**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ GTVT**

**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**



**Phạm Văn Hiệp**

**TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MÁY VẼ CNC**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY**

**Ngành: CNKT Điện tử, truyền thông**

**Hà Nội - 2022**

## HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN>

*(chữ hoa, 12pt, đậm, căn giữa)*

## HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN>

*(chữ hoa, 12pt, đậm, căn giữa)*

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ GTVT**

**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**



**Phạm Văn Hiệp**

**TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MÁY VẼ CNC**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY**

**Ngành: CNKT Điện tử, truyền thông**

**Cán bộ hướng dẫn:** **TH.SBùi Hải Đăng**

**Hà Nội - 2022**

**Hà Nội - 2022**

**Hà Nội - 2022**

**Hà Nội - 2022**

**TÓM TẮT**

**Tóm tắt:** Hiện nay nhu cầu về máy CNC phục vụ trong công nghiệp và các ngành sản xuất khác là rất lớn, với việc tiếp xúc trực tiếp để gia công một sản phẩm với độ chi tiết cao bằng thủ công rất tốn thời gian, ảnh hưởng đến sức khỏe nên việc điều khiển gián tiếp một cách tự động là biện pháp hiểu quả nhất. Cho nên nhiều loại máy CNC được ra đời trong đó có máy vẽ CNC. Với việc vẽ một hình mẫu bất kì với độ chính xác cao, sai số ít khiến việc gia công những họa tiết, hoa văn khó trở lên dễ dàng hơn.

**Từ khóa:** *Máy vẽ CNC*

**LỜI CẢM ƠN**

Đầu tiên, cho phép em được gửi lời cảm ơn sâu sắc đến thầy TH.S Bùi Hải Đăng. Thầy là người luôn theo sát em trong quá trình làm đồ án, thầy đã tận tình chỉ bảo, đưa ra những vẫn đề cốt lõi giúp em củng cố lại kiến thức và có định hướng đúng đắn để hoàn thành luận văn này.

Tiếp đến, em xin được gửi lời cảm ơn đến tất cả quý thầy cô đã và đang giảng dạy tại Trường Đại Học Công Nghệ Giao Thông Vận Tải đã giúp em có được những kiến thức cơ bản để thực hiện đồ án này. Em xin kính chúc thầy cô sức khỏe, thành đạt và ngày càng thành công trong sự nghiệp của mình.

Em chân thành cảm ơn**!**

**LỜI CAM ĐOAN**

Em xin cam đoan đồ án này là công trình nghiên cứu của riêng em và được sự hướng dẫn của thầy giáo TH.S Bùi Hải Đăng – giảng viên Trường Đại Học Công Nghệ Giao Thông Vận Tải. Các nội dung nghiên cứu, kết quả trong đề tài là trung thực, không sao chép bất kì tài liệu nào. Và có chú thích, trích dẫn nguồn rõ ràng, có tính kế thừa, phát triển từ tài các tài liệu, website.

Em xin chân thành chịu trách nhiệm với lời cam kết của mình.

Hà Nội, ngày…tháng…năm 2022

Sinh viên thực hiện

MỤC LỤC

[HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN> 1](file:///C:\Users\hiep\Documents\TinyCNC_Plotter\doc\cnc.docx#_Toc104681271)

[HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN> 1](file:///C:\Users\hiep\Documents\TinyCNC_Plotter\doc\cnc.docx#_Toc104681272)

[DANH MỤC VIẾT TẮT 7](#_Toc104681273)

[DANH MỤC HÌNH ẢNH 8](#_Toc104681274)

[DANH MỤC BẲNG BIỂU 10](#_Toc104681275)

[LỜI MỞ ĐẦU 11](#_Toc104681276)

[CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI 12](#_Toc104681277)

[1.1 Khái niệm về máy CNC 12](#_Toc104681278)

[1.2 Phân loại mô hình máy CNC 12](#_Toc104681279)

[1.3 Các đặc trưng của máy CNC 14](#_Toc104681280)

[1.3.1 Ưu điểm 14](#_Toc104681281)

[1.3.2 Nhược điểm 14](#_Toc104681282)

[1.4 Đề xuất giải pháp thiết kế mô hình máy vẽ CNC 15](#_Toc104681283)

[1.5 Kết luận chương 1 15](#_Toc104681284)

[CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT 16](#_Toc104681285)

[2.1 Tìm hiểu về Arduino Uno R3 16](#_Toc104681286)

[2.1.1 Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3 17](#_Toc104681287)

[2.1.2: Giới thiệu về chip ATmega328p 19](#_Toc104681288)

[2.2 Tìm hiểu về IC ULN2003 22](#_Toc104681289)

[2.2.1 Giới thiệu ULN2003 22](#_Toc104681290)

[2.2.2 Sơ đồ chân ULN2003 23](#_Toc104681291)

[2.2.3 Tính năng IC ULN2003 24](#_Toc104681292)

[2.3 Động cơ bước 28BYJ-48 24](#_Toc104681293)

[2.3.1 Giới thiệu động cơ bước 28BYJ-48 5V 24](#_Toc104681294)

[2.3.2 Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48 25](#_Toc104681295)

[2.3.3 Động cơ bước sử dụng IC ULN2003 26](#_Toc104681296)

[2.4 Động cơ Servo 27](#_Toc104681297)

[2.5 Mã lệnh G-CODE 28](#_Toc104681298)

[2.6 Kết luận chương 2 30](#_Toc104681299)

[CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG 31](#_Toc104681300)

[3.1 Thiết kế sơ đồ khối 31](#_Toc104681301)

[3.2 Thiết kế phần cứng 31](#_Toc104681302)

[3.2.1 Phần mềm thiết kế phần cứng Altium 31](#_Toc104681303)

[3.2.2 Thiết kế mạch nguyên lý 33](#_Toc104681304)

[3.2.3 Thiết kế mạch in 35](#_Toc104681305)

[3.3 Lập trình vi điều khiển 36](#_Toc104681306)

[3.3.1 Chương trình máy vẽ CNC 36](#_Toc104681307)

[3.3.2 Phần mềm lập trình Arduino IDE 37](#_Toc104681308)

