Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ X về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR), Đà Nẵng, ngày 17-18/08/2017
DOI: 10.15625/vap.2017.000107

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY GIA CÔNG LASER ĐA NĂNG

Đào Duy Liêm [1], Nguyễn Lê Anh Hạ[2], Nguyễn Quốc Nguyên[3]
[1,2,3] Khoa Điện điện tử, Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn
[1]*liem.daoduy@stu.edu.vn*, [2]*anhhad13vt01@gmail.com*, [3]*p.nguyenquocnguyen@gmail.com*

TÓM TẮT: *Bài báo này trình bày về việc thiết kế và thi công máy gia công Laser đa chức năng: cắt, khắc lên nhiều loại vật liệu, khắc vật thể tròn, mô phỏng chữ viết tay, vẽ tranh. Máy sử dụng bộ vi điều khiển Arduino nano, động cơ bước truyền động đai răng, công suất bóng Laser bán dẫn 2W. Cả hệ thống được điều khiển thông qua phần mềm máy tính. Kết quả thực nghiệm cho thấy, máy hoạt động khá chính xác với độ sai lệch < 0.1mm, máy có thể làm việc ổn định trong thời gian dài đồng thời chi phí hoàn thiện khá thấp (khoảng 5 triệu đồng) từ đó dễ dàng tiếp cận với người dùng phổ thông.*

Từ khóa*: Arduino, CNC, GRBL, Laser.*

I. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây ngành cơ khí chính xác tại Việt Nam ngày càng phát triển mạnh. Sự du nhập của các máy CNC nhanh chóng làm thay đổi việc sản xuất công nghiệp như gia tăng mức độ tự động hóa, tối ưu độ chính xác và chất lượng thành phẩm đồng thời giải phóng sức lao động con người. Dựa trên nguyên lý hoạt động của máy CNC [1] cùng với sự ra đời của công nghệ Laser đốt nóng đã cho ra đời các loại máy gia công Laser. Tại Việt Nam các loại máy Laser này được ứng dụng nhiều trong gia công chính xác như khuôn mẫu, nhãn mác, mã vạch, quà tặng…tuy nhiên các máy này thường có kích thước rất lớn, giá thành cao trong khi chức năng chỉ là gia công trên bề mặt phẳng và chủ yếu dùng trong công nghiệp mà chưa đi vào dân dụng. Dựa vào những thực tiễn đó nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thành công máy gia công Laser đa chức năng như cắt, khắc laser nhiều vật liệu, khắc vật thể tròn, mô phỏng chữ viết tay, vẽ tranh… với giá thành hợp lý dễ dàng tiếp cận với nhiều đối tượng sử dụng khác nhau.

Trong phần II chúng tôi sẽ trình bày về ý tưởng và thiết kế phần cứng, việc tối ưu hóa firmware được thể hiện trong phần III, phần IV cung cấp kiến thức tổng quan về G-code, phần V mô tả quá trình thiết kế gia công và xuất G-code, phần VI trình bày các kết quả thực tế và phần VII là tổng kết của bài báo.

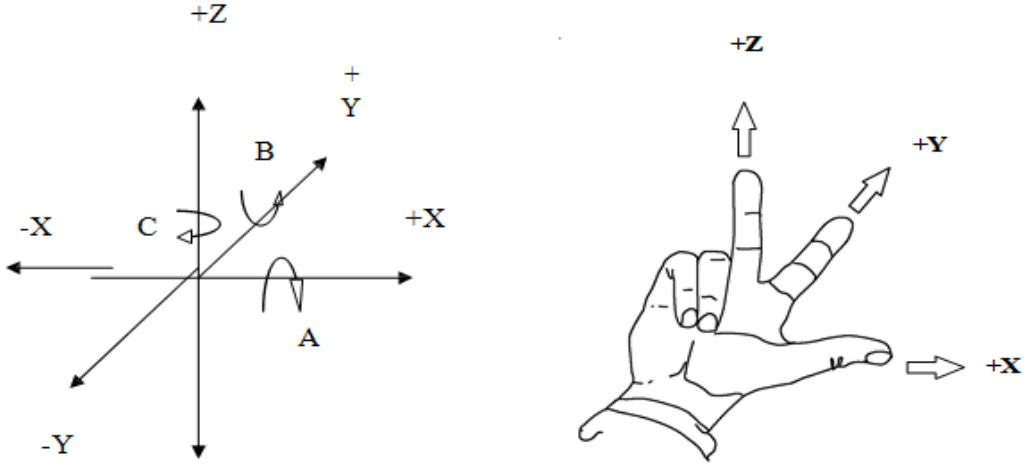
II. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

