

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**  
**KHOA CƠ KHÍ**  
**BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ**



**ĐỒ ÁN CHUYÊN NGÀNH (ME4071)**

**Đề tài: Robot dò line tránh vật cản**

**Giáo viên hướng dẫn:**  
**Th.s Trần Việt Hồng**

**Sinh viên thực hiện:**  
**Trần Hoàng Minh Nhựt – 2010499**

**Học kỳ: HK231**  
**Lớp: L02**

**Tp. Hồ Chí Minh, tháng 12/2023**

## LỜI CẢM ƠN

Đối với những người công nhân, kỹ sư, sinh viên học tập và làm việc trong các ngành kỹ thuật, cơ khí, điện tử, xây dựng... Hiểu được cách thức máy móc vận hành là một kiến thức vô cùng quan trọng. Đồ án chuyên ngành là môn học giúp học sinh tiến gần hơn đến thực tế, áp dụng các kiến thức của mình vào máy móc, vi mạch. giúp học sinh nắm được các kiến thức cơ bản về các chi tiết, bộ phận của máy, hiểu biết về cách chúng hoạt động, tạo ra một hệ thống cơ điện tử đầy đủ. Bên cạnh đó học sinh còn có thể định hướng được thể mạnh và sở thích của mình, nghề nghiệp trong tương lai.

Đó là lý do em thực hiện báo cáo này để đúc kết những nội dung, ôn lại các kiến thức đã học và cũng là minh chứng quá trình học tập của học sinh.

Trong suốt quá trình học tập và thực hiện vừa qua, em xin cảm ơn thầy Trần Việt Hồng. Thầy đã tận tình tháo gỡ những khó khăn, vướng mắc, định hướng cho em cách giải quyết vấn đề một cách hiệu quả và phù hợp nhất. Thầy đã truyền đạt những kinh nghiệm và sự hiểu biết sâu sắc về khoa học một cách dễ hiểu nhất đối với sinh viên và qua đó em học được rất nhiều từ thầy phương pháp nghiên cứu và giải quyết vấn đề giúp em có thể hoàn thành bài báo cáo này.

Hạn chế của quá trình thực hiện có thể do kiến thức sinh viên chưa vững vàng, kinh nghiệm chưa nhiều. Tất cả chúng đều có thể dẫn đến những sai sót khi trình bày. Em rất mong thầy/cô, mọi người thông cảm cho sự sai sót này.

Em xin chân thành cảm ơn!

TP Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 07 năm 2023

Sinh viên thực hiện

**Trần Hoàng Minh Nhựt**

## MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI .....</b>	<b>1</b>
1.1 Các thông tin về đề tài và đề bài đặt ra:.....	1
1.2 Các nghiên cứu về đề tài: .....	2
1.2.1 Phân loại mobile robot: .....	2
1.2.2 Ứng dụng mobile robot: .....	3
1.2.3 Tìm hiểu về AGV: .....	4
1.2.4 Các phương pháp dẫn đường cho Robot .....	5
1.3 Các nghiên cứu về đề tài: .....	8
1.4 Xác định thông số kỹ thuật: .....	10
<b>CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN .....</b>	<b>11</b>
2.1 Phần cơ khí .....	11
2.2 Lựa chọn phần điện cho xe: .....	15
2.2.1 Lựa chọn bộ điều khiển:.....	15
2.2.2 Lựa chọn hệ cảm biến: .....	16
2.2.3 Lựa chọn driver .....	19
2.3 Điều khiển .....	21
Lựa chọn phương án điều khiển .....	21
2.2.4 Lựa chọn bộ điều khiển.....	23
<b>CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ KHÍ.....</b>	<b>24</b>
3.1 Lựa chọn bánh chủ động.....	24
3.2 Tính toán chọn động cơ.....	24
3.3 Tính khoảng cách giữa hai bánh chủ động .....	27
3.4 Xác định hàm truyền động cơ: .....	29
3.4.1 Khảo sát đặc tính của động cơ.....	29
3.4.2 Xác định thời gian lấy mẫu .....	30

3.4.3 Khảo sát khoảng tuyến tính của động cơ.....	30
<b>CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Thiết kế dây cảm biến dò line.....	35
4.1.1 Thông số kỹ thuật.....	35
4.1.2 Sơ đồ điện của cảm biến.....	35
4.1.3 Độ phân giải .....	38
4.1.4 Tính chiều cao đặt cảm biến.....	39
4.1.5 Bố trí cảm biến.....	40
4.1.6 Thực nghiệm cảm biến .....	42
4.2 Tính chọn cảm biến vật cản.....	42
4.3 Sơ đồ khối nguyên lý hệ thống điện.....	47
4.4 Tính toán nguồn điện .....	49
4.5 Lưu đồ giải thuật.....	50
<b>CHƯƠNG 5: MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG .....</b>	<b>53</b>
5.1 Mô hình hóa động học hệ thống .....	53
5.2 Mô phỏng trên Matlab .....	56
<b>CHƯƠNG 6: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM .....</b>	<b>60</b>
6.1 Mô hình thực nghiệm .....	60
6.2 Đánh giá và kết luận.....	61
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	<b>63</b>

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

## 1.1 Các thông tin về đề tài và đề bài đặt ra:

Robot dò line (Line Following Robot) là một dạng robot di động (Mobile Robot) di chuyển bằng các bánh xe. Robot sẽ di chuyển bám theo các đường line được kẻ/vẽ/dán trên bề mặt sa bàn. Quỹ đạo di chuyển của Robot phụ thuộc vào sa bàn của hệ thống các đường line được kẻ/vẽ/dán sẵn.

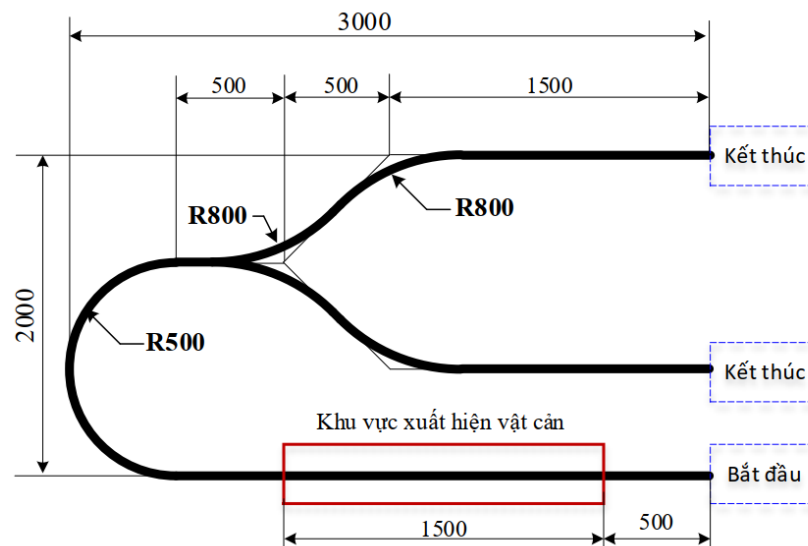
Robot dò line có thể được sử dụng cho các mục đích quân sự, dịch vụ giao hàng, hệ thống vận chuyển... Hơn nữa, có nhiều các cuộc thi về robot dò line được tổ chức khắp nơi trên thế giới: All Japan Robot Race, MCU Car Rally, LVBots, Cosmobot...

### Yêu cầu đề bài:

Mô tả sa bàn:

- ☐ Màu sắc đường line: đen.
- ☐ Màu nền: trắng.
- ☐ Bề rộng đường line: 26 mm.
- ☐ Bề mặt địa hình hình di chuyển: phẳng.

Robot bắt buộc phải chạy theo chiều quy định đã ghi trên sa bàn (Hình 1.1). Khi bắt đầu, robot được đặt tại vị trí “bắt đầu” sau đó robot tránh vật cản trên đường đi và theo line chạy đến một trong hai điểm đích “kết thúc”, cấu tạo của sa bàn như sau:



Hình 1.1 Sơ đồ sa bàn cho robot dò line tránh vật cản.

Bên cạnh đó còn các ràng buộc về xe dò line như sau:

- Tốc độ tối thiểu của robot: 0,1 m/s.
- Sai số bám đường (tính từ mép trái hoặc mép phải của đường line):  $\pm 3\text{mm}$ .
- Sai số vị trí dừng cuối đường dẫn là  $\pm 5\text{mm}$ .
- Vật cản là khối hình hộp chữ nhật có kích thước 50x50x200 mm.

## 1.2 Các nghiên cứu về đề tài:

Cùng với sự phát triển không ngừng của các ngành khoa học kỹ thuật, các ngành công nghiệp cũng phát triển nhanh chóng. Việc áp dụng các máy móc hiện đại vào sản xuất là yêu cầu cần thiết trong các nhà máy nhằm tăng năng suất, tăng chất lượng và giảm giá thành sản phẩm. Đi cạnh với sự phát triển đó, Robotics cũng phát triển nhanh chóng nhằm đáp ứng các nhu cầu về sản xuất, sinh hoạt, an ninh quốc phòng,... Mobile robot là một họ trong robot với những đặc thù riêng mà những loại robot khác không có, *khả năng tự di chuyển*, có nghĩa là chúng có khả năng tự điều hướng trong một môi trường không biết trước mà không cần các thiết bị hướng dẫn vật lý hoặc cơ điện. Ngoài ra, mobile robot có thể dựa vào các thiết bị hướng dẫn cho phép nó di chuyển trên tuyến đường dẫn được xác định trước trong không gian được cho trước (robot tự điều khiển).

### 1.2.1 Phân loại mobile robot:

Robot di chuyển bằng bánh xe:



Hình 0.2: Robot di chuyển bằng bánh xe

Robot di chuyển bằng xích



Hình 0.3: Robot di chuyển bằng xích

Robot có chân, giống người hay động vật



Hình 0.4: Robot di chuyển bằng chân giống động vật

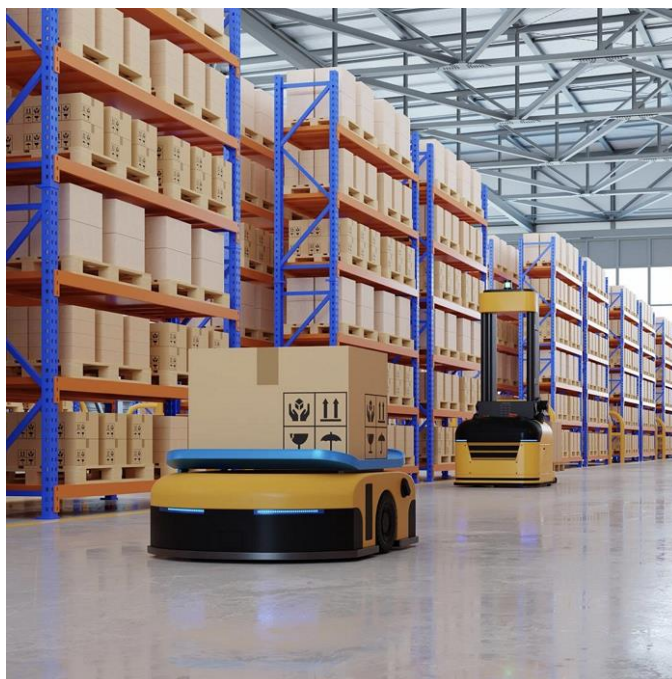


Hình 0.5: Robot di chuyển bằng chân giống con người

### 1.2.2 Ứng dụng mobile robot:

Robot mobile được ứng dụng trong mọi lĩnh vực của cuộc sống như trong gia đình có robot hút bụi; trong y tế có robot y tá; trong dịch vụ có robot khách sạn; trong công nghiệp có robot vận chuyển;... Ngoài ra, mobile robot thay thế con người thực hiện những công việc khó khăn hoặc thậm chí không thực hiện được với độ chính xác cao như dọn dẹp lò phản ứng hạt nhân, thám hiểm vũ trụ,...

Trong công nghiệp, mobile robot thường được sử dụng chủ yếu để di chuyển các thiết bị, hàng hóa và mang vác các vật liệu nặng. Mobile robot được ứng dụng đặc biệt rộng rãi trong các kho hàng để vận chuyển, sắp xếp và phân phối hàng hóa. Robot thường được dẫn hướng bằng các đường line, bằng thanh ray, bằng từ đặt dưới sàn hoặc bằng laser,...



Hình 0.6: Xe tự hành AGV được sử dụng trong kho hàng

#### **- Automated Guided Vehicles (AGV):**

AGV là loại xe sử dụng các công nghệ dẫn đường để vận chuyển hàng hóa, nguyên vật liệu đến những địa điểm đã được đánh dấu sẵn mà không cần đến sự can thiệp của con người.

Các công nghệ dẫn đường cho xe AGV có thể kể đến như: điều hướng bằng line, điều hướng bằng từ tính gồm dây từ hay điểm từ, điều hướng bằng mã QR; điều hướng bằng laser; điều hướng bằng con quay hồi chuyển, điều hướng bằng GPS, điều hướng tổng hợp.

#### **- Autonomous Mobile Robot (AMR):**

Robot AMR giống với AGV là loại robot dùng để vận chuyển hàng hóa từ nơi này đến nơi khác trong nhà máy. Những AMR dựa trên những công nghệ mới giúp chúng nhanh hơn, thông minh hơn và hiệu quả hơn so với AGV do khả năng di chuyển không cần chỉ dẫn. Cụ thể là khả năng tự hoạch định đường đi để né tránh, chọn đường ngắn nhất.

#### **1.2.3 Tìm hiểu về AGV:**

AGV là viết tắt của Automation Guided Vehicle, là loại xe sử dụng các công nghệ dẫn đường để vận chuyển hàng hóa, nguyên vật liệu đến những địa điểm đã được đánh dấu sẵn mà không cần đến sự can thiệp của con người. Để hiểu hơn xe tự hành AGV hay còn được gọi là Robot kéo hàng, Robot vận chuyển hàng tự động.

Phân loại AGV robot

- AGV dạng kéo
- AGV dạng chở
- AGV dạng đẩy

**Cấu thành cơ bản của một AGV:**



- Cảm biến dùng để dò đường
- Cảm biến giúp tránh vật cản
- Động cơ
- Bộ nguồn
- Bộ xử lý, điều khiển trung tâm
- Khung xe

#### 1.2.4 Các phương pháp dẫn đường cho Robot

##### *Dẫn đường bằng thanh ray cứng*

Ưu điểm: Đơn giản, ổn định, dễ dàng lắp đặt và vận hành

Nhược điểm: Quãng đường di chuyển gần như cố định, tính thẩm mỹ không cao, tính linh hoạt thấp



Hình 0.7: Dẫn đường bằng đường ray

##### *Dẫn đường bởi băng từ*

Dải từ được dán trên sàn, robot sử dụng các cảm biến để bám theo băng từ

Ưu điểm: Di chuyển chính xác, dễ dàng thay đổi hướng đi, chi phí thấp, không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng, bụi bẩn

Nhược điểm: Độ bền thấp, phải thường xuyên bảo trì, không phù hợp với các dự án có yêu cầu lộ trình phức tạp



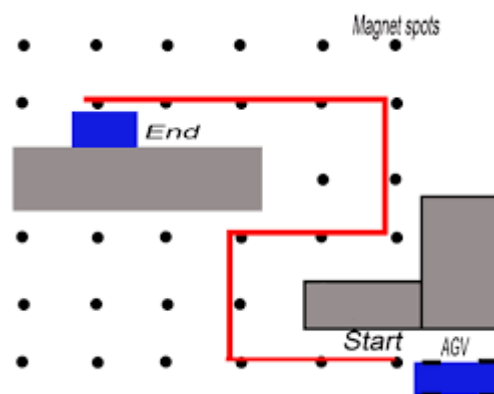
Hình 0.8: Dẫn đường bằng băng từ

### *Dẫn đường bởi điểm từ*

Các điểm từ được đặt cách nhau tạo thành một mạng lưới. Robot sẽ di chuyển từ điểm này đến điểm khác thông qua cảm biến mã hóa, bộ đếm, con quay hồi chuyển,..

Ưu điểm: Dễ lắp đặt, chính xác, ít bị hư hại do các yếu tố bên ngoài.

Nhược điểm: Lắp đặt lâu, di chuyển phức tạp, chi phí lắp đặt lớn, tính linh hoạt kém, chi phí thay đổi cao.



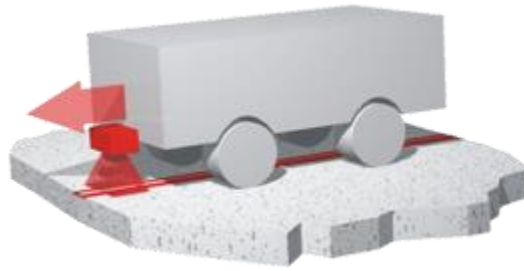
Hình 0.9: Dẫn đường bằng điểm từ

### *Dẫn đường bằng cảm biến quang học*

Sử dụng cảm biến quang học để điều khiển robot đi theo các đường màu trên sàn.

Ưu điểm: Lắp đặt nhanh, dễ thực hiện, thay đổi điều chỉnh lại dễ dàng, chi phí thấp, dễ thực hiện.

Nhược điểm: Các vạch dẫn trên bề mặt nên dễ bị nhiễm bẩn, hư hại bởi các yếu tố ngoại quan. Dễ bị ảnh hưởng bởi điều kiện ánh sáng.



