến tần nhận tín hiệu điều khiển điều khiển từ MACH3 để điều khiển động cơ spindle quay theo tốc độ được cài đặt trước phù hợp với vật liệu cần gia công [1], [8].

Nguồn cung cấp là nguồn ổn áp xung, có khả năng chống nhiễu cao, hoạt động ổn định và đạt hiệu suất cao. Tạo ra các mức điện áp và công suất đầu ra phù hợp để đáp ứng cho các khối.

2.6. Kiến trúc CNC cải tiến

Có rất nhiều máy CNC hiện nay lựa chọn mạch điện MACH3 làm mạch điều khiển chính. Tuy nhiên, việc kết nối các khối vào mạch MACH3 được thực hiện đồng bộ từ nhà sản xuất. Quá trình sử dụng máy CNC không tránh khỏi sai hỏng mạch MACH3 và các khối chấp hành nên rất khó khăn cho việc thay thế và sửa chữa. Vì thế mạch điện trung gian được bổ sung nhằm cải tiến để giảm bớt độ phức tạp khi mạch điều khiển và các khối xảy ra sự cố.

Các khối chấp hành và mạch MACH3 được kết nối thông qua mạch trung gian để phân chia vùng làm việc, tăng tính bảo vệ từ đó có thể tháo lắp, thay thế hay bảo trì bảo dưỡng một cách thuận tiện khi máy gặp sự cố. Nhiệm vụ của mạch là kết nối các khối với nhau qua khâu trung gian nên bất kỳ khối nào sai hỏng sẽ được khoanh vùng và tháo lắp thay thế dễ dàng và nhanh nhất. Ngoài ra mạch trung gian còn bổ sung tính năng bảo vệ cho động cơ Spindle khi quá trình hoạt động của máy CNC gặp sự cố. Hình 6 dưới đây là sơ đồ khối điều khiển máy CNC 4 trục được cải tiến bằng mạch trung gian [1], [8].



Hình 6: Sơ đồ khối điều khiển máy CNC 4 trục

2.7. Thiết kế

2.7.1. Yêu cầu thiết kế

Máy CNC 4 trục có mạch điện trung gian phục vụ gia công vật liệu gỗ có độ chính xác cao có yêu cầu thiết kế như sau:

- Diện tích tổng thể của máy XYZ: 630x810x490 mm
- Diện tích làm việc của máy XYZ: 340x520x100 mm
- Kết cấu khung nhôm tấm công nghiệp
- Công suất máy: 900 W
- Nguồn cấp 220VAC - Tốc độ làm việc max: 500mm/ phút
- Phần mềm điều khiển MACH3
- Đường kính kẹp phôi trục A: 80mm
- Công suất trục chính 800W, 24000 rpm
- Cổng kết nối USB
- Sai số cho phép max 0.5mm
- Vật liệu gia công: Gỗ công nghiệp và gỗ tự nhiên

2.7.2. Lựa chọn thiết bị lắp ráp

Driver TB 6600

Mạch động lực cho máy CNC cải tiến sử dụng Driver TB 6600 để điều khiển động cơ bước được mô tả qua sơ đồ đầu nối như hình 7 dưới đây.

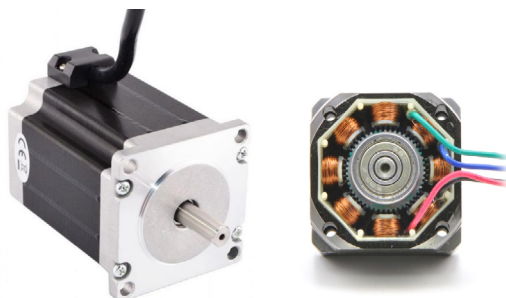
Bảng 1: Thiết lập dòng điện

Subdivision	Pulse / turn	S1 state	S2 state	S3 state
NC	NC	ON	ON	ON
1	200	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OF