A. Thiết kế cơ khí

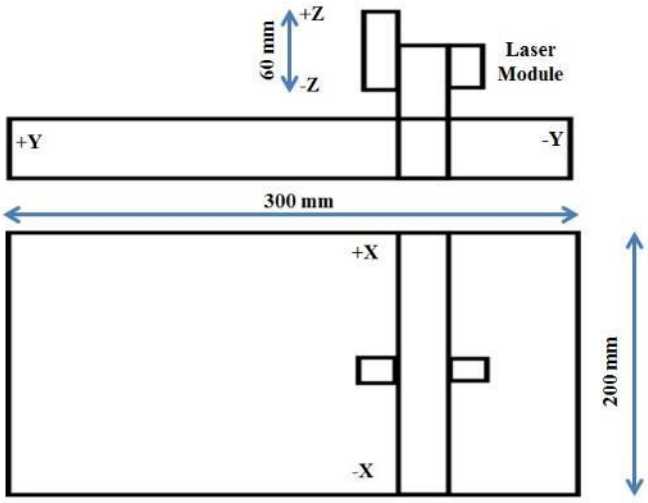
0 mô tả việc xác định hệ trục hoạt động của máy theo toạ độ Descartes_3 trục [2] qua đó ta sẽ quy định chiều hoạt động của hệ trục như sau (với vị trí người vận hành nhìn từ - Y sang + Y):

- Trục X vuông góc với trục Z với + X là chiều từ phải sang trái và – X là chiều ngược lại.
- Trục Y vuông góc trục X và Z với + Y là chiều từ cổ tay đến đầu ngón trỏ (chiều ra xa người vận hành máy) và – Y là chiều ngược lại.
- Trục Z là trục đứng với + Z là chiều từ dưới lên và – Z là ngược lại.
- Ngoài ra máy được bổ sung một trục Y khác với phương thức hoạt động xoay tròn đặt ngoài hệ trục trên dùng để xử lý các vật thể dạng trụ tròn.

Dựa vào cách xác định trên việc bố trí các trục của máy được thực hiện như 0

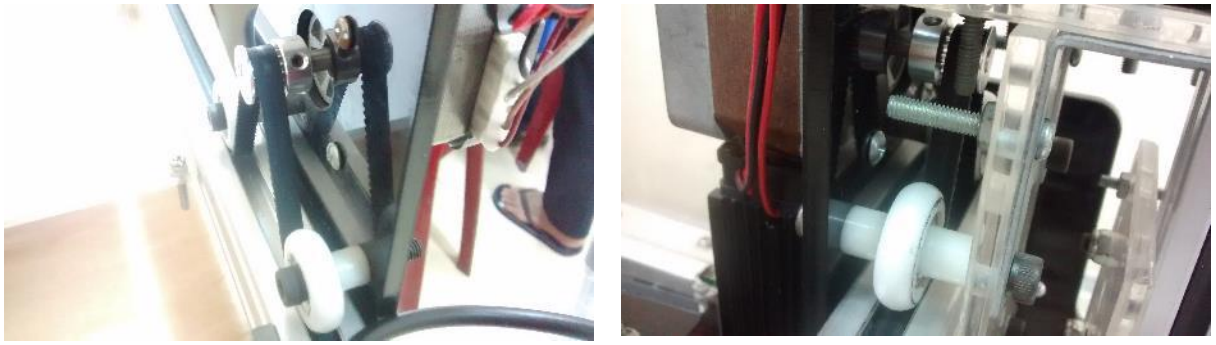


Hình 1. Hệ trục toạ độ theo quy tắc bàn tay phải



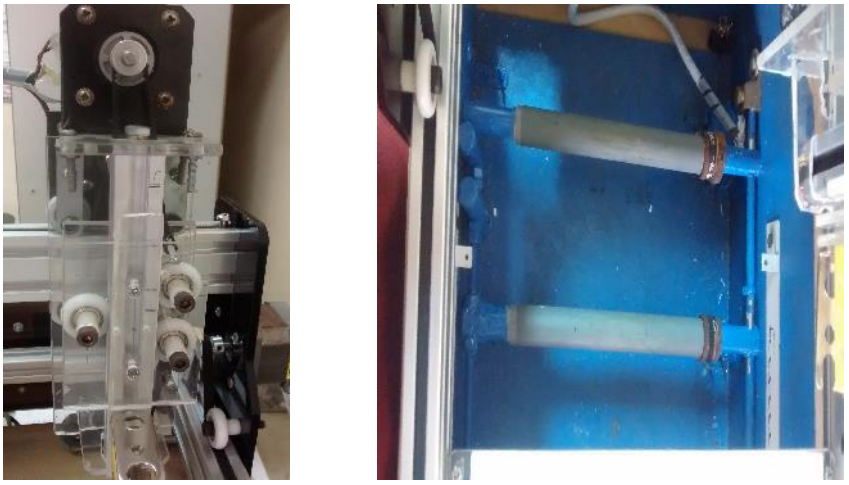
Hình 2. Bố trí hệ trục

Tiếp theo cần lựa chọn một phương thức truyền động phù hợp với cấu trúc khung đã được xây dựng. Có thể lựa chọn nhiều phương thức truyền động khác nhau như vít me đai ốc, vít me con trượt, bánh xe đai răng… Trong đó phương thức bánh xe đai răng được xem là phù hợp với mục tiêu đề tài vì phương thức này có mức độ truyền động chính xác chấp nhận được với giá thành linh kiện phù hợp trong dân dụng. Sử dụng động cơ bước tạo chuyển động cho cả hệ trục máy đảm bảo tính ổn định, mạnh mẽ và có thể hoạt động trong thời gian dài. Kết quả xây dựng khung máy được trình bày trong 0 và 0.