[3.3.3 Biên dịch và nạp chương trình cho Arduino 38](#_Toc104681309)

[3.4 Phần mềm tạo G-code 42](#_Toc104681310)

[3.4.1 Giới thiệu về phần mềm Inkscape 42](#_Toc104681311)

[3.4.2 Cài đặt phần mềm và sử dụng 42](#_Toc104681312)

[3.5 Chương trình điều khiển (Universal Gcode Sender) 46](#_Toc104681313)

# DANH MỤC VIẾT TẮT

# DANH MỤC HÌNH ẢNH

[Hình 1. 1: Hình ảnh máy CNC trong thực tế 11](#_Toc104158096)

[Hình 1. 2: Loại máy CNC điều khiển điểm 12](#_Toc104158097)

[Hình 1. 3: Loại máy CNC điều khiển đoạn thẳng 12](#_Toc104158098)

[Hình 1. 4: Loại máy CNC điều khiển đường 13](#_Toc104158099)

[Hình 2. 1: Arduino Uno R3 15](#_Toc104158086)

[Hình 2. 2: Chip ATmega328p 18](#_Toc104158087)

[Hình 2. 3: Sơ đồ chân ATmega328p 19](#_Toc104158088)

[Hình 2. 4: IC ULN2003 21](#_Toc104158089)

[Hình 2. 5: Sơ đồ chân IC ULN2003 22](#_Toc104158090)

[Hình 2. 6: Động cơ bước 28BYJ-48 23](#_Toc104158091)

[Hình 2. 7: Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48 24](#_Toc104158092)

[Hình 2. 8: Kết nối động cơ với IC ULN2003 25](#_Toc104158093)

[Hình 2. 9: Trình tự điều khiển động cơ Half-Step 25](#_Toc104158094)

[Hình 2. 10: Động cơ Servo 27](#_Toc104158095)

[Hình 3. 1: Sơ đồ khối 29](#_Toc104675672)

[Hình 3. 2: Phần mềm vẽ mạch in Altium 30](#_Toc104675673)

[Hình 3. 3: Giao diện làm việc của phần mềm Altium 31](#_Toc104675674)

[Hình 3. 4: Sơ đồ nguyên lý hệ thống 32](#_Toc104675675)

[Hình 3. 5: Mạch in 2D 33](#_Toc104675676)

[Hình 3. 6: Mạch in 3D 34](#_Toc104675677)

[Hình 3. 7: Môi trường làm việc của Arduino IDE 35](#_Toc104675678)

[Hình 3. 8: Download chương trình điều khiển 36](#_Toc104675679)

[Hình 3. 9: Thêm thư viện grbl cho phần mềm Arduino IDE 37](#_Toc104675680)

[Hình 3. 10: Mở tệp grblUpload 38](#_Toc104675681)

[Hình 3. 11: Biên dịch chương trình grbl 39](#_Toc104675682)

[Hình 3. 12: Chọn mạch cần nạp chương trình 39](#_Toc104675683)

[Hình 3. 13: Giao diện làm việc của Inkscape 40](#_Toc104675684)

[Hình 3. 14: Cài đặt cơ bản cho phần mềm Inkspace 41](#_Toc104675685)

[Hình 3. 15: Import file hình ảnh vào Inkspace 42](#_Toc104675686)

[Hình 3. 16:Chuyển hình ảnh sang Bitmap trong Inspace 42](#_Toc104675687)

[Hình 3. 17: Chuyển hình ảnh thành file G-code 43](#_Toc104675688)

[Hình 3. 18: Giao diện làm việc của Universal Gcode Sender 44](#_Toc104675689)

# DANH MỤC BẲNG BIỂU

[Bảng 2. 1: Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3 17](#_Toc104342946)

[Bảng 2. 2: Chức năng chân ATmega328p 20](#_Toc104342947)

[Bảng 2. 3: Chi tiết sơ đồ chân IC ULN2003 23](#_Toc104342948)

[Bảng 2. 4: Mô tả động cơ bước 28BYJ-48 25](#_Toc104342949)

[Bảng 2. 5: Thông số động cơ bước 28BYJ-48 25](#_Toc104342950)

# LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của khoa học kĩ thuật đã một phần đóng góp rất nhiều trong đời sống phát triển. Việc ứng dụng những kĩ thuật cao vào việc tạo ra những sản phẩm có chất lượng và năng suất cao, giảm thiểu được sức lao động. Nắm được tầm quan trọng đó, em đã nghiên cứu và thực hiện đề tài: **“Nghiên cứu, thiết kế máy vẽ CNC”**. Nhằm giúp việc thực hiện, gia công những họa tiết, nét vẽ nhanh với độ chính xác cao. Tuy nhiên do kinh nghiện và việc tìm hiểu học hỏi còn hạn chế về thời gian thực hiện, kiến thức chưa sâu, nên mục tiêu trước tiên mà em hướng đến là thực hiện thiết kế mạch điều khiển và thành công chế tạo mô hình máy vẽ CNC hoạt động ổn định với sai số nhỏ.

Đề tài gồm những nội dung sau:

* CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI
* CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT
* CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

## Khái niệm về máy CNC

CNC là từ viết tắt của tiếng Anh “Computer Numerical Control” là thuật ngữ chỉ những hệ thống máy móc được điều khiển tự động và có sự hỗ trợ điều khiển bằng máy tính, mà trong đó các bộ phận của máy sẽ di chuyển theo các lệnh liên tiếp nhau, để tạo ra những sản phẩm đúng kích thước, hình dạng theo bản vẽ. Những bản vẽ này sẽ được chuyển sang dạng mã chương trình quy chuẩn thường được gọi là mã G.

Graphical user interface, website

Description automatically generated

Hình 1. 1: Hình ảnh máy CNC trong thực tế

## 1.2 Phân loại mô hình máy CNC

Trên thị trường hiện nay có rất nhiều loại máy CNC được ra đời để phục vụ công việc, nhưng thường chia theo 2 loại chính:

Phân loại theo mục đích sử dụng:

* Máy khoan CNC, máy khắc CNC, máy phay CNC…

Phân loại theo hệ điều khiển:

* Các máy điều khiển điểm: được ứng dụng trong các máy định vị tại một điểm cố định như máy hàn điểm, máy khoan…

![Diagram

Description automatically generated]()

Hình 1. 2: Loại máy CNC điều khiển điểm

* Các máy điều khiển đoạn thẳng: được ứng dụng vào việc xử lý và thao tác chi tiết đơn giản.