Công tắc DIP 1,2,3 tương ứng với S1,S2,S3

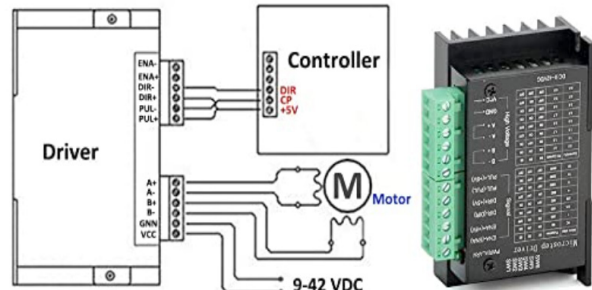
Động cơ bước và trục vít me

Trục vít me được kết nối với động cơ bước thông qua khớp nối. Chuyển động theo góc quay của động cơ bước sẽ làm dịch chuyển trục vít me



Driver TB 6600 phù hợp với động cơ bước được lựa chọn để thiết kế máy CNC. Mô-men xoắn mục tiêu ứng dụng tốt nhất là 1,8N.m trở xuống dưới các động cơ bước Nema17, Nema23. Nguồn điện DC 9V ~ 42V

Trình điều khiển động cơ bước lai 2 pha phù hợp với dòng điện pha 42/57/48 mm dưới 4.0A.



Hình 7: Sơ đồ đầu nối Driver với động cơ

Driver TB6600 thiết lập dòng điện (current A: 0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 2.5A, 2.8A, 3.0 A, 3.5A) và bước vi mô (micro step: 1, 2 / A, 2 / B, 4, 8, 16, 32) thông qua công tắc (6 DIP: S1, S2, S3, S4, S5, S6).

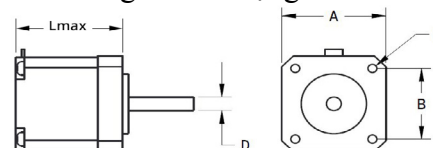
Việc cài đặt Driver phụ thuộc vào thông số trên động cơ bước được lắp trên máy.

Bảng 2: Thiết lập vi bước

Current (A)	S4 state	S5 state	S6 state
0.5	ON	ON	ON
1.0	ON	OFF	ON
1.5	ON	ON	OFF
2.0	ON	OFF	OFF
2.5	OFF	ON	ON
2.8	OFF	OFF	ON
3.0	OFF	ON	OFF
3.5	OFF	OFF	OFF

Công tắc DIP 4,5,6 tương ứng với S4,S5,S6

theo tín hiệu điều khiển từ Driver. Việc lựa chọn động cơ bước phù hợp với trục vít me và driver được chọn dựa trên thông số kỹ thuật và kích thước bên ngoài của động cơ.



SIZE	A	B	C	D (Dia)
NEMA 11	28.2	23	M2.5 Thread	5
NEMA 14	35.2	26	M3 Thread	5
NEMA 17	42.3	31	M3 Thread	5
NEMA 23	56.4	47.1	5.5 Dia.	6.35
NEMA 34	86	69.6	5.5 Dia.	14
NEMA 42	110	89	8.5	19

Hình 8. Kích thước động cơ bước và tham số

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của động cơ bước sử dụng mặt bích 57mm

Động cơ bước	(°)	(A)	(Ω)	(M=mH)	(Nm)	(g.cm ²)	(mm)	Đầu dây	(g)
57HS5630A4	1.8	3	0.8	2.4	1.1	280	56	4	680
57HS7630A4	1.8	3	1	3.5	1.8	440	76	4	1050

- Đối với trục X, Y được chọn sử dụng động cơ bước 57HS7630A4

- Đối với trục Z được chọn sử dụng động cơ bước 57HS5630A4

- Trục A là trục thứ 4 của máy CNC 4 trục được bổ sung xoay quanh trục X lắp trên bàn gia công được lựa chọn động cơ bước có thông số là 43D3014 bước 1.80 ; dòng max 0.42A như hình 9. Việc tăng cường trục A sẽ giải quyết được các chi tiết gia công phức tạp dạng hình trụ.



Hình 9. Trục A cho máy CNC 4 trục

- Trục vít me

Vít me bi: Sử dụng đai ốc có ô bi, loại này có tính ổn định cao. Thường áp dụng cho máy CNC cỡ trung và cỡ lớn.