(a) (b)

Hình 3. Truyền động trục X (a) và truyền động trục Y (b)



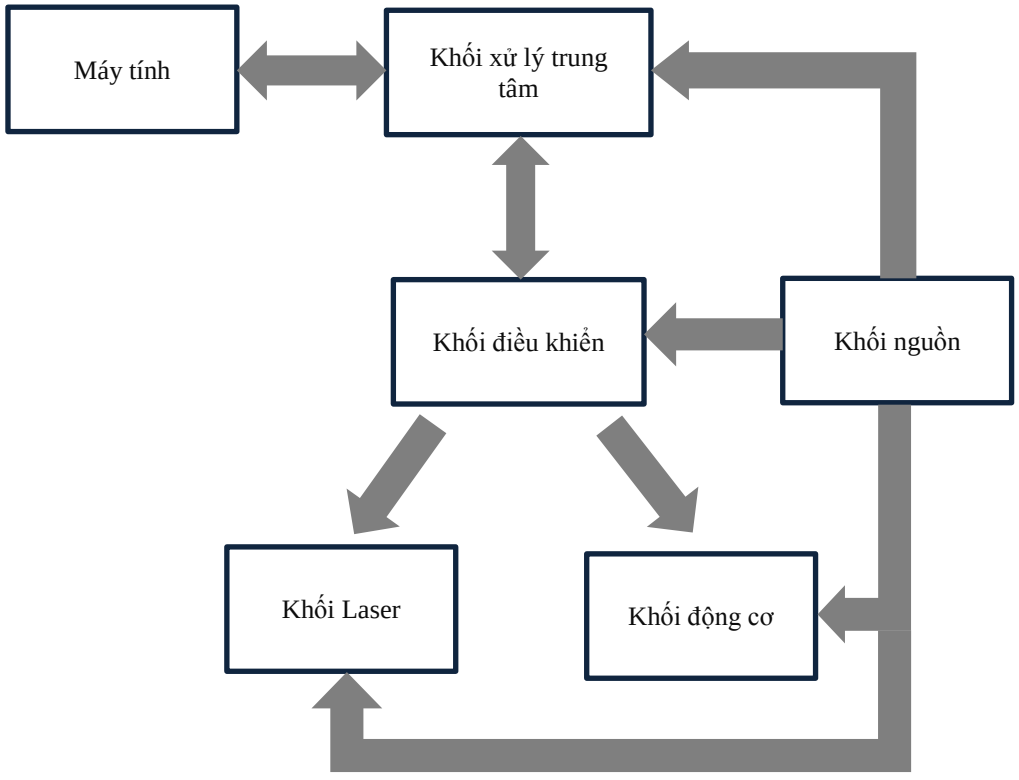
(a) (b)

Hình 4. Truyền động trục Z (a) và truyền động trục Y xoay tròn (b)

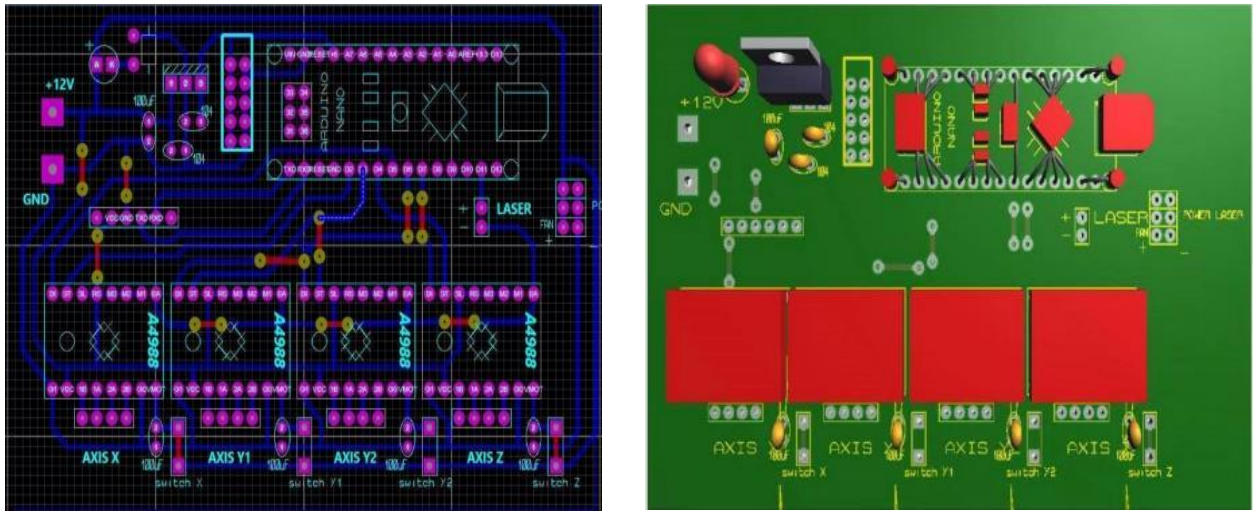
B. Thiết kế mạch điều khiển

0 trình bày sơ đồ khối của hệ thống bao gồm: khối nguồn, khối xử lý trung tâm, khối điều khiển và hệ thống truyền thông tin với máy tính. Kết quả thực nghiệm mạch điều khiển được trình bày trong 0.