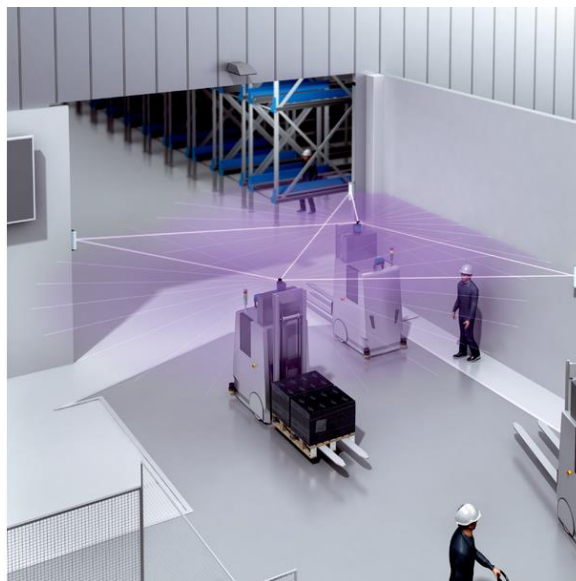
Hình 0.1: Dẫn đường bằng cảm biến quang học

### *Dẫn đường bằng laser*

Robot sử dụng bộ thu phát Laser và đo khoảng cách đến các điểm cố định (tấm gương) được lắp đặt trong nhà máy từ đó xác định được vị trí trong nhà máy và đường di chuyển.

Ưu điểm: Dễ lắp đặt, không ảnh hưởng khu vực lắp đặt, độ chính xác cao, tốc độ nhanh, không tốn chi phí bảo trì.

Nhược điểm: Phức tạp, khi cần thay đổi, khách hàng phải nhờ sự trợ giúp từ nhà cung cấp, giá thành cao.



Hình 0.10: Dẫn đường bằng laser

### *Dẫn đường bằng camera*

Robot sử dụng Camera để thu thập hình ảnh môi trường xung quanh và từ đó xác định vị trí và đường di chuyển tiếp theo.

Ưu điểm: Độ chính xác cao, phù hợp với các khu vực phức tạp.

Nhược điểm: Công nghệ phức tạp, đòi hỏi phải xử lý lượng dữ liệu lớn, thường chỉ được sử dụng cho một số ứng dụng đặc thù.



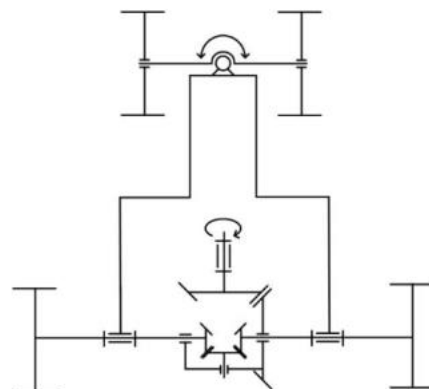
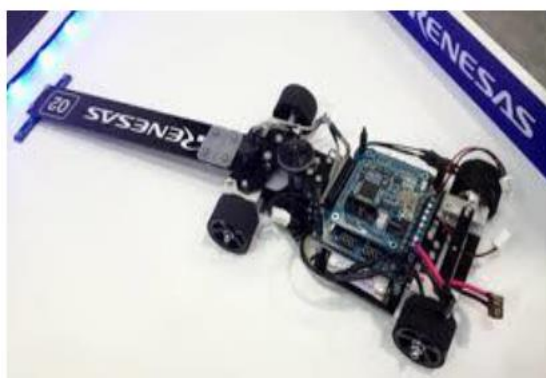
Hình 0.2: Dẫn đường bằng camera

### 1.3 Các nghiên cứu về đề tài:

#### Xe FH Westküste

Là robot dò line của đội vô địch cuộc thi MCU Car Rally được tổ chức tại Nuremberg năm 2015.

Xe có cấu tạo giống xe đua thực tế với gầm thấp và thân dài về phía trước. Xe sử dụng cơ cấu lái Ackerman, hai bánh trước được cố định trực tiếp với khung cảm biến servo nhằm điều hướng cho xe, động cơ sau tạo lực đẩy xe tiến lên thông qua cơ cấu vi sai.



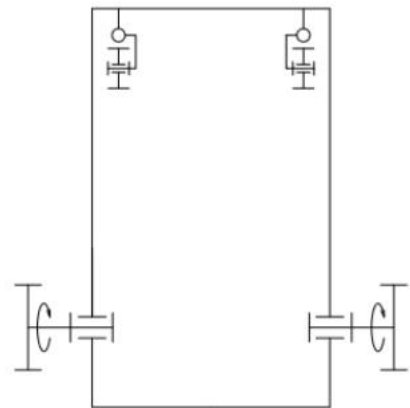
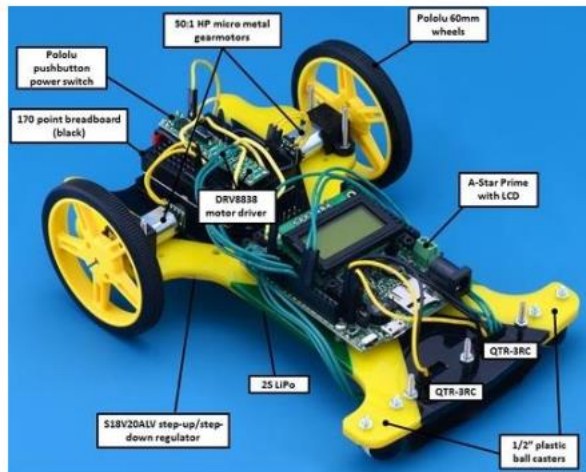
Hình 1.12 Xe FH Westküste

- ☐ Vận tốc trung bình: 1,04 m/s.
- ☐ Tải trọng: 1,1 kg.
- ☐ Kích thước: 550 x 170 x 140 mm.
- ☐ Ưu điểm: Cơ cấu lái Ackerman cho phép xe hoạt động ổn định, bám đường tốt, chống trượt.

- Nhược điểm: Cơ cấu phức tạp, việc sử dụng hai bánh trước có cùng trục quay tạo áp lực lớn tác động lên động cơ điều hướng, bán kính cong lớn (hạn chế do góc lái của bánh trước và chiều dài thân xe), khó ôm cua.

### Xe Usain volt 2.0

Sử dụng 2 bánh chủ động và có 2 bánh trước tự lùa. Về mặt cảm biến, Usain volt 2.0 chỉ sử dụng 2 cảm biến hồng ngoại. Về mặt điều khiển, Usain volt 2.0 là một vi điều khiển A Star Prime SV duy nhất.

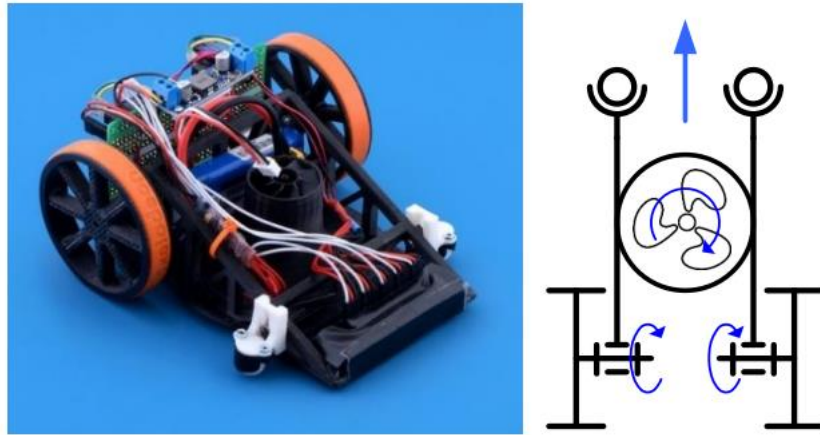


Hình 1.13 Xe Usain volt 2.0

- Vận tốc trung bình:  $v = 1,1$  m/s.
- Tải trọng:  $m = 295$  g.
- Kích thước:  $182 \times 132 \times 60$  mm.
- Ưu điểm: Xe có 2 bánh bi cầu giúp ổn định hơn khi đi qua đường cong.
- Nhược điểm: Không có độ đồng phẳng cao, bám đường không tốt.

### Xe Suckbot

Về thiết kế cơ khí, Suckbot sử dụng 2 động cơ điều khiển cho 2 bánh ở phía sau và hai bánh tự do (hình cầu) ở phía trước. Về mặt cảm biến, Suckbot sử dụng 6 cảm biến hồng ngoại QTR-1RC.



Hình 1.14 Xe Suckbot

- Vận tốc trung bình:  $v = 0.93 \text{ m/s}$ .
- Tải trọng:  $m = 300 \text{ g}$ .
- Ưu điểm: Quạt hút tạo chân không bám nền giảm thiểu ảnh hưởng của lực ly tâm khi chạy qua đường cong. Trọng tâm tập trung phía sau chỗ 2 bánh xe chủ động giúp giảm momen xoay khi bề mặt trơn trượt.
- Nhược điểm: Khó đồng phẳng.

#### 1.4 Xác định thông số kỹ thuật:

Khối lượng của xe:  $m = 1.5 \text{ kg}$ .

Tốc độ trung bình:  $v_{tb} = 0,3 \text{ m/s}$ .



## CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

### 2.1 Phần cơ khí

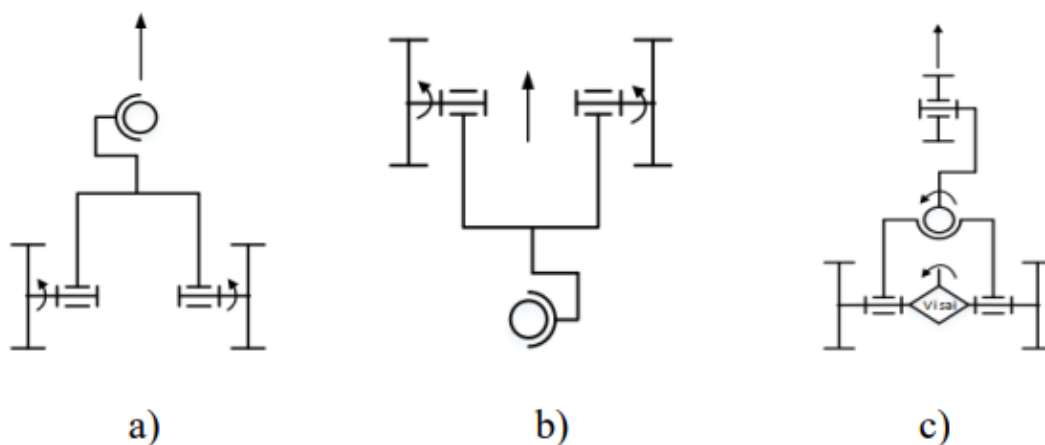
Đặc điểm và yêu cầu của xe:

- Xe nhỏ gọn, kết cấu đơn giản
- Xe qua cửa và bám line tốt.
- Xe di chuyển với đường line liên tục không bị đứt đoạn.
- Xe di chuyển trên địa hình bằng phẳng
- Một một cản sẽ được đặt ngẫu nhiên, chắn ngang line, ở “Khu vực xuất hiện vật cản.” Robot được yêu cầu phát hiện vật cản, vòng qua vật cản, và tiếp tục di chuyển trên line.

**Lựa chọn nguyên lý xe:**

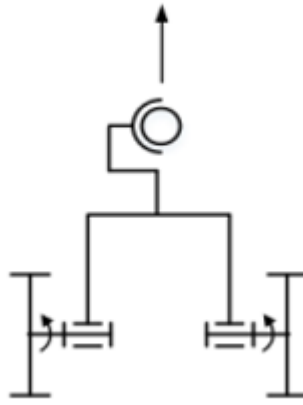
Có thể có nhiều cấu hình khác nhau cho bài toán mobile robot như: xe một bánh, xe hai bánh, xe ba bánh, xe bốn bánh, xe bánh xích,... Tuy nhiên, để có cấu hình đơn giản, phù hợp với mặt đường bằng phẳng thì chỉ có cấu hình xe ba hoặc bốn bánh là khả thi.

Các kết cấu xe ba bánh có ưu điểm chung là luôn đồng phẳng, kết cấu đơn giản



Hình 0.1: Sơ đồ nguyên lý các loại robot xe dò line 3 bánh

**Phương án 1:** Xe ba bánh có hai bánh chủ động độc lập phía sau và một bánh tự lùa phía trước (Hình 2.1a)



Hình 0.2: Xe ba bánh có hai bánh chủ động độc lập phía sau và một bánh tự lựa phía trước

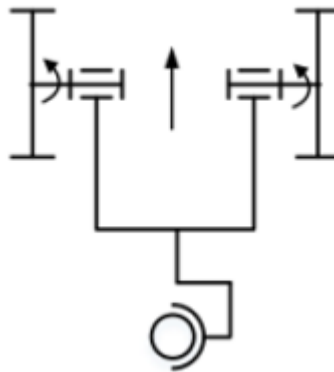
Ưu điểm:

- Có thể bề cua tương đối dễ dàng qua các đường chuyển hướng đột ngột và các bán kính cong nhỏ

Nhược điểm:

- Trọng tâm bị dịch về phía sau
- Dễ mất thăng bằng khi đi qua các góc lượn

**Phương án 2:** Xe ba bánh có hai bánh chủ động độc lập phía trước và một bánh tự lựa phía sau (Hình 2.1b)



Hình 0.3: Xe ba bánh có hai bánh chủ động độc lập phía trước và một bánh tự lựa phía sau

Ưu điểm:

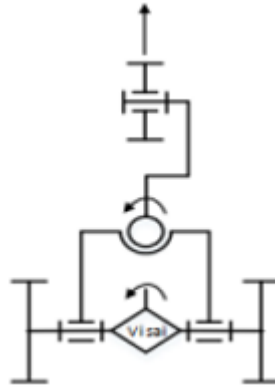
- Moment quán tính giảm do trọng tâm dịch về phía trước
- Giảm trượt khi vào cua

Nhược điểm

- Dễ bị lật khi mang tải nặng qua cua



**Phương án 3:** Xe ba bánh có hai bánh dẫn động cầu sau và một bánh dẫn hướng phía trước (Hình 2.1c)



Hình 0.4: Xe ba bánh có hai bánh dẫn động cầu sau và một bánh dẫn hướng phía trước

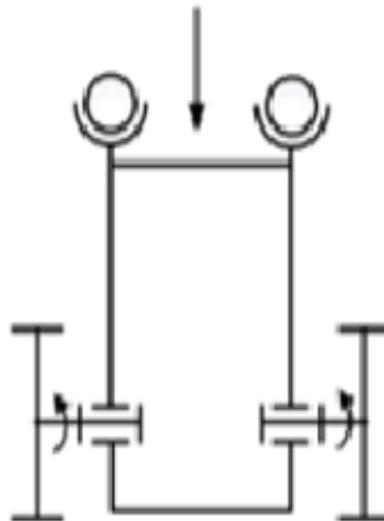
Ưu điểm:

- Không cần cơ cấu bẻ lái
- Bán kính qua xe bằng không

Nhược điểm

- Khó điều khiển chạy thẳng
- Dễ lật
- Các kết cấu xe 4 bánh nói chung sẽ gặp vấn đề trong việc đảm bảo tiếp xúc với mặt đất của các bánh so với xe ba bánh.

**Phương án 4:** Xe bốn bánh có hai bánh chủ động phía trước và hai bánh tự lựa phía sau (Hình 2.5a)



Hình 0.5: Xe bốn bánh có hai bánh chủ động phía trước và hai bánh tự lựa phía sau

Ưu điểm:

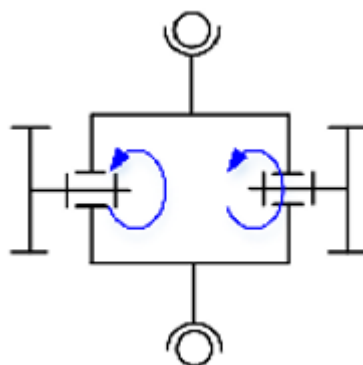
- Hạn chế lật khi chuyển hướng gấp
- Đảm bảo khoảng cách giữa các sensor và mặt đường ổn định

- Dễ dàng vào cua hơn so với cơ cấu xe bốn bánh có hai bánh chủ động phía sau và hai bánh tự lực phía trước

Nhược điểm:

- Khó khăn trong việc đảm bảo bám line khi vào cua của hai bánh sau

**Phương án 5:** Xe bốn bánh có hai bánh chủ động ở giữa và hai bánh bị động 1 bánh phía trước, 1 bánh phía sau (Hình 2.5b)



Hình 0.6: Xe bốn bánh có hai bánh chủ động ở giữa và hai bánh bị động 1 bánh phía trước, 1 bánh phía sau

Ưu điểm:

- Dễ hơn trong việc vào cua

Nhược điểm:

- Khó khăn trong việc điều khiển

Bảng: So sánh ưu, nhược điểm giữa các cơ cấu

Tiêu chí	Ưu điểm	Nhược điểm
<b>Phương án 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Có thể bề cua tương đối dễ dàng qua các đường chuyển hướng đột ngột và các bán kính cong nhỏ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trọng tâm bị dịch về phía sau</li> <li>- Dễ mất thăng bằng khi đi qua các góc lượn</li> </ul>
<b>Phương án 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moment quán tính giảm do trọng tâm dịch về phía trước</li> <li>- Giảm trượt khi vào cua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dễ bị lật khi mang tải nặng qua cua</li> </ul>
<b>Phương án 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Không cần cơ cấu bẻ lái</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khó điều khiển chạy thẳng</li> </ul>

	- Bán kính qua xe bằng không	- Dễ lật
<b>Phương án 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hạn chế lật khi chuyển hướng gấp</li> <li>- Đảm bảo khoảng cách giữa các sensor và mặt đường ổn định</li> <li>- Dễ dàng vào cua hơn so với cơ cấu xe bốn bánh có hai bánh chủ động phía sau và hai bánh tự lựa phía trước</li> </ul>	- Khó khăn trong việc đảm bảo bám line khi vào cua của hai bánh sau
<b>Phương án 5</b>	- Dễ hơn trong việc vào cua	- Khó khăn trong việc điều khiển

**Kết luận:** Dựa vào việc so sánh các ưu – nhược điểm của các sơ đồ nguyên lý xe kết hợp với tiêu chí đã đặt ra như trên: **lựa chọn phương án 1**, Xe ba bánh có hai bánh chủ động phía sau và bánh tự lựa phía trước. Vì:

- So với kết cấu xe 4 bánh thì kết cấu xe 3 dễ thiết kế hơn cũng như đảm bảo tốc độ chuyển hướng cao hơn. Nhất là trong điều kiện không tải.
- Kết cấu xe của phương án 1 tương đối đơn giản, dễ mô hình hóa, dễ cua và tương đối ổn định hơn so với các phương án còn lại.
- Kết cấu xe 3 bánh không cần sự đồng phẳng để hoạt động chính xác như xe 4 bánh, giá thành dễ dàng thực hiện hơn cho sinh viên.
- Tốc độ yêu cầu thấp 0.1m/s nên nhược điểm thăng bằng của xe 3 bánh ít hơn đáng kể.