Vít me thường: Sử dụng đai ốc bằng đồng, thường được sử dụng cho máy CNC cỡ nhỏ.

Với mô hình máy CNC 4 trục cải tiến được lựa chọn vít me thường sử dụng đai ốc bằng đồng, bước ren 8MM.



Hình 10: Trục vít me và đai ốc

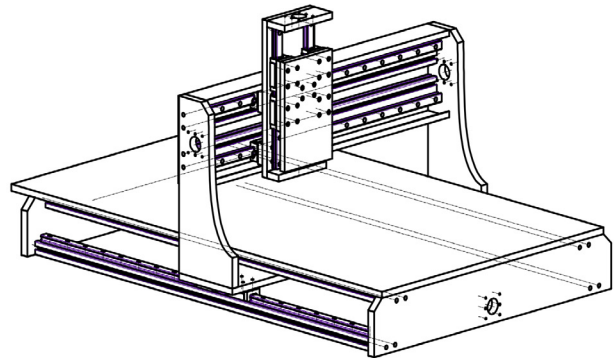
- Tính toán thông số bước

- Steps per là thông số để phần mềm MACH3 hiệu chỉnh cần cấp bao nhiêu xung để trục vít me di chuyển được 1 mm (hoặc inch) theo chiều dài.

- Đơn vị: Pulse/mm hoặc Pulse/inch

- Công thức: Steps per = Độ phân giải / bước ren

- Độ phân giải = (Số bước/vòng) * vi bước;

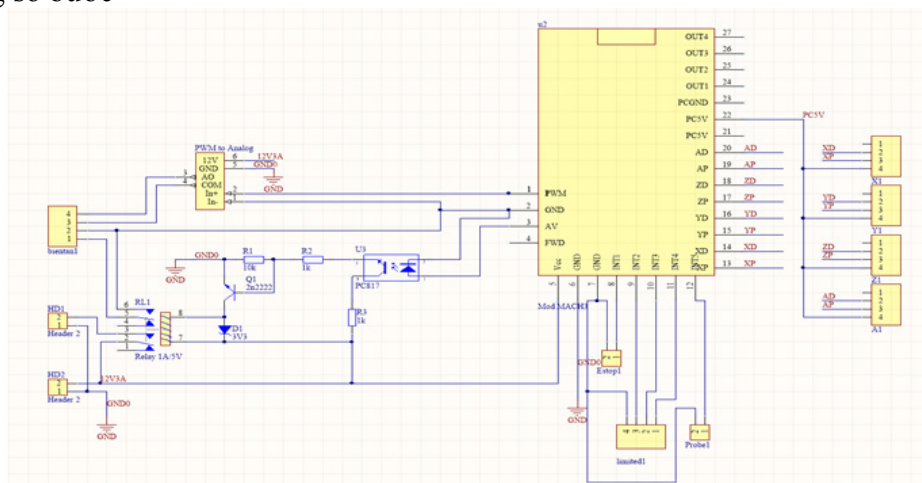


Hình 11: Khung máy CNC

2.7.3. Thiết kế mạch điện trung gian

Mạch điện trung gian có ý nghĩa rất quan trọng với máy CNC 4 trục cải tiến. Mạch điện là trung tâm giao tiếp giữa mạch MACH3 và các khối chấp hành trên máy. Mạch điện có khả năng bảo vệ khi máy xảy ra sự cố. Khi mạch bảo vệ hoạt động, biến tần điều khiển động cơ Spindle sẽ dừng hoạt động để bảo vệ quá tải cho động cơ. Ngoài ra nguồn cung cấp HD1, HD2 cũng được cách ly để đảm bảo máy được bảo vệ ở mức cao nhất.

Việc tháo lắp và kết nối các mô đun trong quá trình bảo trì sửa chữa cũng đơn giản hơn khi sử dụng cho mạch điện kết nối trung gian.