- Khối nguồn: Dùng nguồn xung 12V-5A cung cấp nguồn cho động cơ bước, module Laser. Một mạch hạ áp 12V-5V dùng cấp nguồn cho khối xử lý trung tâm và khối điều khiển.
- Khối xử lý trung tâm: Sử dụng board mạch Arduino nano [3] dùng để nạp firmware điều khiển.
- Khối điều khiển: Bao gồm các mạch driver điều khiển động cơ bước A4988 [4] và mạch điều khiển cường độ module Laser (thông qua xung PWM của board Arduino).
- Giữa khối máy tính và khối xử lý trung tâm có 2 phương pháp giao tiếp: kết nối bằng cáp USB hoặc không dây thông qua bluetooth.



Hình 5. Sơ đồ khối hệ thống

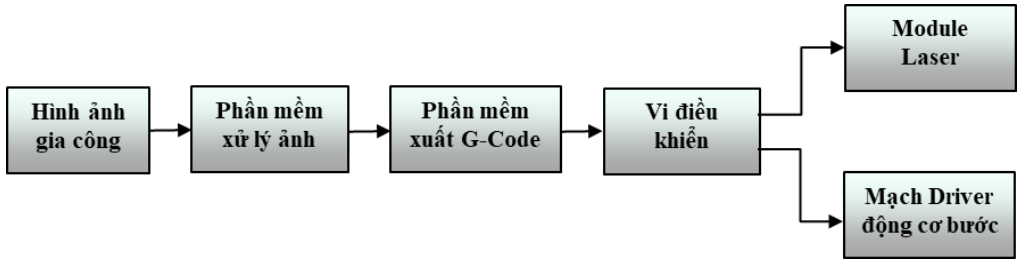


(a) (b)

Hình 6. Thiết kế mạch in (a) và mạch mô phỏng 3D (b)

C. Mô hình điều khiển

Các công đoạn điều khiển và vận hành của hệ thống được thể hiện như 0



Hình 7. Mô hình điều khiển hệ thống

III. TỐI ƯU FIRMWARE

Firmware được sử dụng để điều khiển hệ thống là Grbl [5], một firmware mã nguồn mở hiệu suất cao dùng để điều khiển chuyển động của các loại máy chính xác và thường được sử dụng trên board mạch arduino. Hiện nay phần lớn các máy in 3D sử dụng Grbl và ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các loại máy chính xác khác như máy khắc laser, máy mô phỏng chữ viết, máy CNC. Với đặc tính mở và dễ sử dụng cùng với yêu cầu phần cứng đơn giản, Grbl được dùng ngày càng nhiều trong các dự án start up cùng lĩnh vực.

Các chức năng chính của firmware này là:

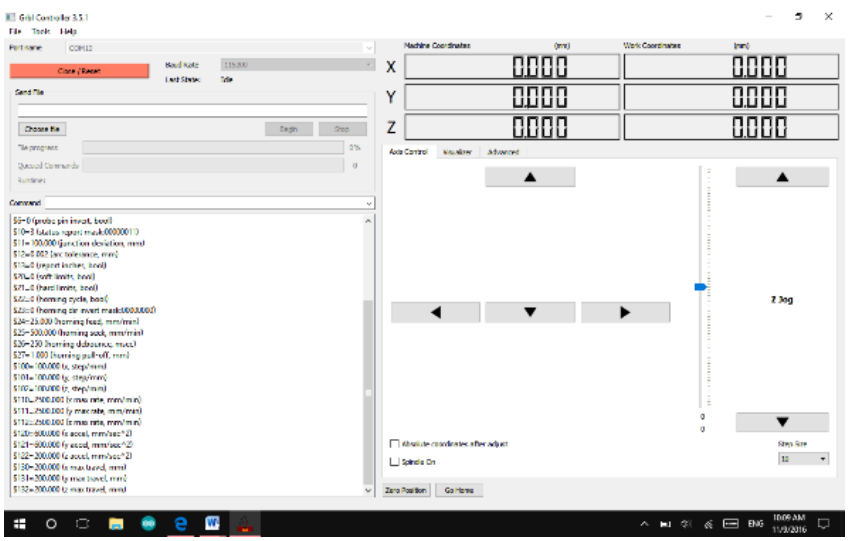
- Xử lý G-Code và điều khiển động cơ bước.
- Điều khiển cường độ laser.
- Hồi đáp các thông số trong quá trình vận hành.

