**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**

**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

Phạm Văn Hiệp

MỤC LỤC

[HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN> 1](file:///C:\Users\hiep\Documents\TinyCNC_Plotter\doc\cnc.docx#_Toc103717961)

[HÀ NỘI - 20< hai số cuối của năm bảo vệ ĐATN> 1](file:///C:\Users\hiep\Documents\TinyCNC_Plotter\doc\cnc.docx#_Toc103717962)

[DANH MỤC VIẾT TẮT 7](#_Toc103717963)

[DANH MỤC HÌNH ẢNH 8](#_Toc103717964)

[DANH MỤC BẲNG BIỂU 9](#_Toc103717965)

[LỜI NÓI ĐẦU 10](#_Toc103717966)

[CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI 11](#_Toc103717967)

[1.1 Khái niệm về máy CNC 11](#_Toc103717968)

[1.2 Phân loại mô hình máy CNC 11](#_Toc103717969)

[1.3 Các đặc trưng của máy CNC 13](#_Toc103717970)

[1.3.1 Ưu điểm 13](#_Toc103717971)

[1.3.2 Nhược điểm 13](#_Toc103717972)

[1.4 Đề xuất giải pháp thiết kế mô hình máy vẽ CNC 14](#_Toc103717973)

[1.5 Kết luận chương 1 14](#_Toc103717974)

[CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT 15](#_Toc103717975)

[2.1 Tìm hiểu về Arduino Uno R3 15](#_Toc103717976)

[2.1.1 Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3 16](#_Toc103717977)

[2.1.2: Giới thiệu về chip ATmega328p 18](#_Toc103717978)

[2.2 Tìm hiểu về IC ULN2003 21](#_Toc103717979)

[2.2.1 Giới thiệu ULN2003 21](#_Toc103717980)

[2.2.2 Sơ đồ chân ULN2003 22](#_Toc103717981)

[2.2.3 Tính năng IC ULN2003 23](#_Toc103717982)

[2.3 Động cơ bước 28BYJ-48 23](#_Toc103717983)

[2.3.1 Giới thiệu động cơ bước 28BYJ-48 5V 23](#_Toc103717984)

[2.3.2 Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48 24](#_Toc103717985)

# DANH MỤC VIẾT TẮT

# DANH MỤC HÌNH ẢNH

[Hình 1. 1: Hình ảnh máy CNC trong thực tế 10](#_Toc103717887)

[Hình 1. 2: Loại máy CNC điều khiển điểm 11](#_Toc103717888)

[Hình 1. 3: Loại máy CNC điều khiển đoạn thẳng 11](#_Toc103717889)

[Hình 1. 4: Loại máy CNC điều khiển đường 12](#_Toc103717890)

[Hình 2. 1: Arduino Uno R3 14](#_Toc103717891)

[Hình 2. 2: Chip ATmega328p 17](#_Toc103717892)

[Hình 2. 3: Sơ đồ chân ATmega328p 18](#_Toc103717893)

[Hình 2. 4: IC ULN2003 20](#_Toc103717894)

[Hình 2. 5: Sơ đồ chân IC ULN2003 21](#_Toc103717895)

[Hình 2. 6: Động cơ bước 28BYJ-48 22](#_Toc103717896)

[Hình 2. 7: Sơ đồ động cơ bước 28BYJ-48 23](#_Toc103717897)

# DANH MỤC BẲNG BIỂU

[Bảng 2. 1: Thông số kĩ thuật của Arduino Uno R3 15](#_Toc103717878)

[Bảng 2. 2: Chức năng chân ATmega328p 18](#_Toc103717879)

[Bảng 2. 3: Chi tiết sơ đồ chân IC ULN2003 21](#_Toc103717880)

[Bảng 2. 4: Mô tả động cơ bước 28BYJ-48 23](#_Toc103717881)

# LỜI NÓI 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 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