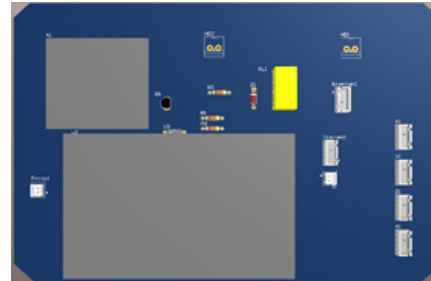
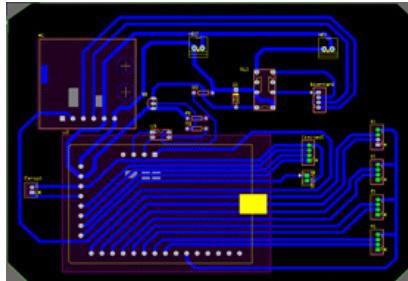
Hình 12. Sơ đồ nguyên lý mạch điện trung gian

Nguyên lý hoạt động của mạch bảo vệ như sau: Mạch bảo vệ được thiết kế sử dụng 3 linh kiện chính: Relay, Transistor Q1 và photo diode PC817.

- TH1: Chân 3 (AV) của mạch MACH3 ở mức cao thì PC817 hoạt động → Q1 dẫn → Relay hoạt động → Cấp nguồn điều khiển vào chân AVI của

biến tần và kích hoạt hệ thống bơm làm mát cho spindle làm việc.

- TH2: Chân 3 (AV) của mạch MACH3 ở mức thấp thì PC817 không hoạt động → Q1 khóa → Relay không hoạt động → Mất nguồn điều khiển cấp cho AVI của biến tần và bơm nước ngừng hoạt động.



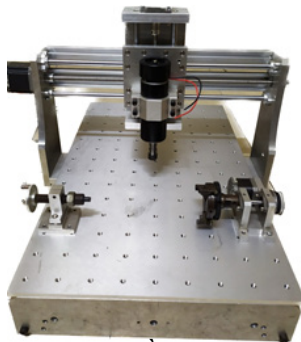
Hình 13. Thiết kế mạch trung gian

2.8. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Từ các nghiên cứu lý thuyết đưa ra đề xuất cải

tiến cho máy CNC 4 trục đạt được kết quả như sau:

2.8.1. Sản phẩm thực tế



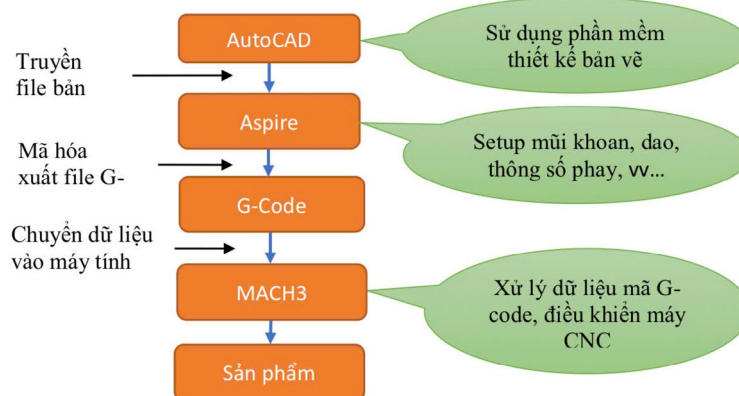
Hình 14. Phần cơ khí máy CNC

Thiết lập thông số cho máy CNC

- Chuẩn bị dữ liệu cho máy tính



Hình 15. Phần điều khiển máy CNC



Hình 16. Quy trình chuyển dữ liệu vào máy tính

- Giao diện phần mềm MACH3 trên máy tính: Mã G để điều khiển máy CNC được tạo bằng phần mềm MACH3. Trước khi máy CNC chạy mã G phải được cài đặt trước.

2.8.2. Kết quả thử nghiệm sản phẩm

Thực nghiệm sau đây nhằm mục đích đánh giá hiệu quả các biện pháp đề xuất trên. Thử nghiệm thực hiện trên các loại vật liệu khác nhau : Phép

nhựa, gỗ thịt, gỗ công nghiệp

Kịch bản 1: Không thay đổi tốc độ động cơ spindle
Kết quả cho thấy nếu giữ nguyên tốc độ quay của động cơ Spindle ở một giá trị xác định nào đó thì sai số giữa các vật liệu sau khi gia công là khác nhau và lớn hơn sai số mong muốn.