![Diagram

Description automatically generated]()

Hình 1. 3: Loại máy CNC điều khiển đoạn thẳng

* Các máy điều khiển đường: Máy in 2D, máy in 3D…

![Diagram

Description automatically generated with medium confidence]()

Hình 1. 4: Loại máy CNC điều khiển đường

## 1.3 Các đặc trưng của máy CNC

### 1.3.1 Ưu điểm

So sánh với việc sử dụng máy điều khiển công cụ bằng tay, là phải phụ thuộc nhiều vào khả năng tay nghề của người điều khiển thì việc sử dụng máy CNC trở lên dễ dàng hơn, không còn phụ thuộc vào người điều khiển mà khi đó chúng ta chỉ chú trọng vào nội dung chương trình được đưa vào máy tính.

Việc sử dụng máy CNC cho ra độ chính xác cao khi làm việc, hạn chế việc xảy ra lỗi, vì thông thường các loại máy CNC có độ chính xác 0.001mm.

Máy rất ít khi bị lỗi có thể chạy liên tục, do đó chi phí sửa chữa nhỏ. Và có thể gia công sản phẩm một cách hàng loạt.

### 1.3.2 Nhược điểm

* Giá thành linh kiện sản phẩm cao.
* Giá thành bảo trì, sửa chữa cao.
* Cần một người để theo dõi hệ thống khi vận hành, chưa thể tự động hóa mọi thứ.

## 1.4 Đề xuất giải pháp thiết kế mô hình máy vẽ CNC

Căn cứ vào quá trình tìm hiểu về máy CNC cũng như giới hạn của đề tài và khả năng thực hiện của bản thân. Em xin đề xuất giải pháp thiết kế mô hình máy vẽ CNC để phù hợp với phạm vi của đề tài như sau:

* Sử dụng khung nhựa CNC được in 3D.
* Sử dụng 1 Arduino Uno R3 để điều khiển động cơ bước và servo.
* Sử dụng 2 động cơ bước 28BYJ-48 để điều khiển 2 trục X, Y.
* Sử dụng 1 động cơ MicroServo SG90 để điều khiển trục Z.
* Sử dụng 2 chip IC Driver ULN2003 để điều khiển 2 động cơ bước 28BYJ-48.

## 1.5 Kết luận chương 1

Kết thúc chương 1, em đã tìm hiểu được sơ lược về cách thức hoạt động của một máy CNC và ưu điểm, nhược điểm của máy CNC. Qua đó em đưa ra giải pháp thiết kế hệ thống phù hợp. Chuyển qua chương 2, em sẽ tìm hiểu chi tiết các linh kiện được sử dụng trong hệ thống.

# CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## 2.1 Tìm hiểu về Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 là một board mạch vi điều khiển chủ yếu dựa trên vi điều khiển AVR Atmega328p được phát triển bởi Arduino.cc. Arduino là một nền tảng điện tử mã nguồn mở dành cho những người mới tiếp cận đến việc lập trình vi điều khiển một cách dễ dàng hơn.

Arduino đã khá là quen thuộc trong việc học tâp, nâng cao sự sáng tạo. Vì là nền tảng mở, lên Arduino phát triển ngày càng mạnh với việc xây dựng nhiều thư viện và module được hỗ trợ giúp chúng ta có thể thực hiện bất cứ dự án nào một cách dễ dàng, thuận tiện hơn.

A close-up of a circuit board

Description automatically generated with medium confidence

Hình 2. 1: Arduino Uno R3

### 2.1.1 Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3

Bảng 2. 1: Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3

|  |  |
| --- | --- |
| **Thông số** | **Giá trị** |
| Vi điều khiển | ATmega328p họ 8bit |
| Điện áp hoạt động | 5V DC (cấp qua USB) |
| Tần số hoạt động | 16MHz |
| Dòng tiêu thụ | Khoảng 30mA |
| Điện áp vào khuyên dùng | 7-12V DC |
| Điện áp vào giới hạn | 6-20V DC |
| Số chân Analog | 6 |
| Số chân Digital I/O | 14 |
| Dòng tối đa trên mỗi chân I/O | 30mA |
| Dòng ra tối đa (5V) | 500mA |
| Dòng ra tối đa (3.3V) | 50mA |
| Bộ nhớ flash | 32KB với 0.5KB cho bootloader |
| SRAM | 2KB |
| EEPROM | 1KB |

Arduino Uno R3 đi kèm là với cổng cắm USB, 6 chân Analog, 14 chân Digital I/O được sử dụng để kết nối và điều khiển các mạch điện tử, các thiết bị ngoại vi hoặc các module được thiết kế sẵn phù hợp với arduino.

Một số chân Digital:

* chân Serial: 0 (Receive - RX) và 1 (Transmit - TX) dùng để nhận và gửi dữ liệu TTL Serial. Arduino có thể giao tiếp với thiết bị khác thông qua 2 chân này.
* Chân PWM (~): 3, 5, 6, 9, 10 và 11 giúp bạn xuất ra các xung PWM với độ phân giải 8bit (giá trị từ 0 → tương ứng với 0V → 5V) bằng hàm analogWrite() với hàm này có thể điều chỉnh được điện áp đầu ra ở các chân với mức từ 0V đến 5V chứ không cố định là 0V hoặc 5V.
* Chân giao tiếp SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ngoài chức năng thông thường thì 4 chân này còn dùng để truyền phát dữ liệu bằng giao thức SPI với các thiết bị khác.
* LED 13: Chân số 13 được nối với một đèn led màu cam (kí hiệu chữ L). Khi bấm nút Reset, sẽ thấy đèn nhấp nháy báo hiệu.

Một số chân analog (A0 → A5):

* Để đọc giá trị điện áp trong khoảng 0V → 5V. Với chân AREF trên board, có thể đưa vào điện áp tham chiếu khi sử dụng các chân analog. Tức nếu cấp điện áp 2.5V vào chân analog thì sẽ có thể dùng chân analog đó để đo điện áp trong khoảng 0V → 2.5V.
* Hai chân A4 (SDA) và A5 (SCL) hỗ trợ giao tiếp I2C với các tiết bị khác.