Grbl là một firmware mã nguồn mở tuy nhiên tùy theo chức năng và cấu trúc máy mà người lập trình cần điều chỉnh các thông số sao cho tối ưu, từ đó đạt được độ chính xác và tốc độ như mong muốn. Để có thể điều chỉnh được các thông số này ta tiến hành nạp firmware vào vi điều khiển, kết nối vi điều khiển với máy tính và dùng một phần mềm điều khiển chuyên dụng cho firmware để thiết lập kết nối. Trong đề tài này nhóm nghiên cứu sử dụng phần mềm Grbl controller với giao diện như 0.

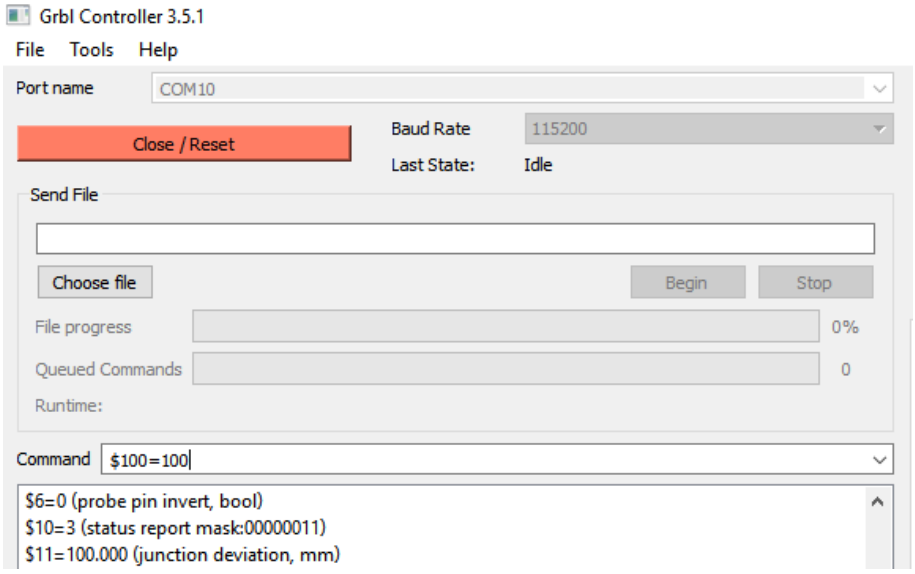
Trong đó các thông số cần điều chỉnh bao gồm:

$100; $101; $102 – [X, Y, Z] steps/mm (steps_per_mm): số bước của động cơ tương ứng với 1mm dịch chuyển của mỗi trục X, Y, Z. Để tính toán thông số này ta cần biết:

- Độ dời trên một vòng quay của động cơ bước(mm_per_rev) phụ thuộc vào chu vi trục răng được gắn và độ dày của dây đai.
- Tổng số bước trên một vòng của động cơ (steps_per_revolution). Cần tra Datasheet của động cơ sử dụng để xác định thông số này (nhưng thông thường là 200).
- Số vi bước (microsteps) được thiết lập trên mạch Driver A4988 (thường có các lựa chọn 1, 2, 4, 8, 16). Để động cơ hoạt động chính xác và êm ái hơn nên thiết lập số vi bước là 16.



Hình 8. Giao diện phần mềm GRBL controller



Hình 9. Thay đổi thông số Firmware

Sau khi xác định các thông số trên ta có thể tính các thông số $100; $101; $102 như sau:

$$\text{steps_per_mm} = \frac{\text{steps_per_revolution} * \text{microsteps}}{\text{mm_per_rev}} \quad (1)$$

$110, $111 ,$112 – [X,Y,Z] Max rate, mm/min: thiết lập tốc độ cực đại mỗi trục có thể di chuyển. Mỗi khi hoạt động, động cơ sẽ tăng dần tốc độ theo một thông số gia tốc (sẽ được đề cập tiếp theo) để đạt được vận tốc tối đa. Để xác định ta tăng dần thông số này rồi cho máy hoạt động, đến khi động cơ hoạt động với tiếng ồn lớn hơn bình thường thì tức là tốc độ giới hạn đã tới ngưỡng. Ta nên đặt giá trị này thấp hơn 10-20% giá trị tới ngưỡng để bảo vệ động cơ.

$120, $121, $122 – [X,Y,Z] Acceleration, mm/sec^2: thiết lập gia tốc di chuyển của các trục. Thông số này cần được xác định sao cho phù hợp với tốc độ cực đại của trục, nếu gia tốc quá thấp thì động cơ khó có thể đạt được vận tốc cực đại, ngược lại nếu để gia tốc quá lớn động cơ có thể mất bước khi hoạt động.