## 2.2 Lựa chọn phần điện cho xe:

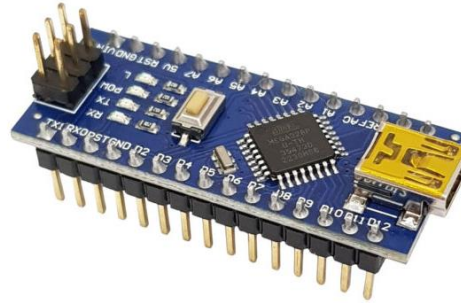
### 2.2.1 Lựa chọn bộ điều khiển:

Bộ điều khiển được lựa chọn thỏa các yêu cầu:

- Đáp ứng đầy đủ các cổng để đọc giá trị digital.
- Đáp ứng đầy đủ các cổng để đọc giá trị analog.
- Có đầy đủ các loại ngắt (Interrupt), bộ định thời (Timer), bộ đếm (Counter) cần thiết trong đồ án.
- Nhỏ gọn, giá thành phải chăng.
- Tốc độ xử lý nhanh.
- Dễ dàng sử dụng, điều khiển.

Một số vi điều khiển đã tìm hiểu: Arduino, MicroChip PIC, STM, AT Mega, ...

**Kết luận:** Lựa chọn chip điều khiển Arduino, cụ thể là vi điều khiển Arduino Nano, vì:



Hình 0.7: Lựa chọn vi điều khiển arduino Nano

- Có sẵn các thư viện, tiết kiệm thời gian trong việc lập trình
- Nhỏ gọn, dễ dàng tìm mua và lắp đặt.
- Dễ tiếp cận và điều khiển (giao diện IDE thân thiện, dễ sử dụng, có nhiều nguồn tài liệu để tham khảo).
- Đảm bảo đủ số lượng port digital, analog, interrupt, timer... để thực hiện các yêu cầu trong đồ án này mà không cần phải giao tiếp giữa nhiều vi điều khiển.
- Giá cả phải chăng

## 2.2.2 Lựa chọn hệ cảm biến:

### 2.2.2.1 Lựa chọn cảm biến dò line

- Loại cảm biến:

Các yêu cầu lựa chọn cảm biến dùng để dò line cho robot xe:

- Tín hiệu cảm biến trả về nhanh để giúp xe có khả năng nhận biết những đoạn line gấp khúc đột ngột.
- Thời gian đáp ứng nhỏ hơn 0,01s
- Độ tin cậy cao
- Dễ tìm trên thị trường và giá cả hợp lý.

Các loại cảm biến được đề xuất:

- Camera
- Cảm biến hồng ngoại: Gồm 1 đầu thu, 1 đầu phát (Ví dụ: TCRT5000).
- Cảm biến quang trở.

## Bảng 2.3. Lựa chọn phương án cảm biến

<b>Loại cảm biến</b>	<b>Camera</b>	<b>Cảm biến hồng ngoại</b>	<b>Cảm biến quang trở</b>
<b>Khả năng nhận diện đường line</b>	- Nhận diện chính xác được line.	- Nhận diện được line có độ tương phản cao (đen – trắng).	- Nhận diện được line vì có độ tương phản cao (đen – trắng).
<b>Nhiều</b>	- Ít chịu nhiễu từ môi trường đặc biệt là ánh sáng.	- Ít chịu ảnh hưởng bởi cường độ ánh sáng nhưng dễ gặp hiện tượng gross over (cảm biến này phát, cảm biến kia thu).	- Nhạy bởi cường độ ánh sáng của môi trường. Do đó hạn chế hoạt động trong môi trường thiếu ánh sáng.
<b>Độ phức tạp</b>	- Thuật toán giải quyết phức tạp. - Độ phức tạp của chương trình ảnh hưởng nhiều đến tốc độ xử lý của robot.	- Độ phức tạp thấp vì dễ dàng thiết kế mạch đọc và trả về tín hiệu Analog hoặc Digital.	- Độ phức tạp thấp.
<b>Giá thành</b>	Giá thành cao.	Giá thành thấp.	Giá thành thấp.

**Kết luận:** Lựa chọn cảm biến hồng ngoại TCRT5000 có cặp bóng thu-phát hồng ngoại do thuật toán đơn giản, có tín hiệu analog đọc về, dễ dàng thiết kế mạch cảm biến, module sử dụng ánh sáng tần số hồng ngoại do đó sẽ không bị ảnh hưởng bởi ánh sáng thường. Tuy bị ảnh hưởng bởi nhiễu sẽ nhiều hơn so với camera nhưng cảm biến hồng ngoại TCRT5000 có giá thành rẻ hơn rất nhiều và có thể xử lý được nhiễu để cải thiện kết quả bám line.



Hình 0.8: Cảm biến hồng ngoại TCRT5000

- Số lượng cảm biến:

Số lượng cảm biến được lựa chọn sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác bám line của Robot. Sơ bộ số lượng cảm biến nên lựa chọn là số lẻ, vì cảm biến chính giữa sẽ đảm nhận việc xác định đường tâm của đường line và điều chỉnh lại vị trí Robot khi Robot bị lệch ra khỏi đường line. Khi tham khảo các tài liệu về Robot dò line, đa phần các sản phẩm Robot dò line đều sử dụng ít nhất 5 cảm biến để đạt độ chính xác tối thiểu được yêu cầu.

**Kết luận:** Lựa chọn số lượng cảm biến sẽ là 6.

*Lựa chọn phương pháp xác định tọa độ line:*

Tiêu chí lựa chọn phương pháp xác định tọa độ line:

- Giải thuật trực quan, dễ hiểu.
- Đảm bảo được độ chính xác cao.

Các phương pháp xác định tọa độ đường line đã được đề cập ở phần Tổng quan:

- Sử dụng giải thuật so sánh.
- Sử dụng giải thuật nội suy hàm bậc hai.
- Sử dụng giải thuật trọng số trung bình.

**Kết luận:** Lựa chọn phương pháp sử dụng giải thuật trọng số trung bình, vì phương pháp này tương đối dễ hiểu và đạt được độ chính xác cao hơn so với giải thuật so sánh.

#### **2.2.2.2 Lựa chọn cảm biến dùng để nhận diện vật cản**

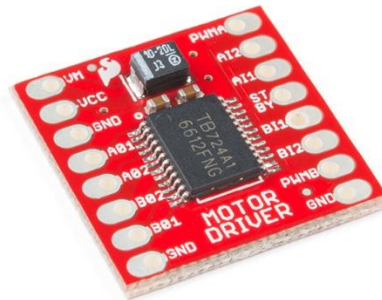
Ta chọn cảm biến siêu âm HC-SR04 vì tính tiện lợi cũng như độ chính xác vừa đủ cho dự án.

### 2.2.3 Lựa chọn driver

Các tiêu chí lựa chọn driver cho động cơ DC

- Có hai mạch cầu để điều khiển hai động cơ
- Đảm bảo xung PWM và tốc độ động cơ có quan hệ xấp xỉ tuyến tính
- Độ tin cậy cao (hoạt động ổn định điện áp, dòng điện)

#### Driver TB6612



Hình 0.9: Driver TB6612

Nguồn áp vào: 12V

Dòng ngõ ra liên tục: 1,2A cho mỗi cầu (có thể mắc song song để lên đến 2,4A)

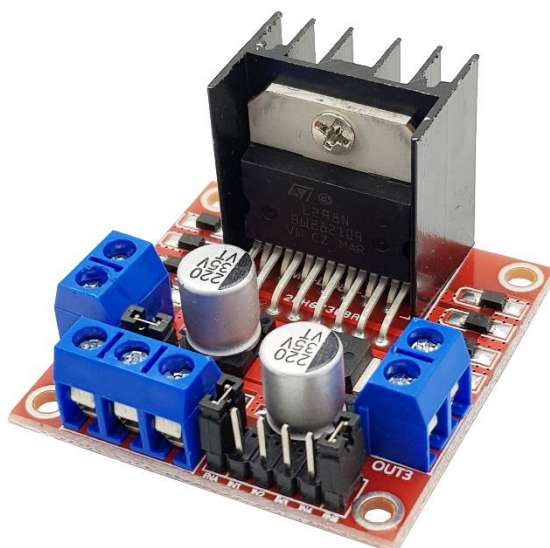
Dòng điện ngõ ra max: 3.2A cho mỗi cầu.

Điện áp nuôi và cấp mức Logic: 2,7 ~ 5,5V DC

**Ưu điểm:** Tần số hoạt động có thể lên đến 100KHz. Tuyến tính giữa xung PWM và tốc độ quay của động cơ đạt độ tuyến tính cao. Kích thước nhỏ gọn, thuận tiện cho việc bố trí lên mạch.

**Nhược điểm:** Dòng đầu ra quá nhỏ, khi động cơ quá tải Driver có thể sẽ bị cháy

#### Driver L298N



Hình 0.10: Driver L298N

**Ưu điểm:** Dòng ra tương đối đáp ứng được nguồn dòng động cơ tiêu thụ khi quá tải và khả năng tuyến tính vẫn có thể đáp ứng tốt cho động cơ hoạt động ổn định.

**Nhược điểm:** Có hiệu suất thấp hơn so với TB6162, đồ thị tuyến tính của xung PWM và tốc độ quay của động cơ đạt tuyến tính thấp

## Driver XY-160D



Hình 0.11: Driver XY-160D

Nguồn vào: 7 ~ 24 VDC (khoảng giới hạn: 6,5 ~ 27 VDC)

Công suất tối đa: 160W/1 động cơ (nếu chạy liên tục xin chỉ sử dụng 70% công suất tối đa, khoảng 115W/1 động cơ và mắc thêm cầu chì bảo vệ quá tải)

Mức tín hiệu điều khiển: tương thích với 3.5V/5V

- Mức Logic cao (H): 3,0 ~ 6,5 VDC
- Mức Logic thấp (L): 0 ~ 0,8 VDC



**Ưu điểm:** Có dòng điện đầu ra cao hơn so với 2 driver kể trên (định mức 7A và dòng cực đại lên tới 50A), mạch điều khiển có công suất cao lên tới 160W, module có cách ly quang giúp bảo vệ quá tải giảm thiểu hư hỏng động cơ và driver

**Nhược điểm:** Cần kết nối thêm các cầu chì cho ngõ vào và ngõ ra (khuyến nghị sử dụng cầu chì 15A cho ngõ vào và 10A cho mỗi ngõ ra). Ngoài ra, driver XY-160D cũng có giá thành khá cao so với hai phương án kể trên.

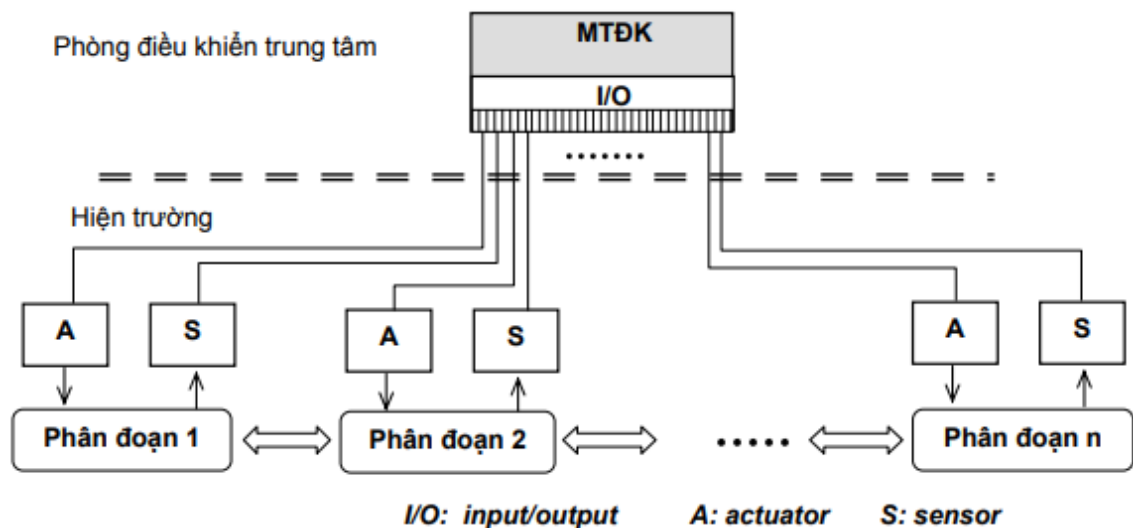
**Kết luận:** Driver TB6612 có kích thước nhỏ hơn so với L298N gọn, nhẹ, dễ lắp đặt, không yêu cầu để tản nhiệt. TB6612 có hiệu suất hoạt động cao trên 90%, dòng tiêu thụ ở trạng thái chờ thấp, có mạch cách ly bảo vệ. Ngoài ra, quan hệ PWM và tốc độ động cơ sử dụng driver TB6612 có quan hệ xấp xỉ tuyến tính hơn so với L298N. Lựa chọn driver TB6612.

## 2.3 Điều khiển

### Lựa chọn phương án điều khiển

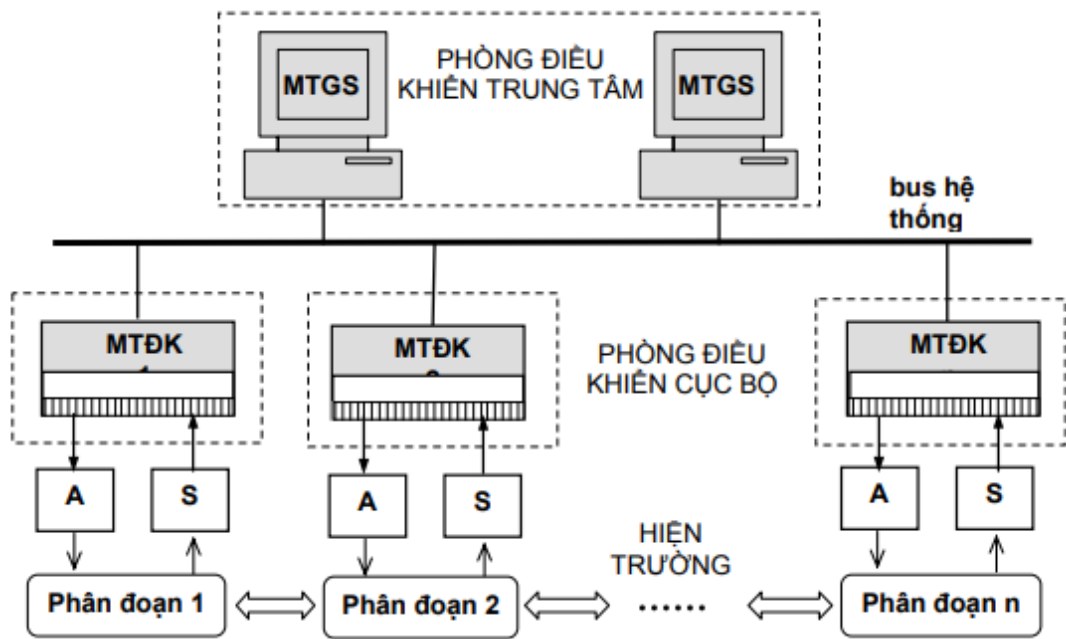
Về phương án điều khiển, robot dò line có các module chính bao gồm: module sensor, module điều khiển, module động cơ. Trong đó có hai phương án chủ yếu để kết nối các module đó lại với nhau là phương pháp điều khiển tập trung và điều khiển phân cấp.

- Điều khiển tập trung: Cấu trúc tiêu biểu của một hệ điều khiển tập trung (centralized control system) được minh họa ở hình .... Cấu trúc tập trung thường thích hợp cho các ứng dụng tự động hóa qui mô vừa và nhỏ, điều khiển các loại máy móc và thiết bị bởi sự đơn giản, dễ thực hiện và giá thành một lần cho máy tính điều khiển.



Hình 0.12: Cấu trúc điều khiển tập trung

- Điều khiển phân tán: Đa số được ứng dụng trong các quy mô vừa và lớn, phân tán là tính chất cố hữu của hệ thống Một dây chuyền sản xuất thường được phân chia thành nhiều phân đoạn, có thể được phân bố tại nhiều vị trí cách xa nhau.



Hình 0.13: Cấu trúc điều khiển phân tán

Bảng 2.4: So sánh phương án điều khiển phân tán và điều khiển tập trung

Chỉ tiêu	Đ.khiển tập trung	Đ.khiển phân cấp
Phần cứng	Phần cứng đơn giản, chỉ cần một vi điều khiển	Phần cứng phức tạp hơn, cần nhiều vi điều khiển
Giao tiếp	Đơn giản	Phức tạp vì cần chú ý đến giao tiếp giữa các vi điều khiển
Tốc độ xử lý	MCU cần phải xử lý tất cả các thông tin trước khi cập nhật thông tin mới	Nhanh hơn do có nhiều Slave, giảm khối lượng tính toán cho Master
Đầu nối	Phức tạp	Đơn giản
Độ tin cậy	Thấp	Cao
Khả năng mở rộng	Khó khăn	Dễ dàng
Chi phí	Thấp	Cao

**Kết luận:** Với quy mô đề tài dự án nhỏ, số lượng sensor ít, khối lượng công việc xử lý vừa, nên chọn phương pháp điều khiển tập trung.