Arduino Uno R3 được kết nối trực tiếp với máy tính thông qua USB, để máy tính có thể giao tiếp được với Arduino thì thường qua một phần mềm lập trình và biên dịch Arduino IDE, hoặc kết nối thông qua tệp lệnh Arduino-Cli trên của sổ Terminal.

### 2.1.2: Giới thiệu về chip ATmega328p

A picture containing electronics, circuit

Description automatically generated

Hình 2. 2: Chip ATmega328p

**Thông số kĩ thuật:**

* Bộ nhớ Flash 32KB: Những đoạn lệnh lập trình được biên dịch và lưu trữ trong bộ nhớ Flash của vi điều khiển. Thư ờng sẽ có khoảng vài KB trong đó được làm Bootloader.
* Bộ nhớ SRAM 2KB: Những giá trị, các biến khai báo khi lập trình sẽ được lưu ở đây, dữ liệu sẽ bị mất khi khởi động lại.
* Bộ nhớ EEPROM 1KB: là nơi có thể đọc và ghi dữ liệu, mà khi không cấp điện cho chip thì dữ liệu vẫn được lưu lại.
* Xung nhịp 16MHz.

**Sơ đồ chân ATmega328p:**

Table

Description automatically generated

Hình 2. 3: Sơ đồ chân ATmega328p

Bảng 2. 2: Chức năng chân ATmega328p

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Thứ tự chân** | **Mô tả** | **Chức năng** | **Mô tả chức năng** |
| 1 | PC6 | Reset | Khi chân reset ở mức thấp, bộ vi điều khiển và chương trình sẽ được reset |
| 2 | PD0 | Chân kỹ thuật số (RX) | Chân đầu vào cho giao tiếp nối tiếp |
| 3 | PD1 | Chân kỹ thuật số (TX) | Chân đầu ra cho giao tiếp nối tiếp |
| 4 | PD2 | Chân kỹ thuật số | Chân 4 được sử dụng làm ngắt ngoài 0 |
| 5 | PD3 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Chân 5 được sử dụng làm ngắt ngoài 1 |
| 6 | PD4 | Chân kỹ thuật số | Chân 6 được sử dụng cho nguồn bộ đếm bên ngoài Timer0 |
| 7 | VCC | Điện áp dương | Nguồn dương của hệ thống |
| 8 | GND | Nối đất | Nối đất của hệ thống |
| 9 | XTAL | Dao động tinh thể | Chân này nối với một chân của bộ dao động tinh thể để cung cấp xung nhịp bên ngoài cho chip |
| **Thứ tự chân** | **Mô tả** | **Chức năng** | **Mô tả chức năng** |
| 10 | XTAL | Dao động tinh thể | Chân này nối với một chân còn lại của bộ dao động tinh thể để cung cấp xung nhịp bên ngoài cho chip |
| 11 | PD5 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Chân 11 được sử dụng cho nguồn bộ đếm bên ngoài Timer1 |
| 12 | PD6 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Bộ so sánh analog dương |
| 13 | PD7 | Chân kỹ thuật số | Bộ so sánh analog âm |
| 14 | PB0 | Chân kỹ thuật số | Nguồn đầu vào bộ đếm hoặc bộ hẹn giờ |
| 15 | PB1 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Bộ đếm được hẹn giờ so sánh khớp A |
| 16 | PB2 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Chân này hoạt động như lựa chọn slave |
| 17 | PB3 | Chân kỹ thuật số (PWM) | Chân này được sử dụng làm đầu ra dữ liệu master và đầu vào dữ liệu slave cho SPI |
| 18 | PB4 | Chân kỹ thuật số | Chân này hoạt động như một đầu vào xung nhịp master và đầu ra xung nhịp slave |
| 19 | PB5 | Chân kỹ thuật số | Chân này hoạt động như một đầu ra xung nhịp master và đầu vào xung nhịp slave cho SPI |
| 20 | AVcc | Điện áp dương | Điện áp dương cho ADC (nguồn) |
| 21 | AREF | Tham chiếu analog | Điện áp tham chiếu analog cho ADC (Bộ chuyển đổi analog sang kỹ thuật số) |
| 22 | GND | Nối đất | Nối đất của hệ thống |
| 23 | PC0 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 0 |
| 24 | PC1 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 1 |
| 25 | PC2 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 2 |
| 26 | PC3 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 3 |
| **Thứ tự chân** | **Mô tả** | **Chức năng** | **Mô tả chức năng** |
| 27 | PC4 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 4. Chân này cũng có thể được sử dụng làm kết nối giao diện nối tiếp cho dữ liệu. |
| 28 | PC5 | Đầu vào analog | Đầu vào analog giá trị kỹ thuật số kênh 5. Chân này cũng được sử dụng như dòng xung nhịp giao diện nối tiếp. |

## 2.2 Tìm hiểu về IC ULN2003

### 2.2.1 Giới thiệu ULN2003

ULN2003 có nhiều chức năng. Nó được thiết kế bảy Transistor Darlington có thể điều khiển 7 tải cùng một lúc. Có 16 chân giúp người dùng lắp đặt IC với bất kỳ mạch điện nào mà không tốn quá nhiều diện tích bo mạch. Mỗi cặp Darlington có thể xử lý tải tối đa 500mA, trong khi giá trị đỉnh là 600mA. Tương tự, điện áp đầu ra tối đa của mỗi cặp Darlington là 50V.