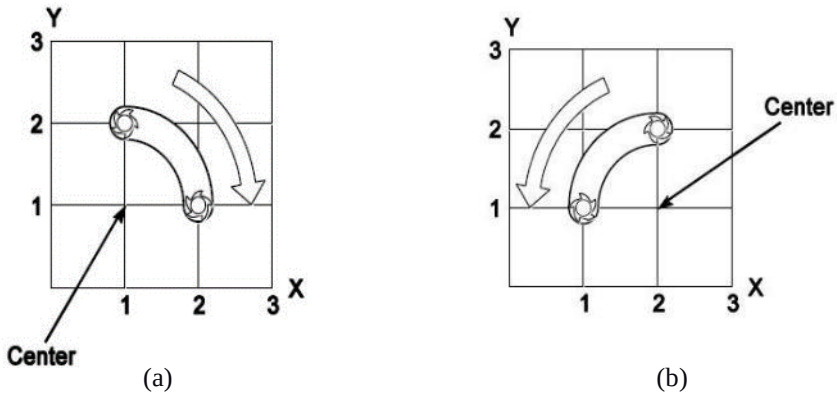
11$ Junction deviation, mm: thiết lập giá trị gia tốc của trục khi di chuyển qua các góc cạnh, các điểm nối của đối tượng gia công. Trong quá trình làm việc thực tế có thể điều chỉnh giá trị này cho phù hợp, giá trị này càng cao tốc độ gia công càng nhanh nhưng có thể xảy ra sai lệch về kích thước và ngược lại.

Ví dụ về cách thay đổi các thông số này được mô tả như 0.

IV. G-CODE

Không phổ biến như ngôn ngữ lập trình C, Java, PHP… nhưng G-code [6] hay ngôn ngữ lập trình G lại là cốt lõi trong tự động hóa. Về cơ bản G-code là một ngôn ngữ lập trình mà thông qua đó có thể điều khiển các thiết bị tự động hóa di chuyển theo lộ trình, tăng giảm tốc độ, tắt mở các thiết bị …mà phổ biến nhất là ứng dụng trong các máy CNC. Do có chung cơ cấu hoạt động với máy CNC nên nhóm nghiên cứu quyết định sử dụng ngôn ngữ lập trình này để điều khiển máy gia công Laser.

Xét cấu trúc cơ bản một file G-code bao gồm các nhóm lệnh chính sau đây:



Hình 10. Dịch chuyển qua góc: (a) theo chiều thuận, (b) theo chiều nghịch

- **Nhóm lệnh G** (Geometric Function): quy định sự dịch chuyển, chế độ làm việc của máy. Nhóm này được mã hóa từ G00 cho đến G99, mỗi lệnh có chức năng và chế độ riêng. Các lệnh G thường được sử dụng như:

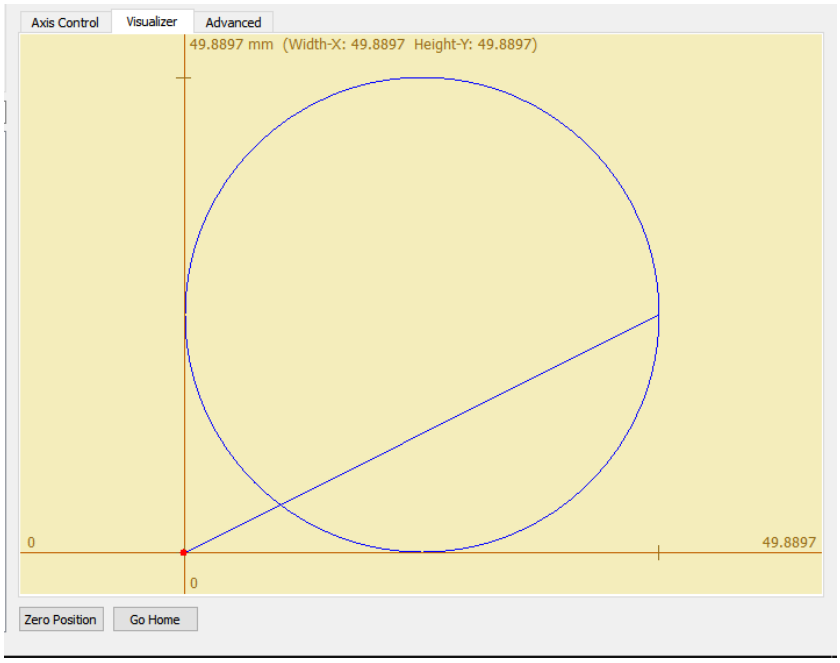
- G00 - lệnh dịch chuyển nhanh: dịch chuyển nhanh giữa các vùng cần gia công với tốc độ tối đa mà máy có thể đáp ứng.
- G01 – lệnh dịch chuyển với tham số tốc độ: dịch chuyển thẳng bị ràng buộc bởi tham số tốc độ kèm theo thường dùng trong quá trình gia công.
- G02: dịch chuyển qua góc theo chiều thuận - 0 (a).
- G03: dịch chuyển qua góc theo chiều nghịch - 0 (b).