#### **2.2.4 Lựa chọn bộ điều khiển**

Nhiệm vụ của bộ điều khiển là đưa xe di chuyển trên đường line. Để làm được điều này cần phải thông qua cảm biến để xác định vị trí của xe so với đường line và truyền tín hiệu điều khiển tới các cầu chấp hành (ở đây là các động cơ DC) để vận hành. Để đơn giản hóa bộ điều khiển, sử dụng chênh lệch vận tốc của các động cơ là đầu ra của bộ điều khiển. Phương án điều khiển động cơ bằng PID được đề xuất với những ưu điểm như sau:

- Đơn giản, dễ thực hiện
- Có thể tùy ý điều chỉnh tùy ý để phù hợp với tiêu chí thiết kế (tốc độ hay độ ổn định)
- Giảm thiểu chi phí
- Không cần biết chính xác hàm truyền, phù hợp với mọi hệ thống

Tuy nhiên, PID cũng tồn tại một số nhược điểm sau:

- Hạn chế trong việc điều khiển tối ưu
- Trong thực tế có thể gặp bão hòa tích phân
- Cần phải thực hiện thử sai và điều chỉnh các hệ số nhiều lần khi có thay đổi trong hệ thống

**Kết luận:** Sử dụng bộ điều khiển PID

## CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ KHÍ

### 3.1 Lựa chọn bánh chủ động

Yêu cầu đặt ra: Bánh xe di chuyển trên địa hình bằng phẳng không trơn trượt, bám đường tốt. Sau khi tham khảo những thiết kế đã có sẵn và các loại bánh xe phổ thông khả dụng trên thị trường, em quyết định chọn sử dụng bánh xe mini 65mm.



Hình 0.1: Lựa chọn bánh chủ động

Thông số kỹ thuật:

- Chất liệu bánh xe: nhựa abs,
- Chất liệu lốp xe: cao su
- Đường kính ngoài: 0,065 m
- Đường kính trục: 0,004 m
- Cân nặng: 0,04 kg

### 3.2 Tính toán chọn động cơ

Đường kính bánh xe	0,065 m
Khối lượng 1 bánh xe	0,04 kg
Vận tốc lớn nhất mong muốn	0,5 m/s
Thời gian để đạt vận tốc mong muốn	1 s
Khối lượng xe ước lượng	3 kg
Hệ số ma sát giữa bánh cao su và nhựa	0,7

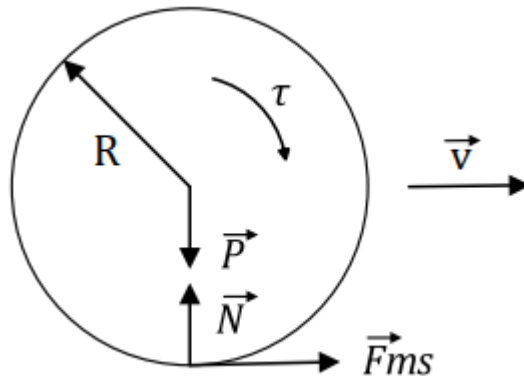
Giả sử khối lượng xe ước tính được phân bố đều, với phương án 4 bánh mỗi bánh sẽ phải chịu một phản lực  $F$  là:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{3g}{4} = 7,35 \text{ N}$$

Trong thực tế, việc đồng phẳng hay tiếp xúc với mặt đất của cả bốn bánh xe không được đảm bảo hoàn toàn, từ đó dẫn tới có một bánh không hoàn toàn chạm đất và chịu lực. Có hai trường hợp có thể xảy ra khi không đảm bảo việc tiếp xúc của cả 4 bánh xe với mặt đất. Trường hợp một, hai bánh dẫn động đều tiếp xúc với mặt đất, lúc này hai động cơ có thể truyền tải hiệu quả tới đa công suất. Một cách để có thể tăng khả năng đảm bảo xảy ra trường hợp này là dồn khối lượng về trung điểm giữa hai bánh. Trường hợp hai, chỉ có một bánh dẫn động tiếp xúc với mặt đất, lúc này việc di chuyển phụ thuộc hoàn toàn vào một bánh có thể gây quá tải, hỏng động cơ nếu tính toán không hợp lý. Để giải quyết vấn đề này, chúng ta chỉ cần thêm vào một hệ số an toàn cho động cơ để động cơ vẫn thừa công suất cho dù hoạt động với một bánh. Trong cả hai trường hợp đều ảnh hưởng tới việc điều khiển của xe do yếu tố bất cân bằng ảnh hưởng đến độ chính xác của vị trí nhất là trong trường hợp hai. Do yếu tố thực tế, ta sẽ giả sử chỉ có ba bánh xe tiếp đất và chịu lực khi đó, lực phải chịu của mỗi bánh xe là:

$$F_1 = F_2 = F_3 = \frac{3g}{3} = 9,8 \text{ N}$$

Để xe có thể tiến hành chuyển động, động cơ đóng vai trò cung cấp moment xoắn (torque) cho bánh xe. Moment xoắn cần phải thắng được lực quán tính và lực cản. Quá trình chuyển động này chịu ảnh hưởng đáng kể của khối lượng xe và ma sát giữa bánh xe và mặt đường. Mô hình toán cho một bánh xe được thể hiện như hình bên dưới:



Hình 0.2: Mô hình các lực tác dụng lên bánh xe

Coi bánh xe là một trụ đặc quay quanh tâm, moment quán tính của bánh xe:

$$I = \frac{1}{2} mR^2$$

Cân bằng moment quanh tâm bánh xe:

$$\tau - F_{ms} \cdot R = I \cdot \gamma$$

$$\rightarrow \tau = F_{ms} \cdot R = I \cdot \gamma$$

Theo định luật II Newton:

$$F_{ms} = (M + m)a$$

$$\rightarrow \tau = (M + m)aR + \frac{1}{2}mR^2\gamma = 0,0113 \text{ (Nm)} = 0.1151 \text{ (kgfcm)}$$

Điều kiện để một bánh xe lăn không trượt khi quay động cơ:

$$F_{ms} \leq \mu N$$

$$\rightarrow \tau_{gh} \leq \mu(M + m)gR + \frac{1}{2}mR^2\gamma$$

$$\rightarrow \tau_{gh} = \mu(M + m)gR + \frac{1}{2}mR^2\gamma = 0,1546 \text{ (Nm)} = 1.5763 \text{ (kgfcm)}$$

Với:

- $M = F_1/g = 1 \text{ kg}$  : khối lượng tương đương mà mỗi bánh xe sau phải chịu
- $m$ : khối lượng của bánh xe
- $\mu = 0,7$ : hệ số ma sát của bánh xe với mặt đường
- $\gamma = v^2/R = 11,6279 \text{ rad/s}^2$  : gia tốc góc của bánh xe

Số vòng quay:

$$n = \frac{60v}{2\pi R} = 222,0767 \text{ vòng/phút}$$

Tính vận tốc góc bánh xe:

$$\omega = \frac{v}{R} = 23,2558 \text{ rad/s}$$

Hiệu suất truyền nối trực:  $n = 0,99$  và chọn hệ số an toàn là 3, tính toán công suất yêu cầu của động cơ:

$$P_{yc} = 3 \cdot \frac{\tau}{0,99} \omega = 0,7955 \text{ (W)}$$

Từ công suất đã tính, ta chọn động cơ DC Servo JGA25- 370-12V



Thông số kỹ thuật:

Thông số kỹ thuật	Giá trị
Điện áp hoạt động	0 - 12 VDC
Điện áp cấp cho encoder	3,3 – 5 VDC
Encoder	2 kênh AB
Độ phân giải encoder	11 xung/ 1 kênh/ 1 vòng

Bảng thông số kỹ thuật của động cơ tỉ số truyền 1:30 / 1:50 / 1:100 / 1:150, tốc độ thực tế sẽ nằm ở khoảng giữa tốc độ không tải (No Load) và tốc độ có tải (Load):

Điện áp (V)	Tốc độ không tải (RPM)	Tốc độ có tải (RPM)	Lực kéo moment định mức (KG.CM)	Dòng điện không tải (mA)	Lực kéo moment tối đa (KG.CM)	Dòng điện chịu được tối đa (mA)	Tỉ số truyền (1:00)
3	250	200	0.07	80	0.56	100	30
3	150	100	0.10	80	0.80	100	50
3	75	60	0.15	80	1.20	100	100
3	50	40	0.20	60	1.60	100	150
6	500	400	0.15	160	1.20	100	30
6	300	240	0.20	160	1.60	100	50
6	150	120	0.30	160	2.40	100	100
6	100	80	0.40	160	3.20	200	150
12	1000	800	0.30	300	2.40	300	30
12	600	480	0.40	300	3.20	300	50
12	300	240	0.50	300	4.00	300	100
12	200	160	1.00	300	7.00	300	150

Lựa chọn tỉ số truyền 1:100, lý do:

- Tốc độ có tải tại 12V:  $240 > 222,0767$  (rpm)
- Lực kéo moment tối đa tại 12V:  $4 > 1.5763$  (kgfcm)
- Dòng điện chạy trong động cơ:

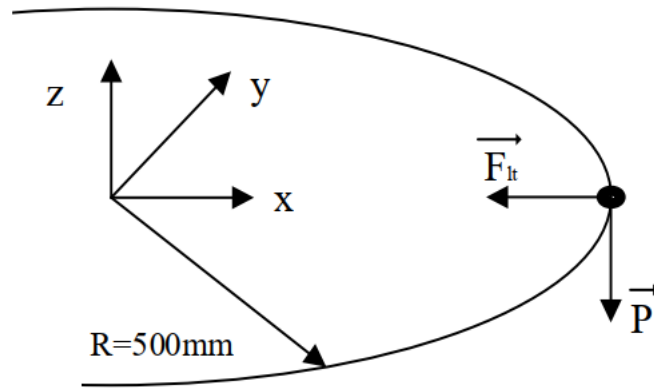
$$I_{dm} = \frac{P_{yc}}{U} = \frac{0,7955}{12} = 0,0663 < 0,3 \text{ (A)}$$

- Công suất của động cơ:

$$P = \tau \omega = 0,3923 \times 25,1327 = 9,8 \text{ (W)} > 0,7955 \text{ (thỏa mãn)}$$

### 3.3 Tính khoảng cách giữa hai bánh chủ động

Bài toán: Xe chạy qua khúc cong có bán kính  $R = 500$  mm, với vận tốc cao nhất 0.3 m/s. Tìm khoảng cách nhỏ nhất giữa 2 bánh xe chủ động để xe không bị lật.



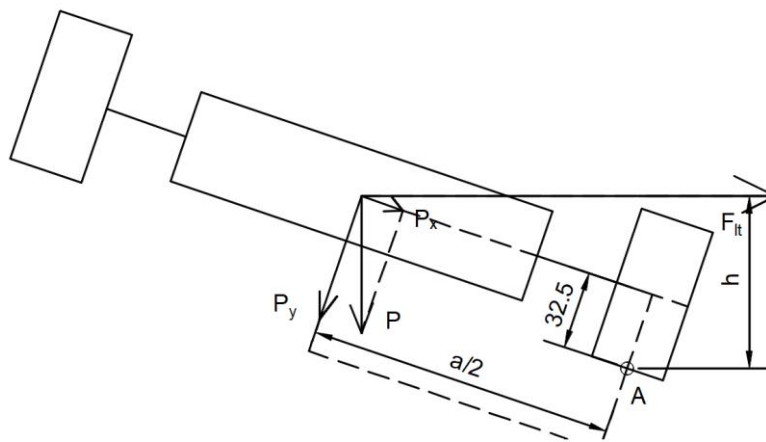
Từ bản vẽ thiết kế và ước lượng ta có chiều cao bánh xe là 65 mm và trọng tâm G của xe là 32,5 mm so với mặt sàn.

Cho a là khoảng cách giữa hai bánh xe chủ động.

d = 32,5 mm là khoảng cách tâm xe với sàn.

m = 1,5 kg là khối lượng xe

Phân tích lực trên xe ta có:



Chia trọng lực thành hai thành phần  $P_x$   $P_y$  lần lượt vuông góc và song song với khung xe, để xe không bị lật thì tổng momen tại A phải lớn hơn 0, tức là tổng momen do lực li tâm tác dụng lên xe khi rẽ và momen lực do trọng lực  $P_x$  cân bằng momen do  $P_y$  gây ra. Xác định các cánh tay đòn trên hình ta được phương trình:

$$\sum M_A \geq 0$$

$$F_{lt} \cdot h + d \cdot P_x \leq P_y \cdot \frac{a}{2}$$

Xác định các thông số:



Trong trường hợp xe bắt đầu lật, ta có  $d = h$ ,  $P_x = 0$

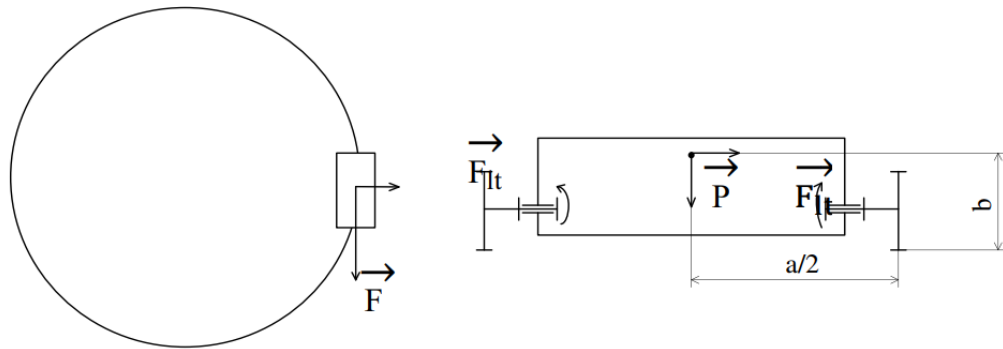
$$F_{lt} = m \cdot a_{ht} = m \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{1.5 \cdot 0,3^2}{0.5} = 0,27 \text{ N}$$

$$P_y = 14,715 \text{ N}$$

$$0,27 \cdot 32,5 \leq 14,715 \cdot \frac{a}{2}$$

$$a \geq 1,1927 \text{ mm}$$

Vậy  $a \geq 1,2 \text{ mm}$  thì xe đứng vững.



Hình 3.3 Mô hình tính toán và phân tích lực khi xe ô tô cua

Gọi khoảng cách giữa 2 bánh xe là  $a$ , chiều cao trọng tâm xe là  $b$ . Ta có:

Moment gây ra lật xe:

$$M_1 = F_n \cdot b = \frac{m \cdot v^2}{R} \cdot b$$

Moment chống lật xe:

$$M_2 = P \cdot \frac{a}{2} = mg \cdot \frac{a}{2}$$

Để xe không bị lật thì:  $M_2 \geq M_1$

$$\Rightarrow \frac{b}{a} \leq \frac{Rg}{2v^2} = \frac{0,5 \cdot 9,8}{2 \cdot 0,5^2} = 9,8$$

Do tổng chiều dài 2 động cơ và hộp giảm tốc là 134mm. Nên ta chọn sơ bộ khoảng cách giữa 2 bánh xe là 150 mm. Chọn tỷ lệ  $b/a = 0,5$ ; ta được chiều cao trọng tâm xe là  $b = 60 \text{ mm}$ .

### 3.4 Xác định hàm truyền động cơ:

#### 3.4.1 Khảo sát đặc tính của động cơ

Đối với động cơ DC thông thường, hàm truyền biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp cấp vào stato và tốc độ quay tại trục rotor là dạng hàm truyền bậc 2. Hàm truyền của động cơ có dạng:

$$G(s) = \frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2} \left[ \frac{rad/s}{V} \right]$$

Việc xác định chính xác hàm truyền cho động cơ DC gặp phải một số khó khăn sau đây:

*Thứ nhất*, khó khăn trong việc xác định các thông số nội của động cơ như  $R_{dc}$ ,  $L_{dc}$ , hệ số giảm chấn  $b_{dc}$ .

*Thứ hai*, mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra cho mục đích điều khiển vận tốc là bậc hai gây khó khăn cho việc điều khiển.

Để giải quyết khó khăn đó, phương pháp khảo sát hộp đen được sử dụng với cách làm như sau:

Kết hợp động cơ và một mạch driver để giúp tuyến tính hóa hàm truyền của động cơ.

Xem hệ động cơ và driver là một khối để khảo sát đáp ứng với các tín hiệu cấp từ đó xấp xỉ hàm truyền của hệ đó.

#### 3.4.2 Xác định thời gian lấy mẫu

Tốc độ lớn nhất của động cơ qua hộp giảm tốc khi không tải:  $\omega_{max} = 130 \text{ (rpm)}$ .

Với hộp giảm tốc được gắn với trục động cơ có tỉ số truyền:  $u = 1:48,6$ .

Tốc độ trục động cơ không qua hộp giảm tốc:  $\omega_{max} = \frac{130}{u} = 6318 \text{ (rpm)}$ .

Chọn sai số điều khiển tốc độ động cơ là 5%  $\rightarrow 316 \text{ (rpm)}$ .

Chọn thời gian lấy mẫu  $T_s = 0,2 \text{ (s)}$ .

#### 3.4.3 Khảo sát khoảng tuyến tính của động cơ

Sử dụng vi điều khiển Arduino Uno R3 cấp xung cho driver TB6612 theo phương pháp PWM và đếm xung trả về từ encoder của động cơ, từ đó ta thể hiện được mối quan hệ giữa tốc độ (rpm) và độ rộng xung (%PWM) của mỗi động cơ.