A picture containing text, electronics, circuit

Description automatically generated

Hình 2. 4: IC ULN2003

### 2.2.2 Sơ đồ chân ULN2003

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Hình 2. 5: Sơ đồ chân IC ULN2003

Bảng 2. 3: Chi tiết sơ đồ chân IC ULN2003

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Số chân** | **Tên chân** | **Mô tả** |
| 1 đến 7 | Input 1 đến Input 7 | Bảy chân đầu vào của cặp Darlington, mỗi chân được kết nối với cực gốc của transistor và có thể được kích hoạt bằng cách sử dụng + 5V |
| 8 | Ground | Điện áp tham chiếu đất 0V |
| 9 | COM | Được sử dụng làm chân kiểm tra hoặc chân triệt điện áp (tùy chọn để sử dụng) |
| 10 đến 16 | Output 1 đến Output 7 | Đầu ra tương ứng của bảy chân đầu vào. Mỗi chân đầu ra sẽ chỉ được nối đất khi chân đầu vào tương ứng của nó ở mức cao (+ 5V) |

### 2.2.3 Tính năng IC ULN2003

* Hoạt động có điện áp DC cao cực đại khoảng 50V
* Có một bản sản xuất khác với điện áp cực đại 100V.
* Dòng điện tối đa là 500mA ở mối đầu vào.
* Dải dòng điện có thể tăng lên bằng cách kết hợp hai chân cho cùng một tải.
* Có một diode zenner để bảo vệ thiết bị khỏi suất điện động ngược
* ULN2003 có một hệ thống bảo vệ flyback bên trong và có một chân có thể sử dụng cho tải cảm.
* Có thể điều khiển bằng bất kỳ thiết bị điện áp thấp nào như Arduino, Vi xử lý hoặc bất kỳ bộ điều khiển hoặc IC nào khác.
* Có tất cả các package như SOP, PDIP, TSSOP hoặc SOIC
* Đầu ra ULN2003 tương thích chuẩn logic TTL và CMOS 5V
* Hoạt động không cần sử dụng nguồn điện mắc trực tiếp.

## 2.3 Động cơ bước 28BYJ-48

### 2.3.1 Giới thiệu động cơ bước 28BYJ-48 5V

28BYJ-48 là động cơ bước 5V đơn cực nhận tín hiệu điện làm đầu vào và quay bằng cách chuyển đổi các tín hiệu đầu vào thành chuyển động quay cơ học. Nó bao gồm 4 cuộn dây cố định điện áp định mức ở + 5V. 4 trong 5 dây này được kết nối với 2 cuộn dây trong động cơ và 1 dây là dây nguồn chung cho cả 2 cuộn dây. Mỗi bước của động cơ quét 1 góc 5.625 độ, vậy để quay 1 vòng động cơ phải thực hiện 64 bước.

A picture containing text

Description automatically generated

Hình 2. 6: Động cơ bước 28BYJ-48

### 2.3.2 Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48

Diagram

Description automatically generated

Hình 2. 7: Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Thứ tự** | **Tên chân** | **Màu dây** | **Mô tả** |
| 1 | Coil 1 | Orange | Động cơ có tổng cộng 4 cuộn dây. Một đầu của tất cả các cuộn dây được nối với dây + 5V (Red) và đầu còn lại của mỗi cuộn dây được nối với màu dây tương ứng là Orange, Pink, Yellow và Blue |
| 2 | Coil 2 | Pink |
| 3 | Coil 3 | Yellow |
| 4 | Coil 4 | Blue |
| 5 | +5V | Red | Nên cấp nguồn + 5V cho dây này |

Bảng 2. 4: Mô tả động cơ bước 28BYJ-48

**Thông số kỹ thuật**

|  |  |
| --- | --- |
| Điện thế hoạt động | 5V |
| Số pha | 4 |
| Tỉ lệ bánh răng | \*64 |
| Một bước tương đương | 5.625° (64 bước) |
| Tần số | 100Hz |
| Điện trở trong | 50Ω ±7% |

Bảng 2. 5: Thông số động cơ bước 28BYJ-48

### 2.3.3 Động cơ bước sử dụng IC ULN2003

Kết nối các chân điều khiển số của Arduino với các chân đầu vào của IC điều khiển ULN2003A. Sử dụng phương pháp half-step để điều khiển.

Trong phương pháp half-step, cuộn dây 1 được cấp điện trước. Sau đó cấp điện cho cả cuộn 1 và cuộn 2 với nhau. Sau đó cấp nguồn cho cuộn 2. Thực hiện theo trình tự tương tự ở các bước tiếp theo.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Hình 2. 8: Kết nối động cơ với IC ULN2003

**Bảng trình tự điều khiển động cơ**

**Table

Description automatically generated**

Hình 2. 9: Trình tự điều khiển động cơ Half-Step

Để động cơ bước hoạt động, các cuộn dây phải được cấp nguồn theo đúng trình tự hợp lý được đề ra trong bảng.

Cách điều khiển:

Step 1 sẽ cấp điện vào cuộn A.

Step 2 sẽ cấp điện vào cuộn A, B.

Step 3 sẽ cấp điện vào cuộn B

…

Tiếp tục cấp điện lần lượt cho từng cuộn dây, động cơ sẽ quay 1 vòng. Để thực hiện hết 1 vòng quay ta phải thực hiện hết 64 step và mỗi step tương đương với 5,625°. Trình tự này có thể được lập trình bằng bất kì bộ vi điều khiển nào như Arduino, Raspberry Pi…

## 2.4 Động cơ Servo

Servo là một dạng động cơ điện đặc biệt. Không giống như động cơ thông thường cứ cắm điện vào là quay liên tục, servo chỉ quay khi được điều khiển với góc quay nằmtrong khoảng bất kì từ 0° - 180°. Mỗi loại servo có kích thước, khối lượng và cấu tạo khác nhau. Có loại thì nặng chỉ 9g (chủ yếu dùng trên máy bay mô mình), có loại thì sở hữu một momen lực bá đạo (vài chục Newton/m), hoặc có loại thì khỏe và nhông sắc chắc chắn...

Động cơ servo được thiết kế những hệ thống hồi tiếp vòng kín. Tín hiệu ra của động cơ được nối với một mạch điều khiển. Khi động cơ quay, vận tốc và vị trí sẽ được hồi tiếp về mạch điều khiển này. Nếu có bầt kỳ lý do nào ngăn cản chuyển động quay của động cơ, cơ cấu hồi tiếp sẽ nhận thấy tín hiệu ra chưa đạt được vị trí mong muốn. Mạch điều khiển tiếp tục chỉnh sai lệch cho động cơ đạt được điểm chính xác. Các động cơ servo điều khiển bằng liên lạc vô tuyến được gọi là động cơ servo RC (radio- controlled). Trong thực tế, bản thân động cơ servo không phải được điều khiển bằng vô tuyến, nó chỉ nối với máy thu vô tuyến trên máy bay hay xe hơi. Động cơ servo nhận tín hiệu từ máy thu này.