- **Nhóm lệnh M**: quy định các chức năng phụ như bắt đầu, dừng, tắt mở các chức năng khác như điều khiển Laser, tắt mở máy phay… Nhóm này được mã hóa từ M00 cho đến M99, mỗi lệnh có chức năng riêng. Trong đề tài này chỉ sử dụng lệnh M03 (mở Laser), M05 (tắt laser), M02 (kết thúc chương trình)
- **Nhóm lệnh tham số**: đặt sau hai nhóm lệnh chính trên để quy định khoảng cách cần di chuyển, điều khiển cường độ laser… Một số tham số thường gặp:

- X, Y, Z: toạ độ theo các trục.
- I, J, K: toạ độ tâm cung tròn theo các trục X, Y, Z tương ứng.
- F: tốc độ dịch chuyển tương ứng của trục.
- S: cường độ của tia Laser.

Ví dụ với đoạn G-code sau đây sẽ cho kết quả hiển thị như 0.

```
G90
G21
G0 X49.8897 Y25
M03
G1F600.000000
G02 X42.5997 Y7.4003 I-24.8897 J-0.
G02 X25. Y0.1103 I-17.5997 J17.5997
G02 X7.4003 Y7.4003 I0. J24.8897
G02 X0.1103 Y25. I17.5997 J17.5997
G02 X7.4003 Y42.5997 I24.8897 J0.
G02 X25. Y49.8897 I17.5997 J-17.5997
G02 X42.5997 Y42.5997 I-0. J-24.8897
G02 X49.8897 Y25. I-17.5997 J-17.5997
G1  X49.8897 Y25.
M05
G0 X0.000 Y0.000
M05
M02
```



Hình 11. Kết quả hiển thị trên GRBL controller

V. THIẾT KẾ GIA CÔNG VÀ XUẤT G-CODE

Để máy vận hành một cách chính xác trên đối tượng cần gia công, việc thiết kế và lập trình đóng vai trò quyết định. Hiện nay có nhiều cách để thực hiện công việc này tuy nhiên cách đơn giản và chính xác nhất là sử dụng một phần mềm xử lý đối tượng Vector sau đó trích xuất G-code. Trong đề tài này nhóm nghiên cứu lựa chọn phần mềm Inkscape [7] – một phần mềm xử lý đồ họa vector mã nguồn mở mạnh mẽ với các tính năng nổi trội như:

- Quản lí bản vẽ theo các lớp và cho phép chuyển giữa các lớp một cách linh hoạt.
- Chức năng nhân bản đối tượng (clone) cho phép sao chép các đối tượng thành các họa tiết với số lượng lớn.
- Nhận diện hình: chuyển đổi từ ảnh bitmap ra các đường nét.
- Hỗ trợ xử lý và xuất file với nhiều định dạng ảnh, đặc biệt là G-Code.
- Kho công cụ hỗ trợ lớn (do người sử dụng chia sẻ).

Tuy nhiên khi cần trích xuất G-code ta cần thêm các bộ mở rộng vào Inkscape, bên cạnh đó tùy vào cách thức hoạt động gia công khác nhau mà ta lại cần một bộ mở rộng sao cho phù hợp. Trong đề tài này, máy gia công Laser có hai cách thức hoạt động là khắc (etching) và cắt (cutting).

- Khắc: chuyển đổi đối tượng thiết kế thành từng hàng ngang, các hàng này được tạo ra dựa trên thông tin mức xám của đối tượng (grayscale). Khi tiến hành gia công Laser sẽ đốt cháy lần lượt các hàng này tạo phần chìm trên vật liệu.
- Cắt: chuyển đổi đối tương thiết kế thành các toạ độ vector theo thuật toán nhận diện đường biên của đối tượng. Khi tiến hành gia công Laser sẽ cắt đường biên trên vật liệu.

Sau khi đã hoàn thành thiết kế và xuất G-code ta bắt đầu kết nối máy tính đến vi xử lý, chọn đường dẫn file đã lưu và tiến hành gia công. Trong quá trình thực hiện ta có thể dừng quá trình gia công khi cần thiết tuy nhiên do động cơ bước không có hồi tiếp nên không thể tiếp tục tiến trình tại điểm dừng mà phải bắt đầu lại từ trục toạ độ.