Giá trị rpm theo PWM của động cơ 1:

%PWM	rpm	%PWM	rpm	%PWM	rpm	%PWM	rpm
<b>1</b>	0	<b>26</b>	31	<b>51</b>	64	<b>76</b>	96
<b>2</b>	0	<b>27</b>	32	<b>52</b>	65	<b>77</b>	98
<b>3</b>	0	<b>28</b>	33	<b>53</b>	67	<b>78</b>	99
<b>4</b>	0	<b>29</b>	34	<b>54</b>	67	<b>79</b>	101
<b>5</b>	0	<b>30</b>	36	<b>55</b>	70	<b>80</b>	102

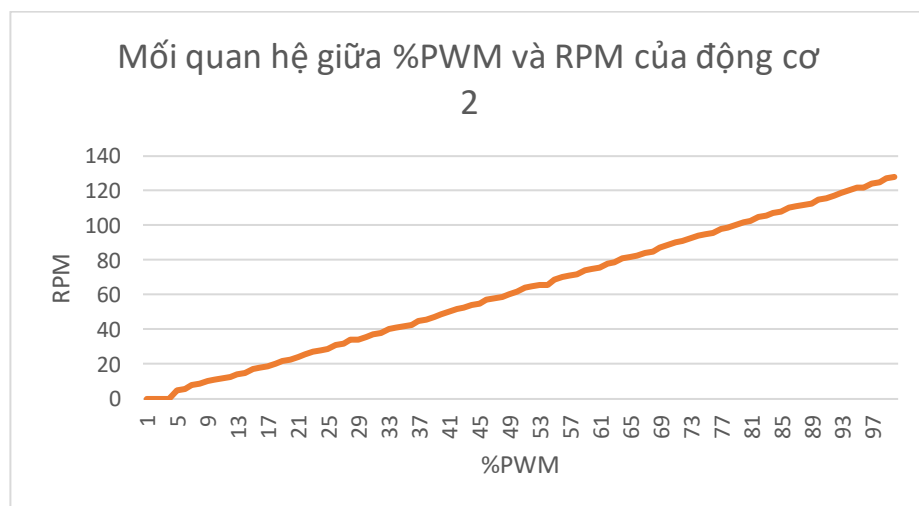
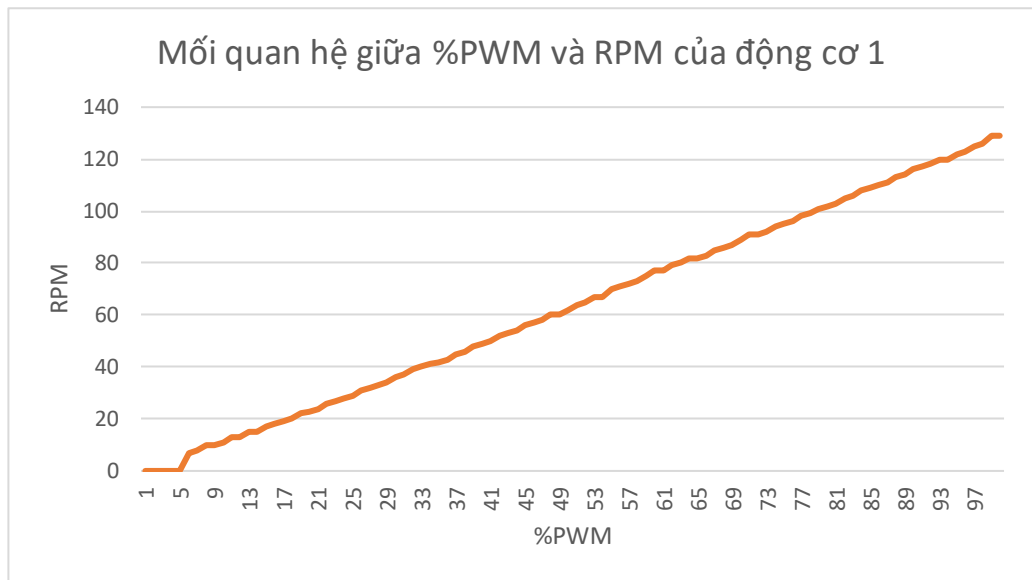
<b>6</b>	7	<b>31</b>	37	<b>56</b>	71	<b>81</b>	103
<b>7</b>	8	<b>32</b>	39	<b>57</b>	72	<b>82</b>	105
<b>8</b>	10	<b>33</b>	40	<b>58</b>	73	<b>83</b>	106
<b>9</b>	10	<b>34</b>	41	<b>59</b>	75	<b>84</b>	108
<b>10</b>	11	<b>35</b>	42	<b>60</b>	77	<b>85</b>	109
<b>11</b>	13	<b>36</b>	43	<b>61</b>	77	<b>86</b>	110
<b>12</b>	13	<b>37</b>	45	<b>62</b>	79	<b>87</b>	111
<b>13</b>	15	<b>38</b>	46	<b>63</b>	80	<b>88</b>	113
<b>14</b>	15	<b>39</b>	48	<b>64</b>	82	<b>89</b>	114
<b>15</b>	17	<b>40</b>	49	<b>65</b>	82	<b>90</b>	116
<b>16</b>	18	<b>41</b>	50	<b>66</b>	83	<b>91</b>	117
<b>17</b>	19	<b>42</b>	52	<b>67</b>	85	<b>92</b>	118
<b>18</b>	20	<b>43</b>	53	<b>68</b>	86	<b>93</b>	120
<b>19</b>	22	<b>44</b>	54	<b>69</b>	87	<b>94</b>	120
<b>20</b>	23	<b>45</b>	56	<b>70</b>	89	<b>95</b>	122
<b>21</b>	24	<b>46</b>	57	<b>71</b>	91	<b>96</b>	123
<b>22</b>	26	<b>47</b>	58	<b>72</b>	91	<b>97</b>	125
<b>23</b>	27	<b>48</b>	60	<b>73</b>	92	<b>98</b>	126
<b>24</b>	28	<b>49</b>	60	<b>74</b>	94	<b>99</b>	129
<b>25</b>	29	<b>50</b>	62	<b>75</b>	95	<b>100</b>	129

Giá trị rpm theo PWM của động cơ 2:

<b>%PWM</b>	rpm	<b>%PWM</b>	rpm	<b>%PWM</b>	rpm	<b>%PWM</b>	rpm
<b>1</b>	0	<b>26</b>	31	<b>51</b>	64	<b>76</b>	96
<b>2</b>	0	<b>27</b>	32	<b>52</b>	65	<b>77</b>	98

<b>3</b>	0	<b>28</b>	34	<b>53</b>	66	<b>78</b>	99
<b>4</b>	0	<b>29</b>	34	<b>54</b>	66	<b>79</b>	100
<b>5</b>	5	<b>30</b>	36	<b>55</b>	69	<b>80</b>	102
<b>6</b>	6	<b>31</b>	37	<b>56</b>	70	<b>81</b>	103
<b>7</b>	8	<b>32</b>	38	<b>57</b>	71	<b>82</b>	105
<b>8</b>	9	<b>33</b>	40	<b>58</b>	72	<b>83</b>	106
<b>9</b>	10	<b>34</b>	41	<b>59</b>	74	<b>84</b>	107
<b>10</b>	11	<b>35</b>	42	<b>60</b>	75	<b>85</b>	108
<b>11</b>	12	<b>36</b>	43	<b>61</b>	76	<b>86</b>	110
<b>12</b>	13	<b>37</b>	45	<b>62</b>	78	<b>87</b>	111
<b>13</b>	14	<b>38</b>	46	<b>63</b>	79	<b>88</b>	112
<b>14</b>	15	<b>39</b>	47	<b>64</b>	81	<b>89</b>	113
<b>15</b>	17	<b>40</b>	49	<b>65</b>	82	<b>90</b>	115
<b>16</b>	18	<b>41</b>	50	<b>66</b>	83	<b>91</b>	116
<b>17</b>	19	<b>42</b>	52	<b>67</b>	84	<b>92</b>	117
<b>18</b>	20	<b>43</b>	53	<b>68</b>	85	<b>93</b>	119
<b>19</b>	22	<b>44</b>	54	<b>69</b>	87	<b>94</b>	120
<b>20</b>	23	<b>45</b>	55	<b>70</b>	89	<b>95</b>	122
<b>21</b>	24	<b>46</b>	57	<b>71</b>	90	<b>96</b>	122
<b>22</b>	26	<b>47</b>	58	<b>72</b>	91	<b>97</b>	124
<b>23</b>	27	<b>48</b>	59	<b>73</b>	93	<b>98</b>	125
<b>24</b>	28	<b>49</b>	60	<b>74</b>	94	<b>99</b>	127
<b>25</b>	29	<b>50</b>	62	<b>75</b>	95	<b>100</b>	128

Từ dữ liệu ở bảng trên ta có được đồ thị biểu diễn mối liên hệ giữa (%PWM) và (rpm) của hai động cơ



Dựa vào đồ thị biểu diễn, ta thấy mối liên hệ giữa đầu vào (%PWM) và đầu ra (rpm) gần như tuyến tính trong khoảng từ 5 – 100 %PWM.

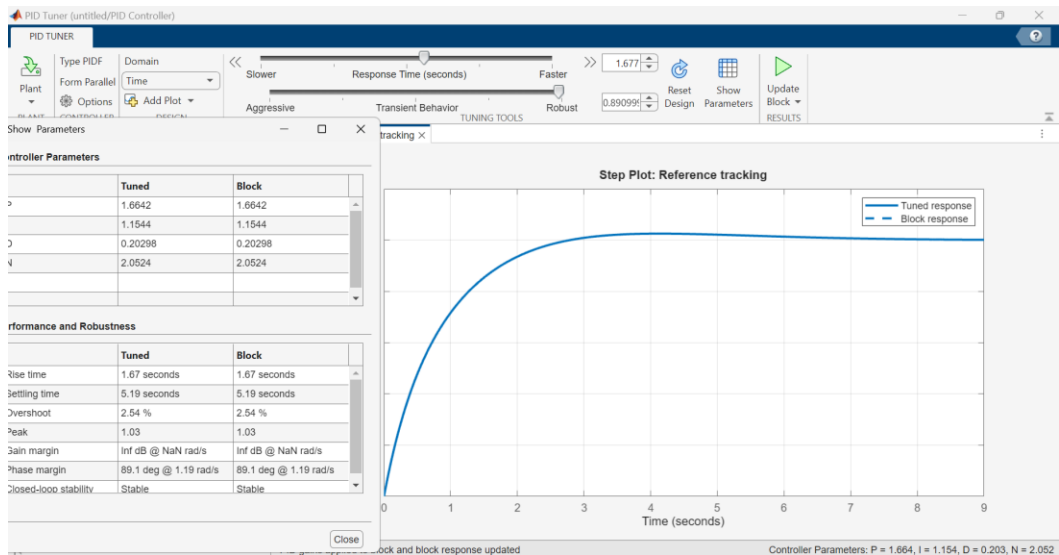
Sử dụng Tool System Identification của Matlab, ta được kết quả hai hàm truyền như sau:

Hàm truyền động cơ 1:

$$TF_1 = \frac{0,6696}{s + 0,5081}$$

Có độ gần đúng với đồ thị của động cơ 1: 97,81%

Với động cơ 1, ta thiết kế bộ điều khiển PID bằng matlab như sau:



$K_p = 1.664;$                        $K_i = 1.1544;$                        $K_d = 0.203$

Thời gian xác lập: 5.19s

Độ vọt lố: 2.54%

Hàm truyền động cơ 2:

$$TF_2 = \frac{0,6992}{s + 0,5343}$$

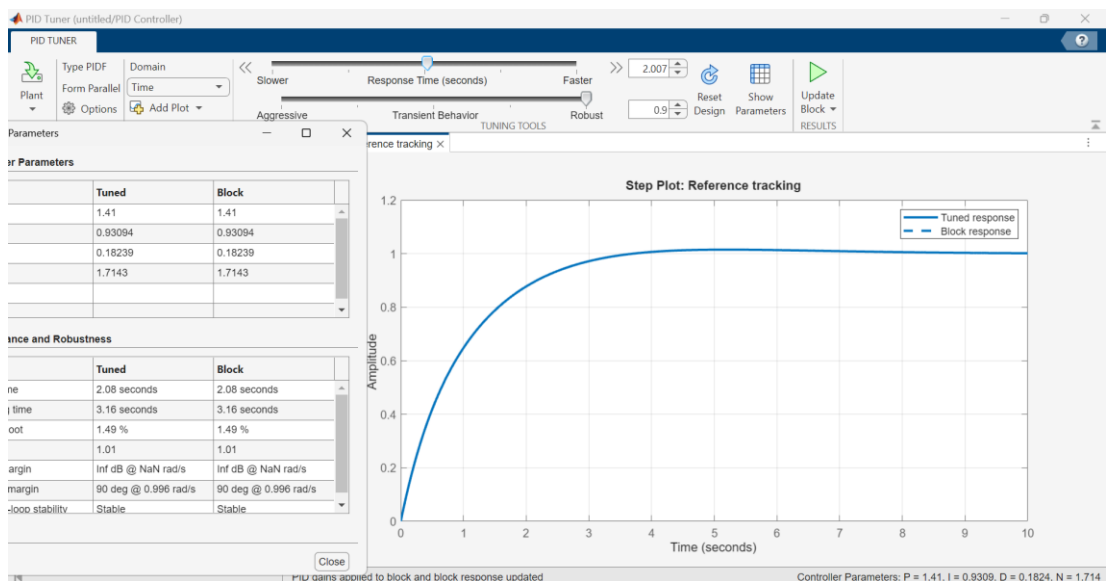
Có độ gần đúng với đồ thị của động cơ 2: 98,34%

Với động cơ 1, ta thiết kế bộ điều khiển PID bằng matlab như sau:

$K_p = 1.41;$                        $K_i = 0.931;$                        $K_d = 0.1824$

Thời gian xác lập: 3.16s

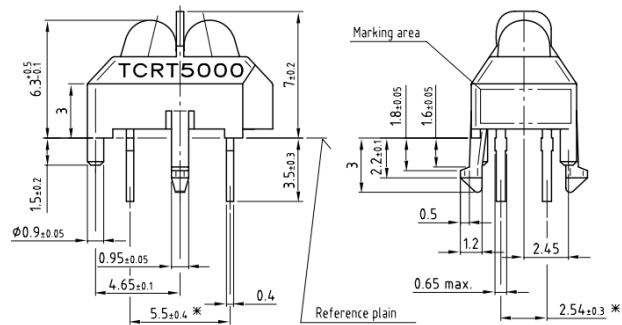
Độ vọt lố: 1.49%



## CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

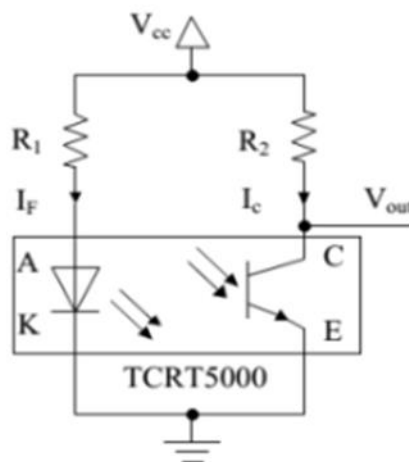
### 4.1 Thiết kế dây cảm biến dò line

#### 4.1.1 Thông số kỹ thuật



Thông số	Giá trị	Đơn vị
Phạm vi hoạt động	0,2 – 15	mm
Góc phát	16	°
Góc thu	30	°
Dòng $I_{Cmax}$	100	mA
Dòng $I_{Fmax}$	60	mA
Kích thước bao	10,2 x 5,8 x 7	mm

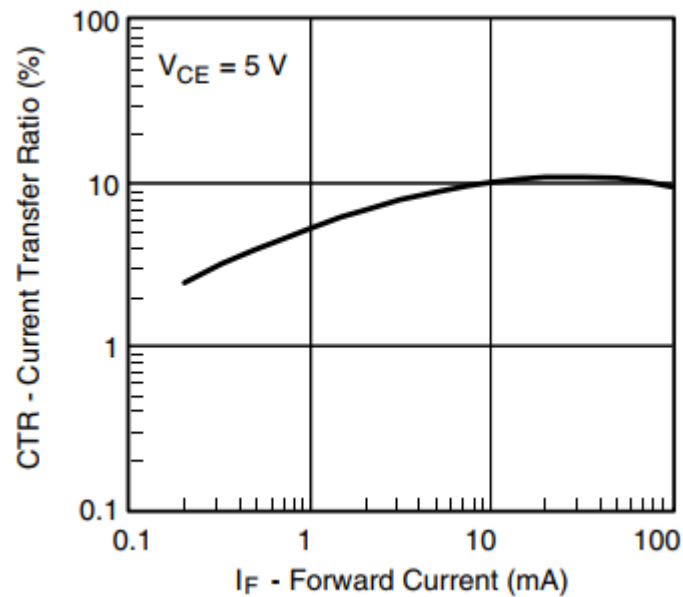
#### 4.1.2 Sơ đồ điện của cảm biến



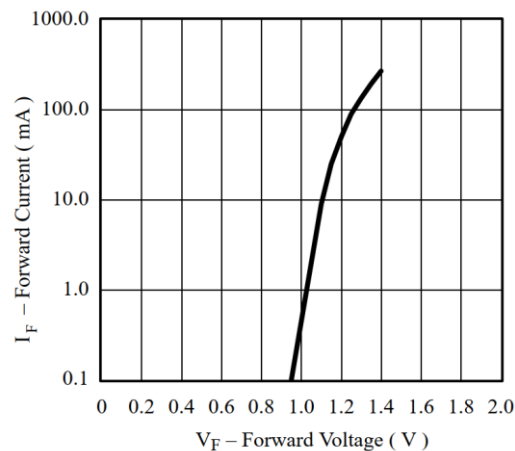
Để sử dụng cảm biến trong mạch, trước tiên cần xác định điện áp đầu vào cho cảm biến. Nguồn điện này có thể lấy trực tiếp từ vi điều khiển hoặc được cấp từ nguồn bên ngoài. Để cảm biến hoạt động hiệu quả nhất giá trị dòng điện áp cấp vào nên nằm trong khoảng 5VDC và không bị sụt áp quá nhiều. Với vi điều khiển điện áp cấp ra có thể được đo từ chân  $V_{ref}$  và GND.