A picture containing gear

Description automatically generated

Hình 2. 10: Động cơ Servo

**Ưu điểm:**

* Nếu tải đặt vào động cơ tăng, bộ điều khiển sẽ tăng dòng tới cuộn dây động cơ giúp tiếp tục quay. Tránh hiện tượng trượt bước như trong động cơ bước.
* Có thể hoạt động ở tốc độ cao.

**Nhược điểm:**

* Động cơ servo hoạt động không trùng khớp với lệnh điều khiển bằng động cơ bước.
* Giá thành cao.
* Khi dừng lại, động cơ servo thường dao động tại vị trí dừng gây rung lắc.

## 2.5 Mã lệnh G-CODE

Mã lệnh G-Code trong CNC được hiểu đơn giản là ngôn ngữ lập trình cho máy tính điều khiển số (Computer Numerical Control). Sử dụng mã G-code để chỉ thị vị trí cho máy CNC đi đến đâu và cách thức di chuyển.

 Mã lệnh G-Code trong CNC là ngôn ngữ lập trình chung cho hầu hết các máy CNC hiện nay, một chương trình G-Code phải thông qua các công cụ hoặc phần mềm để có thể thông báo và ra lệnh cho máy CNC biết phải di chuyển thế nào, với tốc độ bao nhiêu, tắt mở các thiết bị gì, quỹ đạo di chuyển như thế nào…

Text

Description automatically generated

Hình 3. 1: Mã G-Code vẽ hình vuông

G-Code có 2 nhóm lệnh chính là nhóm lệnh G và lệnh M:

**Nhóm lệnh G:**

* Là lệnh quy định sự dịnh chuyển.
* Là lệnh quy định chế độ làm việc của máy
* Lệnh G được mã hóa từ G00 cho đến G99, mỗi lệnh có các chức năng và yêu cầu riêng.

**Nhóm lệnh M:**

* Là lệnh quy định các chức năng phụ như bắt đầu, dừng, kết thúc, tắt mở một vài chức năng khác như bơm nước, trục chính v.v…
* Lệnh M được mã hóa từ M00 cho đến M99, mỗi lệnh có các chức năng và yêu cầu riêng.

**Tham số:**

Kèm theo lệnh G hoặc M là các tham số. Các tham số này quy định cho máy biết các giá trị đi kèm liền kề sau đó dùng cho mục đích gì? Các khoảng cách cần phải di chuyển hoặc điều khiển một thiết bị nào đó. Đây là vài tham số thông dụng & thường gặp:

* X, Y, Z, A, B, C là tọa độ theo các trục.
* I, J, K là tọa độ tâm cung tròn theo các trục tương ứng là X, Y, Z.
* F (feedrate) là điều khiển tốc độ.
* S (speed) là tốc độ của trục chính.

## 2.6 Kết luận chương 2

Ở chương 2, em đã tìm hiểu chi tiết tính năng của các linh kiện, cách hoạt động của từng linh kiện, thành phần có trong hệ thống để tạo nên mô hình máy vẽ CNC cơ bản và hoạt động ổn định.

# CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG

## 3.1 Thiết kế sơ đồ khối

Diagram

Description automatically generated

Hình 3. 2: Sơ đồ khối

## 3.2 Thiết kế phần cứng

### 3.2.1 Phần mềm thiết kế phần cứng Altium

Altium Designer trước kia có tên gọi quen thuộc là Protel DXP, là một trong những công cụ vẽ mạch điện tử mạnh nhất hiện nay. Được phát triển bởi hãng Altium Limited. Altium designer là một phần mềm chuyên nghành được sử dụng trong thiết kế mạch điện tử. Nó là một phần mềm mạnh với nhiều tính năng thú vị, tuy nhiên phần mềm này còn được ít người biết đến so với các phần mềm thiết kế mạch khác như orcad hay proteus.

A picture containing text, electronics

Description automatically generated

Hình 3. 3: Phần mềm vẽ mạch in Altium

Altium Designer có một số đặc trưng sau:

* Giao diện thiết kế, quản lý và chỉnh sửa thân thiện, dễ dàng biên dịch, quản lý file, quản lý phiên bản cho các tài liệu thiết kế.
* Hỗ trợ mạnh mẽ cho việc thiết kế tự động, đi dây tự động theo thuật toán tối ưu, phân tích lắp ráp linh kiện. Hỗ trợ việc tìm các giải pháp thiết kế hoặc chỉnh sửa mạch, linh kiện, netlist có sẵn từ trước theo các tham số mới.
* Mở, xem và in các file thiết kế mạch dễ dàng với đầy đủ các thông tin linh kiện, netlist, dữ liệu bản vẽ, kích thước, số lượng…
* Hệ thống các thư viện linh kiện phong phú, chi tiết và hoàn chỉnh bao gồm tất cả các linh kiện nhúng, số, tương tự…
* Đặt và sửa đối tượng trên các lớp cơ khí, định nghĩa các luật thiết kế, tùy chỉnh các lớp mạch in, chuyển từ schematic sang PCB, đặt vị trí linh kiện trên PCB.
* Mô phỏng mạch PCB 3D, đem lại hình ảnh mạch điện trung thực trong không gian 3 chiều, hỗ trợ MCAD-ECAD, liên kết trực tiếp với mô hình STEP, kiểm tra khoảng cách cách điện, cấu hình cho cả 2D và 3D
* Hỗ trợ thiết kế PCB sang FPGA và ngược lại.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 3. 4: Giao diện làm việc của phần mềm Altium

Việc thiết kế mạch điện tử trên phần mềm altium designer có thể được tóm tắt gồm các bước như sau:

* Đặt ra các yêu cầu bài toán.
* Lựa chọn linh kiện.
* Thiết kế mạch nguyên lý.
* Lựa chọn các chân linh kiện để chuyển sang mạch in Update mạch nguyên lý sang mạch in.
* Lựa chọn kích thước mạch in sắp sếp các vị trí các loại linh kiện như điện trở, tụ điện, IC...
* Đặt kích thước các loại dây nối.
* Đi dây trên mạch.
* Kiểm tra toàn mạch