VI. KẾT QUẢ

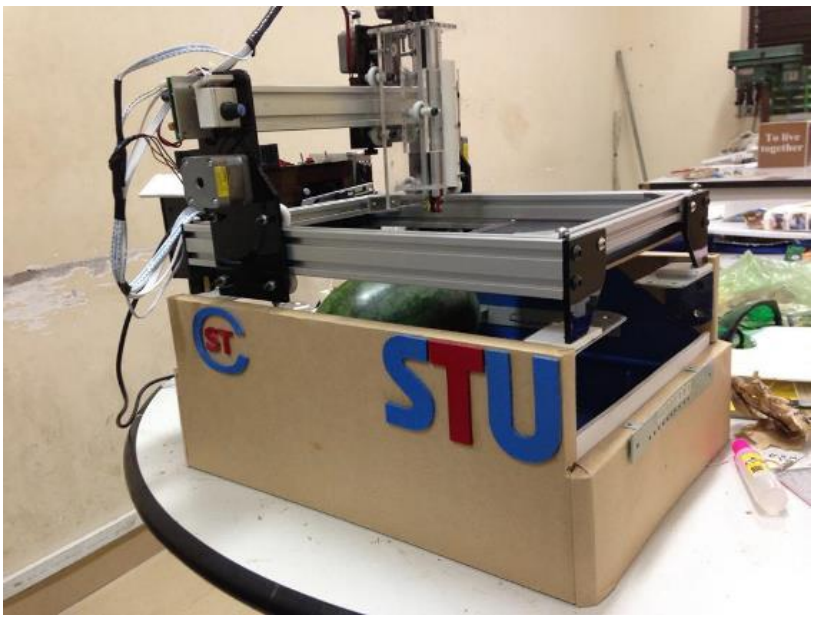
Nhóm nghiên cứu đã thực hiện thành công máy gia công Laser đa năng với các tính năng sau:

- Cắt giấy.
- Vẽ hình, mô phỏng chữ viết tay.
- Khắc trên mặt phẳng lên các vật liệu: da, mica, gỗ,…
- Khắc trên vật thể tròn: quả dưa hấu, xoài,….
- Việc truyền lệnh cho máy có thể thực hiện không dây qua bluetooth.

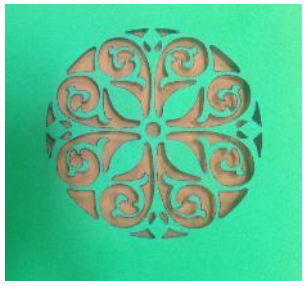
0 trình bày máy gia công Laser thực tế và 0 là các sản phẩm được thực hiện từ máy.

Một số hướng phát triển của đề tài:

- Bổ sung thêm một số tính năng như phay, in 3D
- Điều khiển thông qua internet.
- Xuất G-code bằng cách nhận diện hình ảnh.



Hình 12. Hình ảnh thực tế của máy



(a) Cắt giấy

(b) Khắc ví da

(c) Khắc trên vật thể tròn (dưa hấu)

(d) Mô phỏng chữ viết tay

Hình 13. Một số sản phẩm được tạo từ máy gia công Laser

VII. KẾT LUẬN VÀ LỜI CẢM ƠN

Bài viết đã trình bày việc thiết kế và thi công máy gia công Laser đa năng sử dụng vi xử lý Arduino nano kết hợp với các phần mềm hỗ trợ và điều khiển từ máy tính. Máy có độ chính xác khá cao với giá thành hợp lý (khoảng 5 triệu đồng) phù hợp với người dùng phổ thông. Tuy nhiên máy vẫn còn một số hạn chế về tốc độ, công suất làm việc và hoạt động còn phụ thuộc vào mày tính. Nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục hoàn thiện để máy có thể ứng dụng nhiều trong đời sống.

Cảm ơn khoa Điện điện tử - Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn đã tài trợ kinh phí để chúng tôi thực hiện đề tài này. Sản phẩm đã đạt huy chương vàng hạng mục "Sáng tạo ứng dụng" tại Liên hoan Tuổi trẻ sáng tạo Thành phố Hồ Chí Minh lần 7 năm 2016.

VIII. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Patrick Hood-Daniel ,James Floyd Kelly "*Build Your Own CNC Machine", ISBN-13 (pbk): 978-1-4302-2489-1, ISBN-13 (electronic): 978-1-4302-2490-7.*
[2] ybertechvn.com, http://cybertechvn.com/tin-tuc_5/cac-nguyen-tac-can-lam-vung-khi-van-hanh-may-phay-cnc_204_km.html.
[3] Arduino.cc, https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano.
[4] http://forum.mme.vn/viewtopic.php?t=13.
[5] Github.com, https://github.com/grbl/grbl/wiki.
[6] Patrick Talverdi "*CNC LATHE G-CODE & M-CODE ILLUSTRATIVE HANDBOOK 1st Edition*", ISBN: 978-0-557-64836-8.
[7] https://vi.wikipedia.org/wiki/Inkscape.

MULTIFUNCTION LASER PRECISION MACHINING MACHINE

Dao Duy Liem, Nguyen Le Anh Ha, Nguyen Quoc Nguyen

ABSTRACT: *This paper presents the design and construction of the multifunction laser precision machining machine which can cut, etched onto a variety of materials, etched onto circular objects, simulate handwriting and drawing. This machine uses the Arduino nano microcontroller, stepper motor, 2W semiconductor laser. The whole system is controlled by computer software. Through a preliminary assessment, the machine works pretty accurate with deviations of <0.1mm, work stable for long periods and relatively low cost complete (about 5 million VND) makes the machine easy reach ordinary users.*

Keyword*: Arduino, CNC, GRBL, Laser.*