Sơ đồ điện trên yêu cầu sử dụng hai điện trở,  $R_1$  và  $R_2$ :

- Điện trở  $R_1$  mắc nối tiếp với đèn LED để hạn chế dòng điện, đặt dòng điện ở mức thích hợp. Dòng điện phải đủ lớn để chiếu sáng bề mặt theo mong muốn nhưng không để quá lớn đến mức đèn LED bị cháy sáng (tuổi thọ thấp).



Đưa vào đồ thị phía trên, để có tỉ lệ chuyển đổi dòng tối ưu thì  $I_F$  nên nằm trong khoảng 20 – 40 (mA). Do đèn LED phát yêu cầu hoạt động trong thời gian dài, ta lựa chọn dòng điện qua LED  $I_F = 20$  (mA).



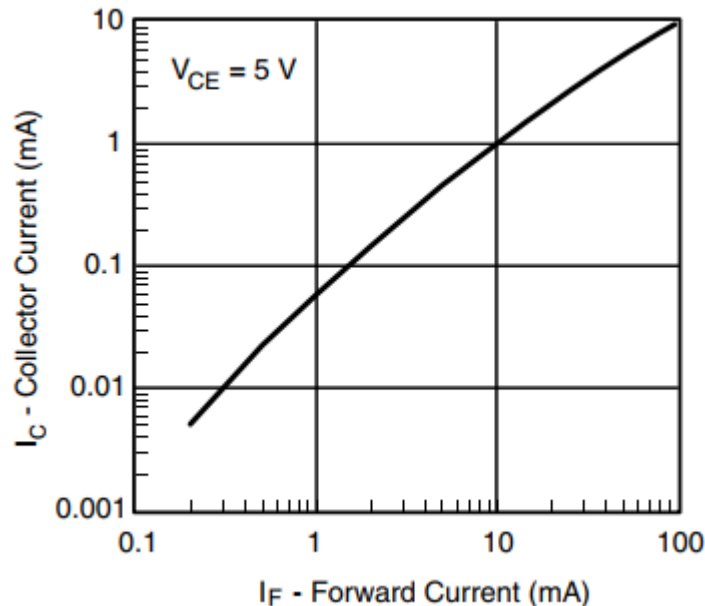
Dựa vào đồ thị phía trên, khi  $I_F = 20$  (mA) thì  $V_F$  hay  $V_{AK} \approx 1,1V$ . Áp dụng định luật Ohm tính:



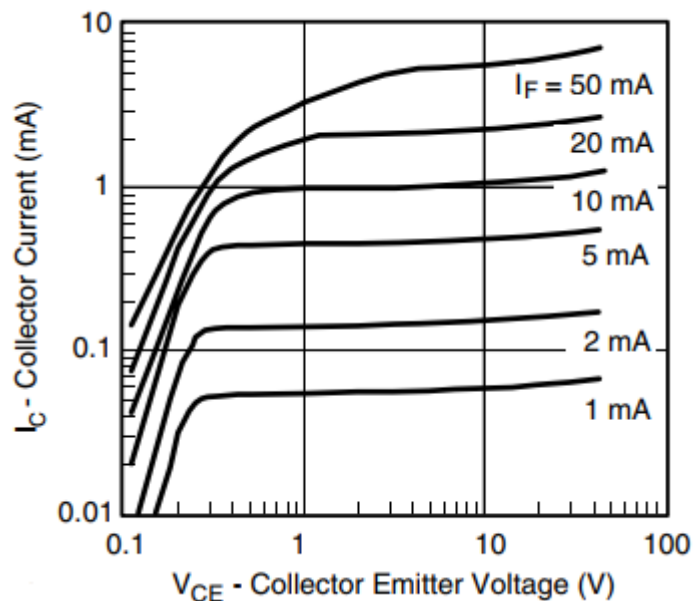
$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{AK}}{I_F} = \frac{5 - 1,1}{0,02} = 195 (\Omega)$$

⇒ Chọn loại điện trở  $R_1 = 220 (\Omega)$ .

- Điện trở  $R_2$  mắc nối tiếp với phototransistor để tạo thành một bộ chuyển đổi ánh sáng thành điện áp



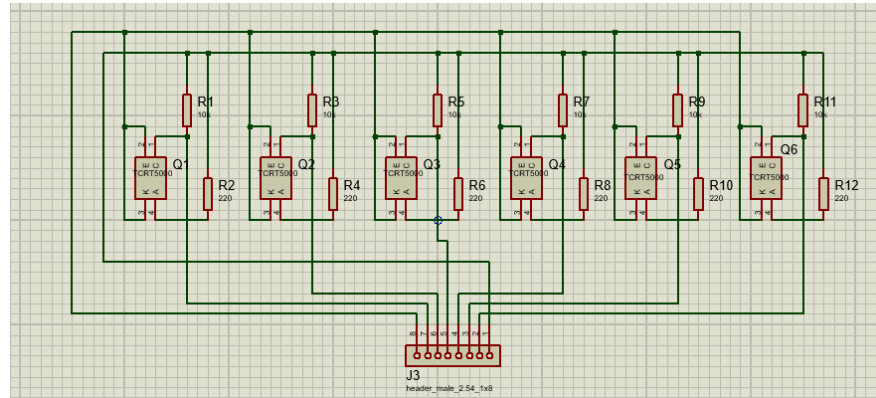
Dựa vào đồ thị phía trên, khi  $I_F = 20 (mA)$  thì  $I_C \approx 2 (mA)$ . Dòng điện thu  $I_C$  có thể xử lý nằm trong khoảng 10nA và 200nA (tuy nhiên còn phụ thuộc vào hiệu điện thế phát thu của cảm biến và ảnh hưởng của nhiệt độ), cho nên  $I_C = 2mA > 200nA$  (thỏa mãn).



Dựa vào đồ thị phía trên lựa chọn  $V_{CE} = 1V$ , áp dụng định luật Ohm tính:

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{5 - 1}{0,005} = 10000 (\Omega)$$

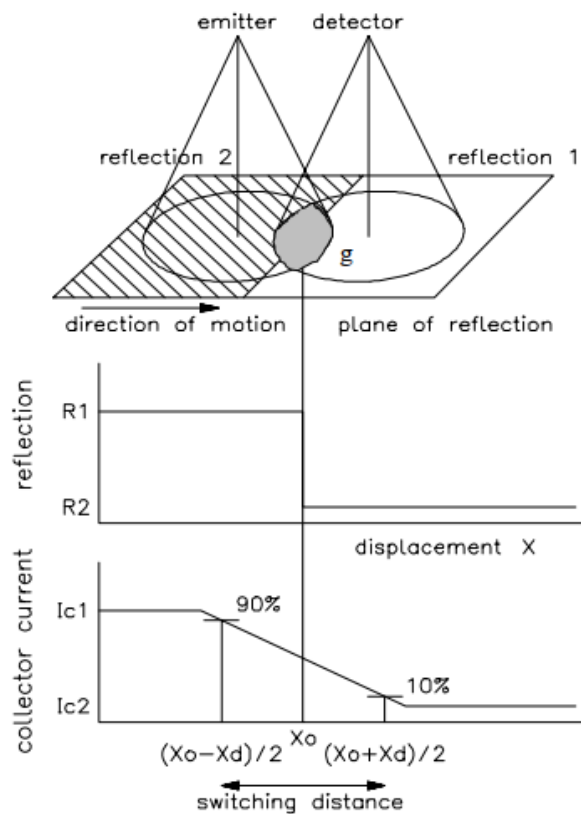
⇒ Chọn loại điện trở  $R_2 = 10000 (\Omega)$ .



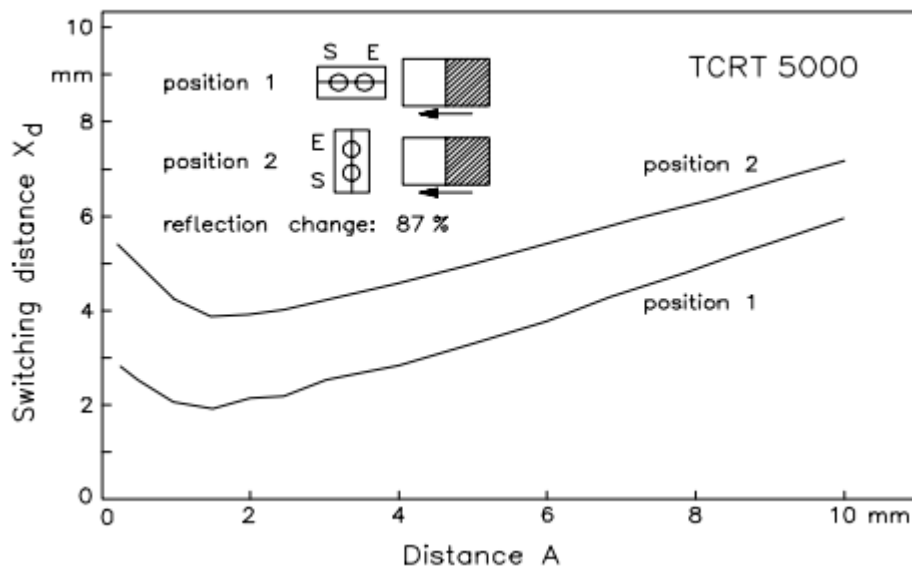
Hình 4.1 Sơ đồ nguyên lý của hệ thống cảm biến

### 4.1.3 Độ phân giải

Khả năng nhận diện đường line nhỏ nhất của cảm biến dựa vào switching distance. Đọc datasheet, đường line được nhận diện rõ ràng miễn là bề rộng đường line lớn hơn hoặc bằng khoảng cách chuyển dịch - switching distance.



Đối với đường cong ở vị trí 1 (position 1) có độ phân giải cao hơn đường cong vị trí 2 (position 2). Ở position 1, cảm biến có thể nhận diện đường line nhỏ hơn.



Hình 0.1: Phương án gá cảm biến

Kết luận: Lựa chọn phương án gá cảm biến theo vị trí 1.

#### 4.1.4 Tính chiều cao đặt cảm biến

Xác định khoảng cách các cảm biến đến mặt đường

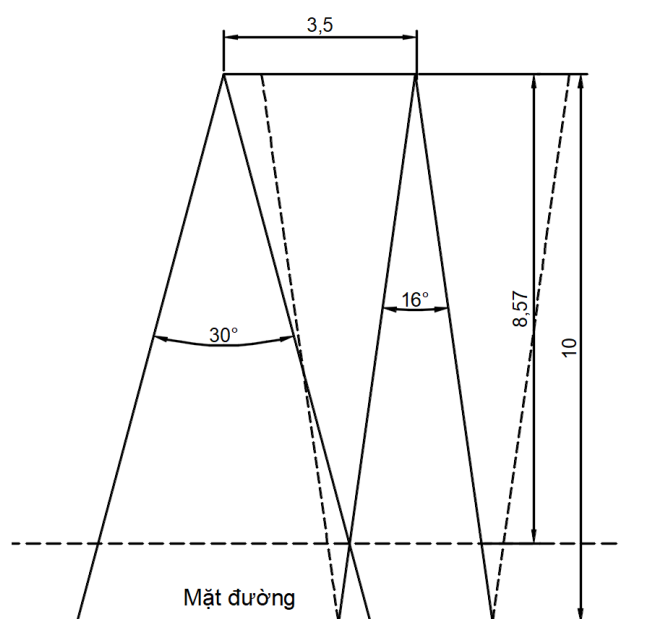
Với khoảng cách bộ thu và phát là 3.5 mm đo được từ cảm biến.

Từ datasheet:

Bộ thu có góc thu là 30 độ, bộ phát có góc phát là 16 độ

Vậy ta tính được khoảng cách mà hai góc giao thoa, mặt đường phải xa hơn góc này để cảm biến hoạt động tốt

Ta tính được khoảng cách đến mặt đường phải lớn hơn 8.57 mm.



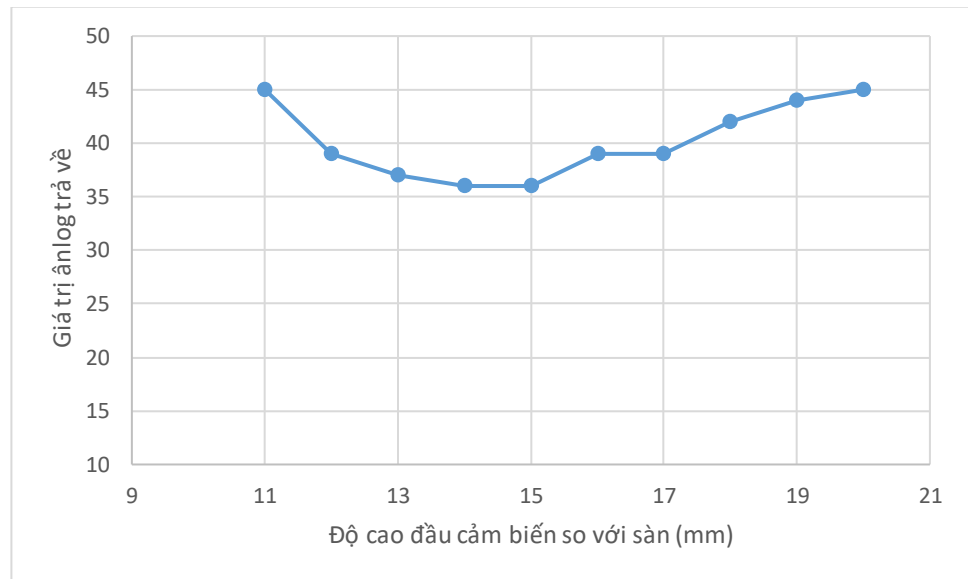
Đo thực nghiệm:

Điều kiện đo:

- Điện áp 3.3V.
- Test trên nền giấy kính.
- Khoảng cách lớn hơn 10mm vì độ cao đầu dò là 10mm.

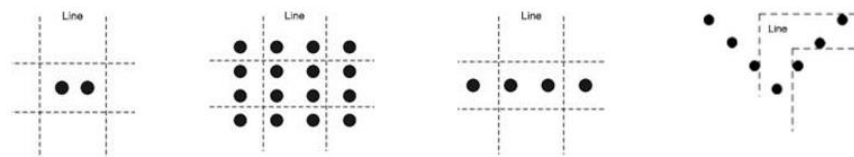
Các bước tiến hành:

- Đặt cảm biến theo đúng độ cao cần đo.
- Chỉnh cảm biến để khi vừa sang vạch thì đèn led sáng.
- Đo sự thay đổi của cảm biến từ giá trị cao (đen) sang giá trị thấp (trắng).



Dựa vào kết quả đo được, ở khoảng cách từ 13 đến 15mm thì ánh sáng bị phản xạ lại nhiều nhất (giá trị nhỏ nhất). Vậy chọn độ cao  $h = 15 \text{ mm}$ .

#### 4.1.5 Bố trí cảm biến



a) Bố trí 2 cảm biến

b) Bố trí ma trận

c) Bố trí đường ngang

d) Bố trí chữ "V"

So sánh các phương án bố trí cảm biến:

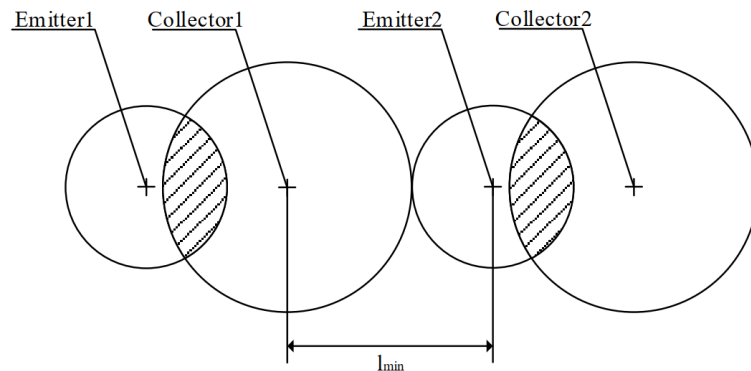
Cách bố trí cảm biến	Ưu điểm	Nhược điểm
<b>Bố trí hai cảm biến</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Đơn giản</li><li>- Tốc độ xử lý nhanh</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Độ chính xác thấp</li></ul>
<b>Bố trí ma trận</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nâng cao độ chính xác</li><li>- Tăng độ phân giải</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tốn kém chi phí, công kết nối</li><li>- Phức tạp trong điều khiển</li></ul>

<b>Bố trí đường ngang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đơn giản</li> <li>- Tốc độ xử lý nhanh</li> <li>- Dễ dàng bố trí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sai số khi vào cua</li> </ul>
<b>Bố trí chữ “V”</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phát hiện góc cua nhanh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cần đảm bảo trong lắp đặt</li> </ul>

Để đảm bảo tốc độ xử lý nhanh, gọn nhẹ hệ thống, dễ dàng bố trí và đơn giản trong giải thuật em tiến hành chọn phương án bố trí cảm biến theo đường thẳng nằm ngang.