### 3.2.2 Thiết kế mạch nguyên lý

Diagram, engineering drawing, schematic

Description automatically generated

Hình 3. 5: Sơ đồ nguyên lý hệ thống

Sơ đồ nguyên lý gồm có:

* Khối nguồn: sử dụng Adapter 220V xuống nguồn điện 5V một chiều, cấp nguồn điện cho IC ULN2003 để điều khiển động cơ bước.
* Khối vi điều khiển: chức năng chính nhận file Gcode từ máy tính và thực thi điều khiển IC ULN2003. Những chân được sử dụng: A0, A1, A2, A3, D2, D3, D4, D5, D11.
* Khối điều khiển trục X: sử dụng IC ULN2003 để điều khiển động cơ bước 28BYJ-48 theo trục X. Các chân I1, I2, I3, I4 được nối tương ứng với các chân D2, D3, D4, D5 trên Arduino Uno.
* Khối điều khiển trục Y: sử dụng IC ULN2003 để điều khiển động cơ bước 28BYJ-48 theo trục Y. Các chân I1, I2, I3, I4 được nối tương ứng với các chân A0, A1, A2, A3 trên Arduino Uno.
* Khối điều khiển trục Z: sử dụng động cơ MicroServo SG90 để điều khiển việc nhấc, hạ bút viết khi cần thiết. Chân tín hiệu của động cơ được nối với chân D11 trên Arduino Uno.

### 3.2.3 Thiết kế mạch in

Logo

Description automatically generated

Hình 3. 6: Mạch in 2D

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Hình 3. 7: Mạch in 3D

## 3.3 Lập trình vi điều khiển

### 3.3.1 Chương trình máy vẽ CNC

Chương trình điều khiển Arduino sử dụng để điều khiển “máy vẽ CNC” đòi hỏi độ chính xác rất cao. Do khả năng lập trình còn hạn chế, thời gian thực hiện đề tài gấp rút. Để đảm bảo hoàn thành đúng tiến độ được giao, hệ thống hoạt động đảm bảo những yêu cầu thiết kế đặt ra. Em xin phép được sử dụng chương trình GRBL Controller đã được nguyên cứu và thử nghiệm thành công.

GRBL là một phần mềm mã nguồn mở được viết bằng ngôn ngữ C đem lại hiệu suất ổn định cao, điều khiển các chuуển động của máу CNC rất dễ dàng. Vì thế chương trình GRBL cho Arduino trở thành một tiêu chuẩn công nghiệp, một bộ điều khiển CNC ᴠới giá thành rẻ ᴠà hiệu ѕuất cao. GRBL ѕử dụng G-code làm tín hiệu ᴠào, ᴠà tín hiệu ra dùng để điều khiển chuуển động thông qua Arduino.

### 3.3.2 Phần mềm lập trình Arduino IDE

Arduino IDE là một phần mềm mã nguồn mở chủ yếu được sử dụng để viết và biên dịch mã vào module Arduino.

Đây là một phần mềm Arduino chính thức, giúp cho việc biên dịch mã trở nên dễ dàng mà ngay cả một người bình thường không có kiến thức kỹ thuật cũng có thể làm được.

Nó có các phiên bản cho các hệ điều hành như MAC, Windows, Linux và chạy trên nền tảng Java đi kèm với các chức năng và lệnh có sẵn đóng vai trò quan trọng để gỡ lỗi, chỉnh sửa và biên dịch mã trong môi trường.

Có rất nhiều các module Arduino như Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro và nhiều module khác.

Mỗi module chứa một bộ vi điều khiển trên bo mạch được lập trình và chấp nhận thông tin dưới dạng mã.

Mã chính, còn được gọi là sketch, được tạo trên nền tảng IDE sẽ tạo ra một file Hex, sau đó được chuyển và tải lên trong bộ điều khiển trên bo.

Môi trường IDE chủ yếu chứa hai phần cơ bản: Trình chỉnh sửa và Trình biên dịch, phần đầu sử dụng để viết mã được yêu cầu và phần sau được sử dụng để biên dịch và tải mã lên module Arduino.

Môi trường này hỗ trợ cả ngôn ngữ C và C ++.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Hình 3. 8: Môi trường làm việc của Arduino IDE

Ưu điểm khi sử dụng phần mền Arduino IDE:

* Thư viện lập trình rất phong phú: **Arduino IDE** tích hợp với hơn 700 thư viện, được viết và chia sẻ bởi nhà phát hành **Arduino Software** và thành viên trong cộng đồng Arduino. Mọi người có thể tận dụng chúng cho dự án của riêng mình mà không cần phải bỏ ra bất kỳ chi phí nào.
* Giao diện người dùng đơn giản và dễ sử dụng: **Arduino IDE** có một giao diện đơn giản, dễ sử dụng giúp người dùng thuận tiện hơn trong thao tác.
* Hỗ trợ đa nền tảng: **Arduino IDE** hoạt động trên 3 hệ điều hành phổ biến nhất là **Windows**, **Mac OS** và **Linux**giúp người dùng có thể truy cập vào phần mềm ở bất cứ đâu, bất cứ khi nào miễn là họ có một cái máy tính.