Kịch bản 2: Thay đổi tốc độ động cơ spindle theo độ cứng của vật liệu

Từ kết quả thực nghiệm trên, để đảm bảo được sai số cho phép trên các mẫu vật có độ cứng khác nhau thì bắt buộc phải hiệu chỉnh tốc độ của động cơ Spindle.

• Thử nghiệm thực hiện trên vật liệu gỗ công nghiệp

Kịch bản 3: Thử nghiệm kích thước khác nhau trên cùng vật liệu MDF

Từ kết quả kiểm tra với các mẫu cho thấy, kích thước thực tế với sản phẩm sau khi gia công có sai số với các trục được tính trung bình như sau: Trục X sai số khoảng 0.3 mm, sai số trục Y khoảng 0.25 mm và sai số trục Z khoảng 0.2 mm.

Đối với trục A là phần mở rộng của mô hình máy CNC 4 trục cải tiến chuyên phục vụ cho việc gia công các sản phẩm tạo hình nghệ thuật nên không áp dụng cho việc đo kiểm cần độ chính xác cao. Phiên bản nâng cấp của máy CNC

4 trục này sẽ nghiên cứu sâu về trục A để có thể gia công các sản phẩm yêu cầu độ chính xác và độ khó cao.

III. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, máy CNC 4 trục có mạch điện trung gian gia công vật liệu gỗ có độ chính xác cao như đề xuất đã được xác minh thông qua kết quả mô thử nghiệm khác nhau, đã chứng minh rằng việc chế tạo và thử nghiệm sản phẩm thành công, đáp ứng được sai số giới hạn đề ra và việc bổ sung thêm mạch điện trung gian cũng có tính linh hoạt cao trong quá trình bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa máy. Trong tương lai, việc tự chế tạo máy CNC 4 trục có mạch điện trung gian gia công vật liệu gỗ có độ chính xác cao sẽ được áp dụng cho một số mô hình sản xuất vừa và nhỏ nhằm đáp ứng chuỗi cung ứng cho ngành gỗ.

***Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài Mã số hợp đồng 20-2021-RD/HĐ-ĐHCN của Trường Đại học Công Nghiệp Hà Nội

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. M. Adithan, B.S. Pable, CNC machine, New Age International Publishers, 7 Jan 2018.
- [2] Anupam Saxena, Birendra Sahay, "Computer Aided Engineering Design", Springer, October 2010.
- [3] Andrei., & I. Nae, "Practical applications performed by a stepper motor CNC router", *Petroleum-Gas University of Ploiesti Bulletin*, Technical Series, 2010.
- [4]. P. Drgoňa, R. Štefůn and L. Štefke, "Design and control of a CNC device designed for the application of viscous materials," 2018 ELEKTRO, Mikulov, Czech Republic, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ELEKTRO.2018.8398371.
- [5]. Bowyer, A., Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., and Palmer, C. (2011). Reprap: The replicating rapid prototyper. *Robotica*, XXIV, 177- 191.
- Cus, F., Zuperl, U., and Gecevska, V. (2007). High-speed milling of light metals. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, XXIV, 357-364.
- [6]. S. Shimabukuro, P. Díaz and L. Vences, "Low cost semi-industrial 3GDL CNC vertical milling center design with non-ferrous metal machining capability," 2020 IEEE XXVII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON), Lima, Peru, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/INTERCON50315.2020.9220260.
- [7]. R. Jauhari, A. N. Jati and F. Azmi, "Mechanical design of CNC for general farming automation," 2017 5th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA), Yogyakarta, Indonesia, 2017, pp. 47-50, doi: 10.1109/ICA.2017.8068411.
- [8]. Y. Liu, Y. -z. Wang and H. -y. Fu, "An open architecture motion controller for CNC machine tools," 2008 2nd International Symposium on Systems and Control in Aerospace and Astronautics, Shenzhen, China, 2008, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISSCAA.2008.4776146.