Với chiều cao h đã xác định, khoảng cách giữa vùng thu và vùng phát tối thiểu giữa hai cảm biến để tránh tình trạng giao thoa là:

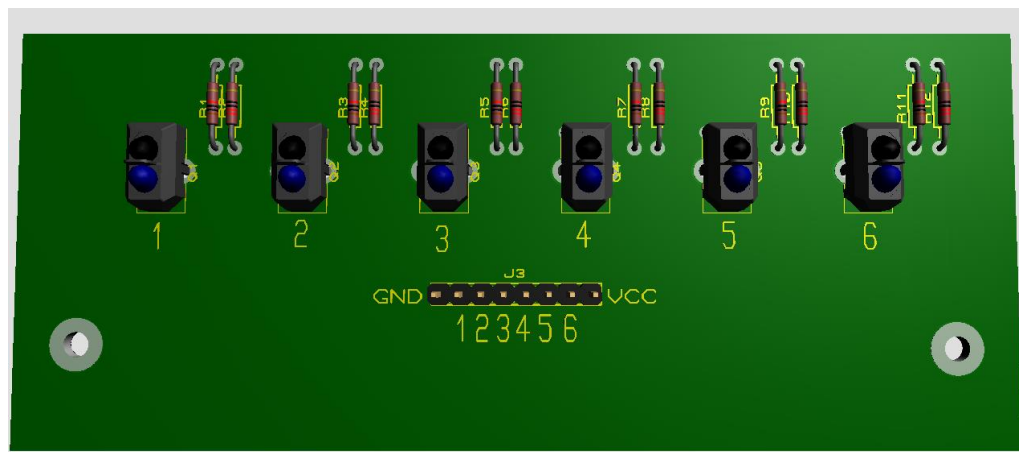
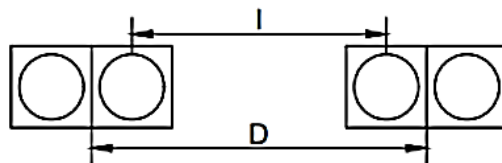
$$l_{min} = R + r = h(\tan(16) + \tan(30)) = 13.02 \text{ mm}$$



Khoảng cách tối thiểu giữa hai tâm cảm biến để tránh tình trạng giao thoa là:

$$D = l_{min} + d = 17$$

⇒ Chọn D = 17mm.



Hình 4.2 Sơ đồ mạch PCB của cảm biến dò line

#### 4.1.6 Thực nghiệm cảm biến

Sử dụng module cảm biến hồng ngoại TCRT5000, để tiến hành thực nghiệm:



Đo đạc kiểm nghiệm thời gian đọc và xử lý tín hiệu từ cảm biến với vi điều khiển.

Phương pháp tiến hành: Thiết lập bộ định thời Timer/Counter (hay T/C) cho chu kỳ đếm, sau mỗi chu kỳ đếm kiểm tra xe số vòng lặp chu kỳ thực hiện. Trong thí nghiệm này sử dụng Timer/Counter 1 (viết tắt Timer1).

Khởi động ngắt Timer1 tràn mỗi 0,02s. Số vòng lặp chương trình thực hiện được trước khi timer tràn: khoảng 20 lần. Như vậy, thời gian cho một lần đọc và xử lý tín hiệu từ cảm biến là:

$$T_{\text{sensor}} = \frac{0,02}{20} = 0,001s$$

Với giá trị này hoàn toàn phù hợp với yêu cầu đề bài là nhỏ hơn 0,01s.

#### 4.2 Tính chọn cảm biến vật cản

##### Thông số HCSR04:

Nguồn điện: +5V DC

Dòng điện tĩnh: <2mA

Dòng điện làm việc: 15mA

Góc hiệu dụng: <15°

Khoảng cách dao động: 2 - 300 cm

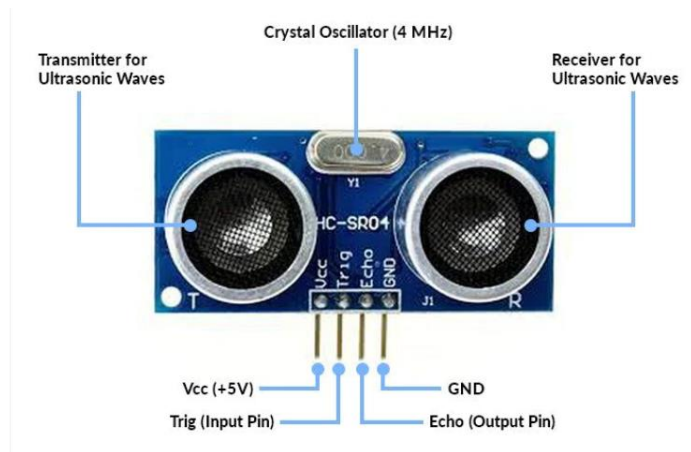
Độ phân giải: 0,3cm

Góc đo: 30°

Độ rộng xung đầu vào kích hoạt: 10μs

Kích thước: 45mm x 20mm x 15mm

Trọng lượng xấp xỉ. 10 g



### Xác định thông số:

Khoảng cách phát hiện 20cm

Xe: 1.5kg

Vận tốc: 0.3 m/s

Khi phát hiện thì tắt động cơ, sau đó lùi lại một chút.

Hệ số ma sát lăn, bánh xe cao su và sàn nhà theo ASTM > 0.5, chọn 0.5

Thời gian xe dừng lại khi tắt động cơ:

$$v^2 = u^2 + 2as$$

trong đó: v = vận tốc cuối cùng (0 m / s, khi xe dừng lại) u = vận tốc ban đầu (0,5 m / s) a = gia tốc (giá trị âm khi xe đang giảm tốc do ma sát) s = quãng đường di chuyển cho đến khi xe dừng lại

Sắp xếp lại phương trình, chúng ta nhận được:

$$s = (v^2 - u^2) / (2a)$$

Đầu tiên, hãy tính toán gia tốc:

$$\text{Lực ma sát} = u * m * g$$

Trong đó: u = hệ số ma sát (0,5) m = khối lượng của xe (1,5 kg) g = gia tốc do trọng lực (9,8 m / s ^ 2)

$$\text{Lực ma sát} = 0,5 * 1,5 * 9,8 = 7,35 \text{ N}$$

Lực ma sát bằng khối lượng nhân với gia tốc:

$$7,35 \text{ N} = 1,5 \text{ kg} * a$$

Do đó, gia tốc (a) là:

$$a = 7,35 \text{ N} / 1,5 \text{ kg} = 4,9 \text{ m} / \text{s}^2$$

Bây giờ, chúng ta có thể thay thế các giá trị vào phương trình để tìm (các) quãng đường đã đi:

$$s = (0^2 - 0,5^2) / (2 * -0,0098) = 0,0255 \text{ m (làm tròn đến bốn chữ số thập phân)}$$

Cuối cùng, chúng ta cần tính toán thời gian để xe di chuyển quãng đường này với tốc độ 0,5 m/s:

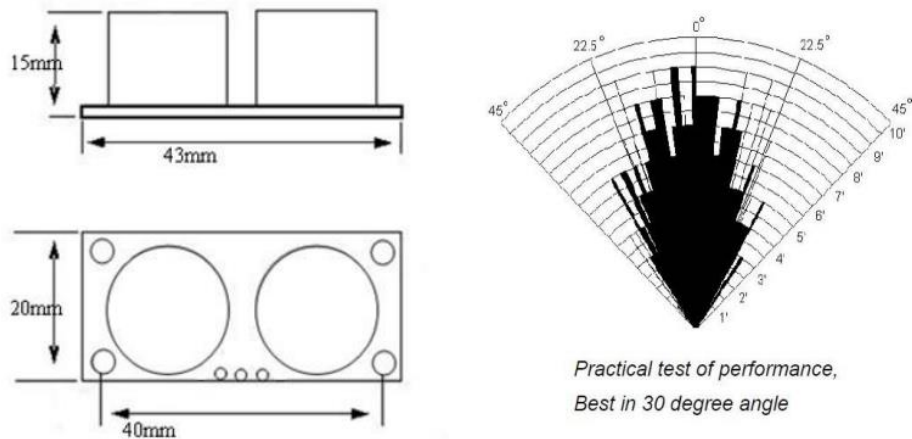
$$\text{thời gian} = s / u = 0,0255 \text{ m} / 0,5 \text{ m/s} = 51 \text{ ms}$$

$$\text{Khoảng cách tới vật khi dừng: } 20 - 2.55 = 17.45 \text{ cm}$$

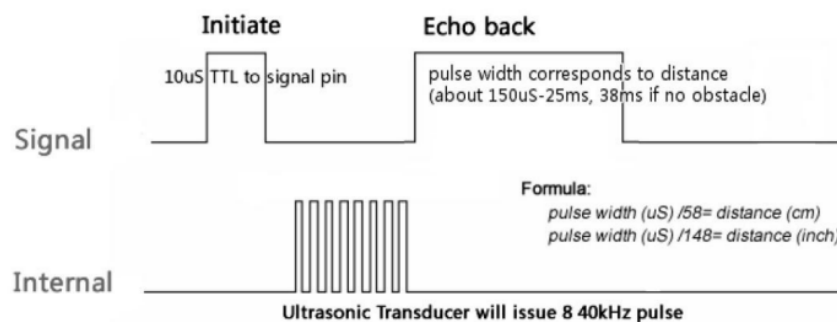
### Thời gian phát sóng (chu kỳ sóng):

Chu kỳ phát sóng nên > 50ms (datasheet) để sóng trước tiêu biến, chọn 100ms = 0.1 giây. Với 0.1s xe vận tốc 0.3m/s đi được 3cm (+3mm sai số cảm biến)

Vậy khoảng cách tới vật khi dừng lúc cảm biến phát hiện trễ  $17.45 - 3.3 = 14.15 \text{ cm}$



Practical test of performance,  
Best in 30 degree angle

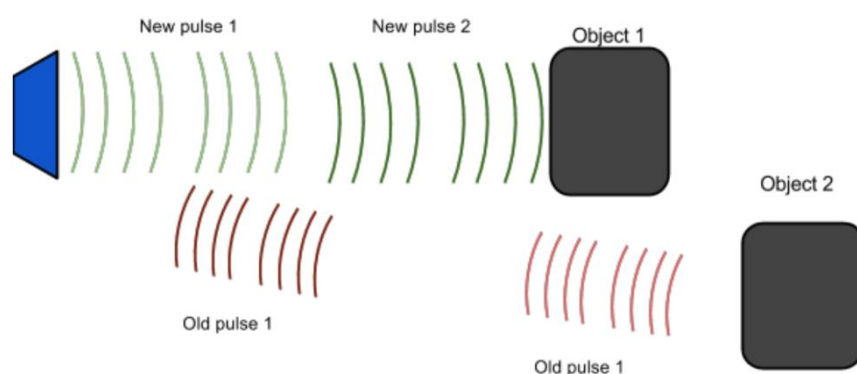
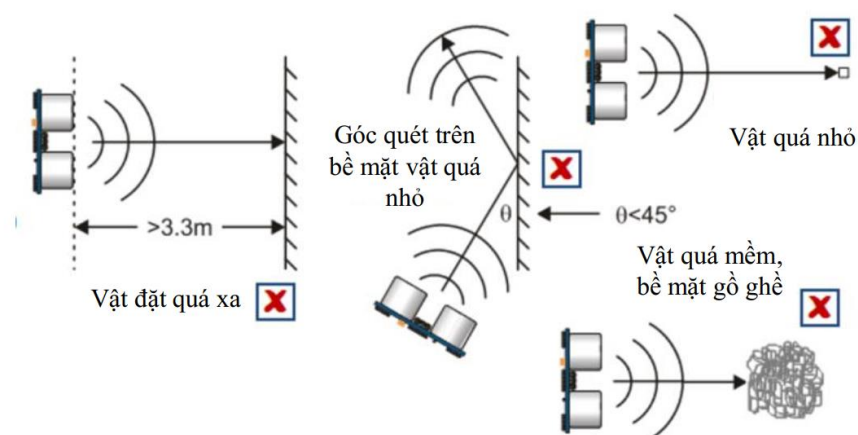
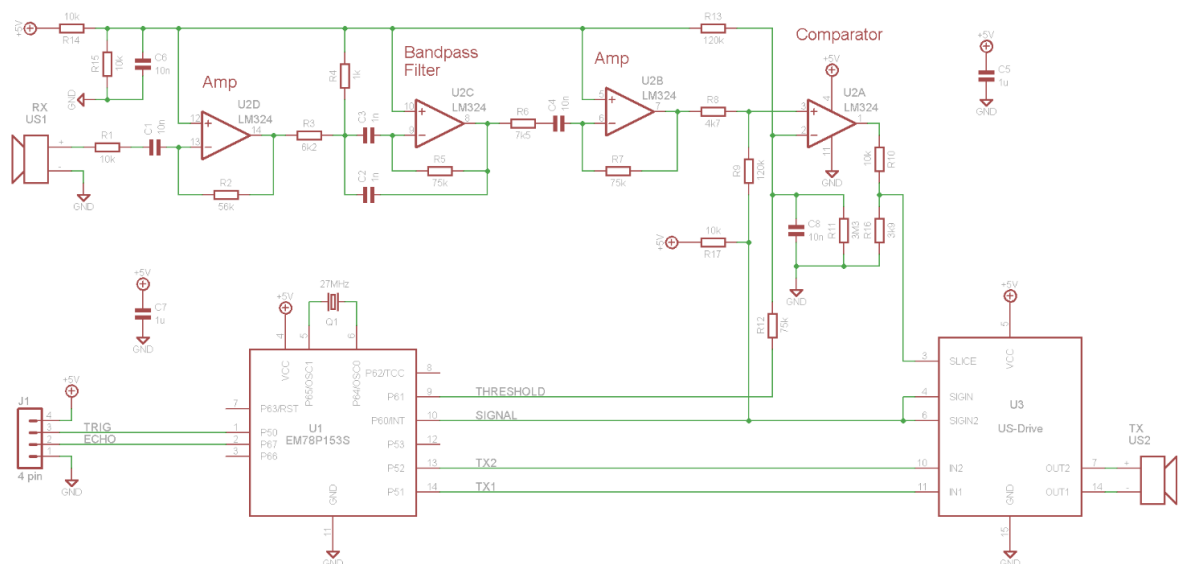


Formula:  
 pulse width (µs) / 58 = distance (cm)  
 pulse width (µs) / 148 = distance (inch)

Ultrasonic Transducer will issue 8 40kHz pulse

Sơ đồ mạch nguyên lý của cảm biến HC- SR04:

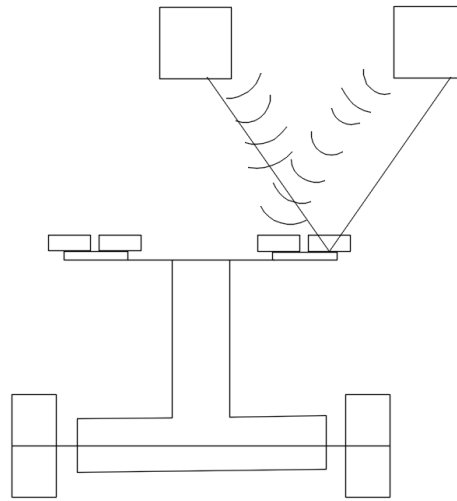




### Đo độ nhạy cảm biến siêu âm, đo góc phát hiện:

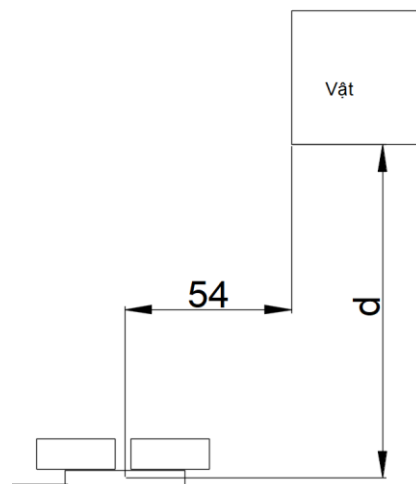
Nếu dùng một cảm biến thì để phát hiện rìa hai bánh xe có va chạm hay không ta phải điều chỉnh khoảng cách phát hiện xa, điều này dễ gây nhiễu và độ tin cậy cảm biến giảm. Vì vậy để cân bằng cho cảm biến hc-sr 04 thì ta dùng hai cảm biến hai bên để tiện cho việc phát hiện.

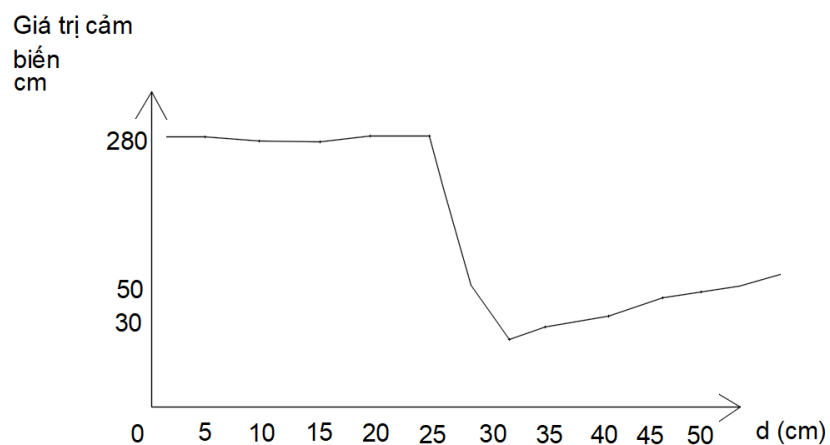
Ta chọn khoảng cách hai cảm biến sao cho nó phân bố đều hai bên xe, từ bản vẽ ta đo góc phát hiện của cảm biến biết khoảng cách rìa hai bánh xe đã chọn là 218 mm, vậy đặt hai came biến cách rìa bánh xe 54 mm.



Quy trình thực hiện:

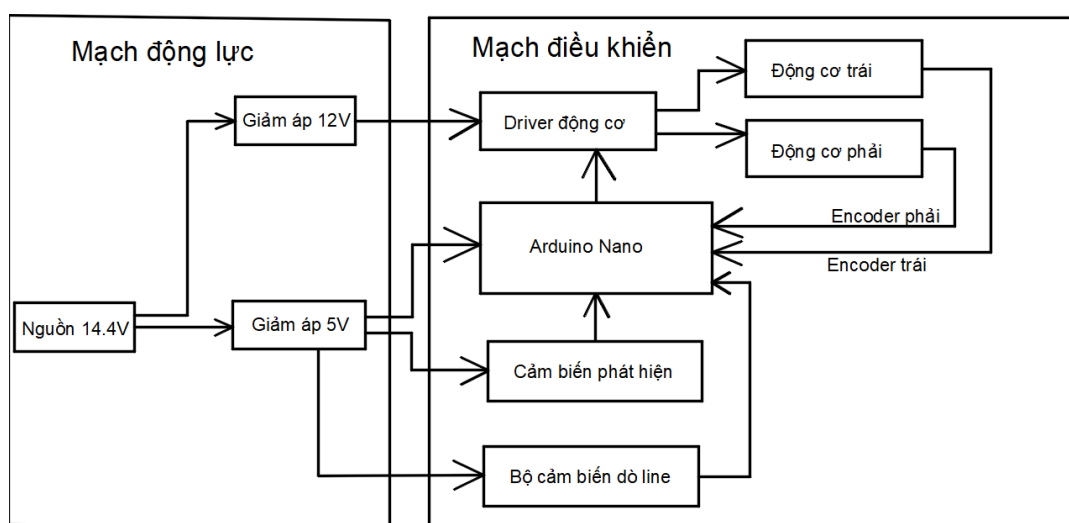
- Đặt cảm biến ở vị trí đã định và đặt vật ở rìa bánh xe, đo giá trị cảm biến.
- Dịch chuyển vật lần lượt ra xa xe và thực hiện lại như trên.