### 3.3.3 Biên dịch và nạp chương trình cho Arduino

**Tải chương trình điều khiển Arduino:**

* Truy cập vào địa chỉ <https://github.com/ruizivo/GRBL-28byj-48-Servo> nhấn nút “Dowload Zip” để tải chương trình.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Hình 3. 9: Download chương trình điều khiển

* Mở phần mềm Arduino IDE tiến hành thêm chương trình. Chọn “Sketch” → “Include Library” → “Add .ZIP Library” → Chọn đến thư mục “grbl” trong thư mục “GRBL-28byj-48-Servo”

Graphical user interface, text, application, chat or text message

Description automatically generated

Hình 3. 10: Thêm thư viện grbl cho phần mềm Arduino IDE

**Biên dịch chương trình:**

* Mở tệp grblUpload, chọn “File” → “Examples” → “grbl” → “grblUpload”

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 3. 11: Mở tệp grblUpload

* Biên dịch chương trình, tích vào ô “Verify” góc bên trái màn hình để phần mềm Arduino kiểm tra lỗi và biên dịch chương trình. Nếu xuất hiện chữ “Done Compiling” là đã biên dịch thành công chương trình.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Hình 3. 12: Biên dịch chương trình grbl

**Nạp chương trình cho Arduino**

* Chọn định dạng mạch mà chúng ta cần nạp chương trình, ở đây em dùng mạch Arduino Uno. Chọn vào “Tool” → “Board” → “Arduino Uno”

**A screenshot of a computer

Description automatically generated**

Hình 3. 13: Chọn mạch cần nạp chương trình

* Kết nối Arduino Uno với máy tính, tiếp theo chọn “Tool” → chọn “Port” → chọn cổng kết giữa Arduino với máy tính, mặc định sẽ là cổng COM3.
* Tiếp theo, tiến hành nạp chương trình vào Arduino, tích vào nút “Upload” góc trái màn hình.

## 3.4 Phần mềm tạo G-code

### 3.4.1 Giới thiệu về phần mềm Inkscape

Inkscape là một trình soạn thảo đồ họa vector nguồn mở phổ biến có thể được sử dụng với máy cắt laser và các loại máy vẽ, sử dụng biên dạng 2D khác. Là phần mềm miễn phí, nên có thể tải về và cài đặt cực kỳ dễ dàng.

Các tính năng được hỗ trợ bao gồm: hình dạng, nét vẽ, văn bản, điểm đánh dấu, bản sao, kết hợp kênh alpha, phép biến đổi, độ dốc, mẫu và nhóm. Inkscape cũng hỗ trợ chỉnh sửa các nút, các lớp, các thao tác phức tạp với các nét vẽ, vector hóa các tệp đồ họa, văn bản trong các nét vẽ, căn chỉnh văn bản, chỉnh sửa XML trực tiếp và hơn thế nữa. Nó có thể nhập các định dạng như Postscript, EPS, JPEG, PNG, TIFF và xuất PNG cũng như nhiều định dạng dựa trên vector.

Graphical user interface, text, application, Word

Description automatically generated

Hình 3. 14: Giao diện làm việc của Inkscape

### 3.4.2 Cài đặt phần mềm và sử dụng

Truy cập vào đường dẫn <https://inkscape.org/release/inkscape-0.48.5/> để tải phần mềm, sau khi cài đặt, chúng ta phải thêm chương trình G-code mở rộng để có thể tạo tệp G-code.

Sau khi đã tải và cài đặt phần mềm (theo hướng dẫn) chúng ta mở phần mềm lên và cài đặt môi trường làm việc.

Để tạo một file làm việc mới, ta bấm chọn “File” → “New” → “Default” để tạo một môi trường làm việc mới.

Sau đó vào “File” → “Document Properties” và tùy chỉnh các thông số như sau:

* Đơn vị: chuyển đơn vị làm việc từ px sang mm.
* Kích thước vùng làm việc: Là kích thước của phôi, thông thường thì ta sẽ cho kích thước của phôi nhỏ hơn kích thước của mặt bàn. (Ví dụ : mặt bàn có kích thước dài 15cm và rộng là 21cm thì ta chọn kích thước của vùng làm việc là dài 14cm và rộng là 15cm.).
* Bỏ chọn phần “Show boder shadow”

Graphical user interface

Description automatically generated

Hình 3. 15: Cài đặt cơ bản cho phần mềm Inkspace

**Ví dụ tạo file G-code cơ bản:**

Chọn “File” → “Import” chọn đến file hình ảnh cần tạo G-code

Graphical user interface, application, PowerPoint

Description automatically generated

Hình 3. 16: Import file hình ảnh vào Inkspace

Tiếp theo, chọn “Path” → “Object to path” → “Trace Bitmap”. Tích vào ô “Edge detection” và nhấn “Update”

Graphical user interface

Description automatically generated

Hình 3. 17:Chuyển hình ảnh sang Bitmap trong Inspace

Lưu file dưới định dạng G-code, “File” → “Save as”

Graphical user interface, application, Word

Description automatically generated

Hình 3. 18: Hình ảnh Bitmap

Tùy chỉnh thông số file G-Code

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Hình 3. 19: Tùy chỉnh thông số file G-Code

* Servo Up (M3): Bật động cơ trục chính- chiều quay Thuận (M03), quay Ngược (M04) chiều kim đồng hồ.
* Servo Down (M5): Dừng động cơ trục trính.
* X axis speed (mm/min): Tùy chỉnh tốc độ vẽ trục X của máy CNC 250mm/phút.
* Y axis speed (mm/min): Tùy chỉnh tốc độ vẽ trục Y của máy CNC 250mm/phút.
* Angle of servo: Tùy chỉnh góc xoay của servo.
* Delay (s): Thời gian chờ sau mỗi câu lệnh G-Code.

## 3.5 Chương trình điều khiển (Universal Gcode Sender)

**Universal Gcode Sender là phần mềm được xây dựng theo ngôn ngữ Java, hỗ trợ người dùng điều khiển máy phay bằng cách gửi các lệnh G-code. Phần mềm Universal Gcode Sender chạy trên các nền tảng hệ điều hành Windows, Linux, MacOS và Raspberry Pi…**

Universal Gcode Sender Version 2.0.11 có giao diện người dùng đơn giản với cửa sổ chính hiển thị thông tin cơ bản về kết nối và tổng trạng thái của máy tính theo mô hình gia công ba chiều và các vị trí chung của vật thể. Các khu vực còn lại trên giao diện gồm một bảng điều khiển và bảng lệnh, cùng một phần chuyên điều chỉnh thông số chính xác.

Graphical user interface

Description automatically generated

Hình 3. 20: Giao diện làm việc của Universal Gcode Sender

**Các tính năng chính của Universal Gcode Sender**

* Gửi lệnh G-code tới máy CNC.
* Hỗ trợ hệ điều hành OS X, Linux, Raspberry Pi.
* Giao diện người dùng đơn giản.
* Cắt vật thể với độ chính xác cao.
* Tích hợp công cụ G-code Visualizer.