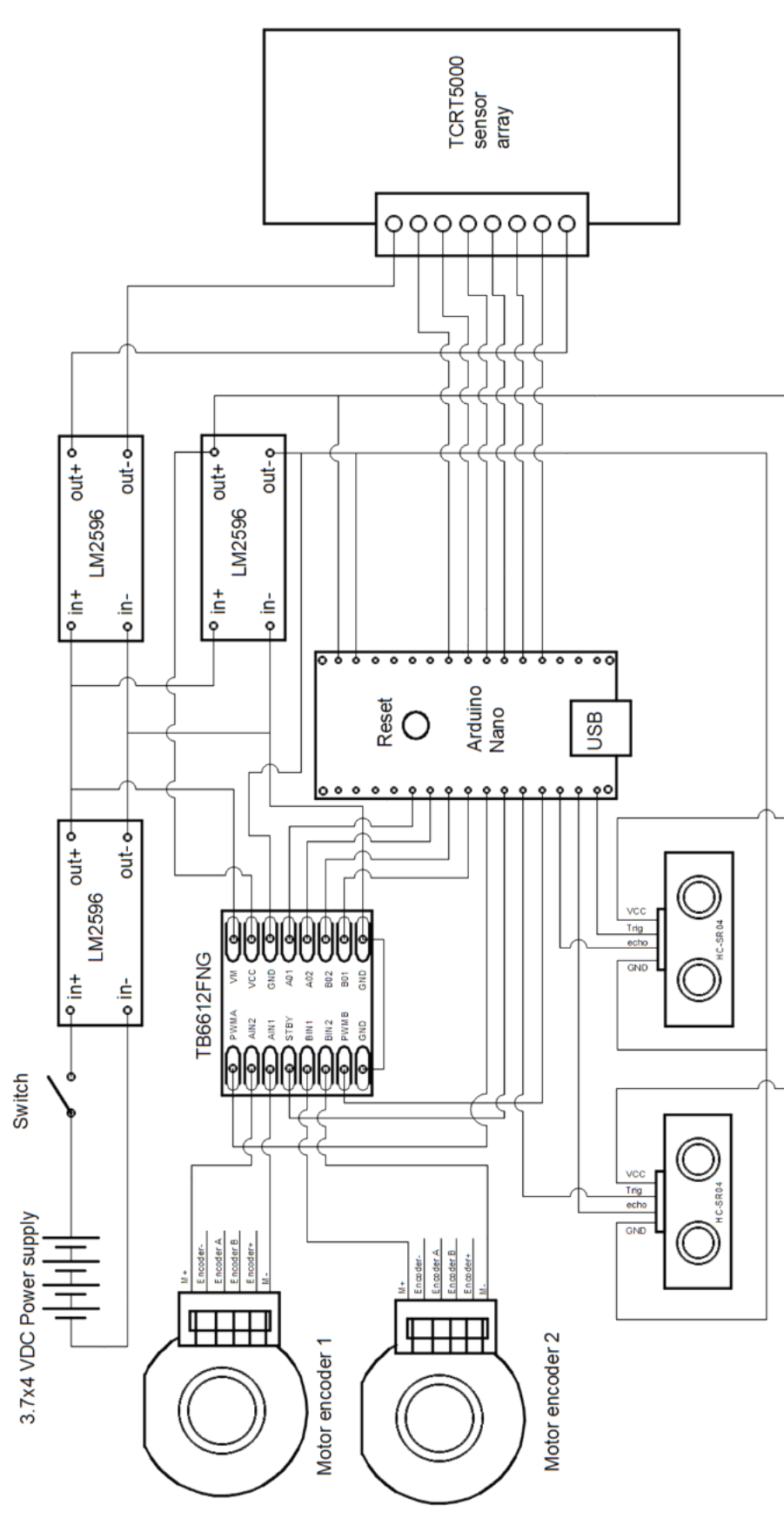


Với khoảng cách từ 30 cm thì cảm biến có thể phát hiện vật nhưng vẫn còn dao động do độ lắc lư của xe và các yếu tố khác. Như vậy ta chọn khoảng cách phát hiện vật là 30 cm. Vì ta không cần robot dừng đúng vị trí cụ thể mà chỉ cần dừng trước vật cản nên ta dùng encoder tính sao cho đúng khoảng 20 cm thì dừng lại và vòng qua vật.

### 4.3 Sơ đồ khối nguyên lý hệ thống điện



Hình 4.3 Sơ đồ nguyên lý điều khiển của hệ thống



Hình 4.4 Sơ đồ điện của hệ thống

#### 4.4 Tính toán nguồn điện

Thiết bị	Số lượng	Điện áp sử dụng (V)	Công suất tối đa 1 thiết bị (W)
Arduino nano	1	5	Max 3
Động cơ JGA25-370 có encoder	2	12	3.6
Driver TB6612	1	5	Max 1.36
Cảm biến TCRT5000	5	3.3	0.1
Cảm biến HC-SR04	2	5	0.075

Ta dùng bộ nguồn 4 pin lithium 18650 với mỗi pin là 3.7V vậy ta được nguồn 14.4V

Thông số pin 18650:

Tên	18650 Lithion
Điện áp trung bình	3.7VDC, sạc đầy 4.2V
Dung lượng	2100 mAh
Dòng xả tối đa	30 A
Trọng lượng trung bình	43g

Dùng hạ áp LM2596 14.4v - 12V với công suất thấp nhất là 75% [tài liệu]

Dùng hạ áp LM2596 12v - 5V với công suất thấp nhất là 80%

Dùng hạ áp LM2596 12 - 3.3V với công suất thấp nhất là 75%

Vậy ta có tổng công suất cần thiết vận hành:

$$P * 0.75 = 2 * 3.6 + \frac{3 + 1.36 + 0.075 * 2}{0.8} + 0.1 * \frac{5}{0.75}$$

$$P = 18.006 \text{ W}$$

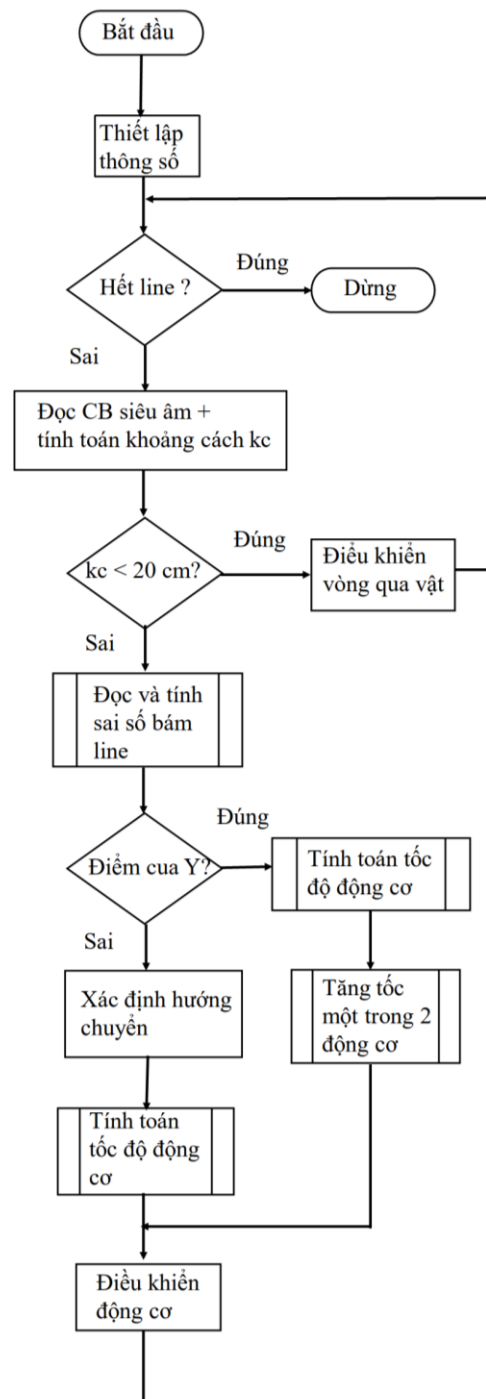
Ta nhân thêm hệ số an toàn 20% vậy ta có công suất  $P = 21.6072 \text{ W}$

**Tính thời gian hoạt động:**

Với 4 pin lithium 18650 có giá trị 3.7V và 2100 mAh ta được tổng 8400 mAh.

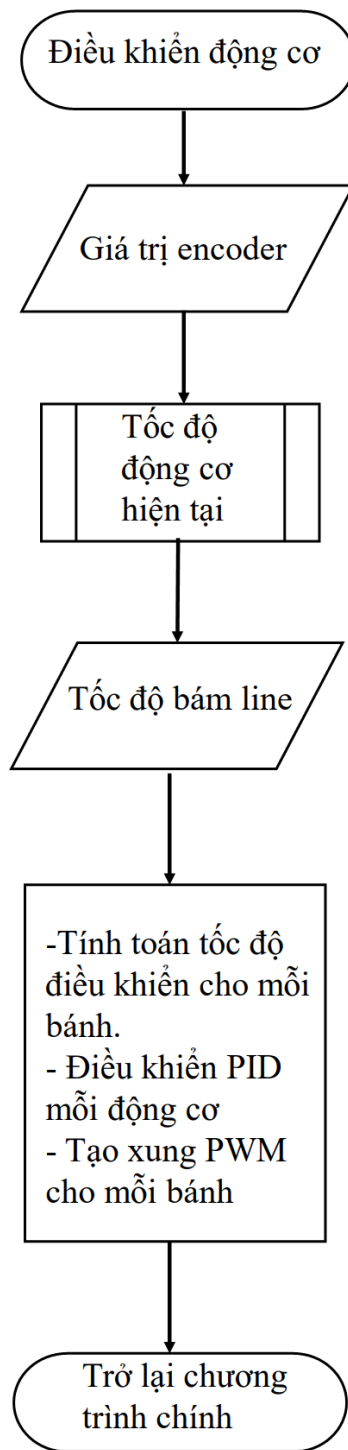
$$T = \frac{8.4}{14.4} = 0.5833 \text{ h}$$

#### 4.5 Lưu đồ giải thuật



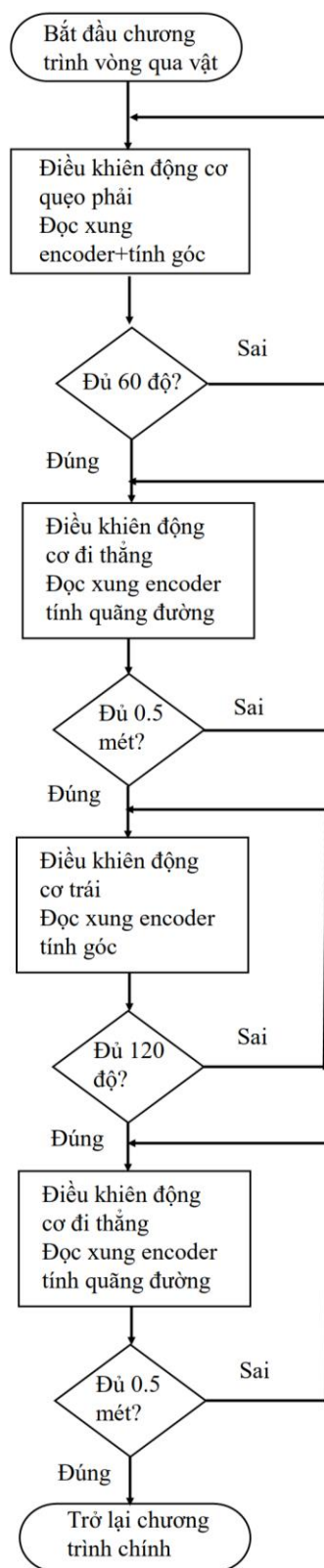
#### Giải thuật điều khiển xe

Hình 4.5 Sơ đồ khối điều khiển xe



**Giải thuật điều khiển hai động cơ**

Hình 4.6 Giải thuật điều khiển động cơ



**Giải thuật điều khiển  
vòng qua vật**

Hình 4.7 Giải thuật điều khiển vòng qua vật

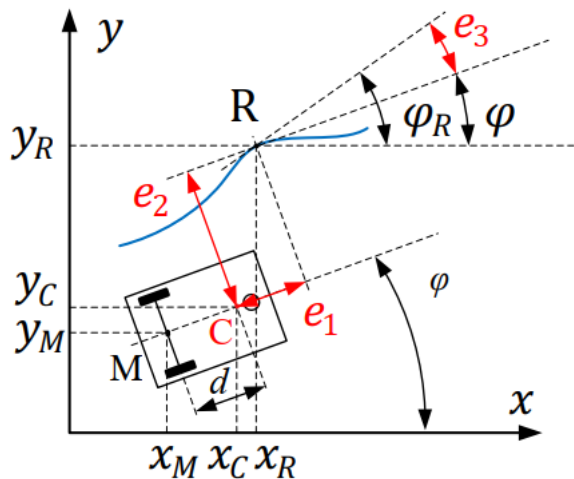


## CHƯƠNG 5: MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG

### 5.1 Mô hình hóa động học hệ thống

Mô hình hóa động học:

Thiết lập phương trình động học cho robot Sử dụng mô hình tính toán như hình



Hình 5.1 Động học của robot

Cho các vị trí tính toán như sau:

M: Trung điểm hai bánh chủ động

C: Trung điểm dây cảm biến dò line

R: Điểm tham chiếu bám line

Đặt:

$\omega$  là vận tốc góc của xe

$v$  là vận tốc dài của xe

$d$  là khoảng cách giữa điểm M và C

Phương trình động học robot tại điểm M:

$$\begin{cases} \dot{x}_M = v \cos \varphi \\ \dot{y}_M = v \sin \varphi \\ \dot{\varphi}_M = \omega \end{cases}$$

Tương tự phương trình động học tại điểm C

$$\begin{cases} \dot{x}_C = \dot{x}_M - d\dot{\varphi}\sin\varphi \\ \dot{y}_C = \dot{y}_M + d\dot{\varphi}\cos\varphi \\ \dot{\varphi}_C = \dot{\varphi}_M \end{cases}$$

Tương tự phương trình động học tại điểm R

$$\begin{cases} \dot{x}_R = v_R \cos\varphi_R \\ \dot{y}_R = v_R \sin\varphi_R \\ \dot{\varphi}_R = \omega_R \end{cases}$$

Từ đó ta tính được sai lệch giữa vị trí dò line C và vị trí bám line mong muốn R

$$\begin{bmatrix} x_R - x_C \\ y_R - y_C \\ \varphi_R - \varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi & 0 \\ \sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$$

Với  $e_1, e_2, e_3$  lần lượt là sai số về vị trí theo tọa độ x, y và góc di chuyển trên hệ trục tọa độ tương đối gắn với xe robot của trọng tâm cảm biến C với điểm mong muốn R trên đường line.

$$\begin{cases} e_1 = (x_R - x_C)\cos\varphi + (y_R - y_C)\sin\varphi \\ e_2 = -(x_R - x_C)\sin\varphi + (y_R - y_C)\cos\varphi \\ e_3 = \varphi_R - \varphi \end{cases}$$

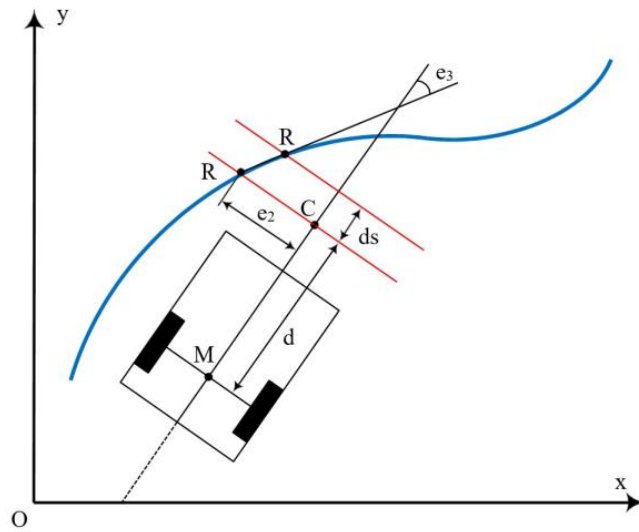
Đạo hàm và rút gọn hệ trên ta được:

$$\begin{cases} \dot{e}_1 = v_R \cos(\varphi_R - \varphi) - v + e_2\omega \\ \dot{e}_2 = v_R \sin(\varphi_R - \varphi) - (d + e_1)\omega \\ \dot{e}_3 = \omega_R - \omega \end{cases}$$

Hay theo dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \dot{e}_1 \\ \dot{e}_2 \\ \dot{e}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_R \cos e_3 \\ v_R \sin e_3 \\ \omega_R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & e_2 \\ 0 & -d - e_1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$$

Gọi  $ds$  là khoảng dịch chuyển của xe theo hướng cũ trong một khoảng thời gian. Chọn M (điểm nằm giữa 2 bánh) là điểm bám line và C là điểm giữa của dãy cảm biến. Khi đó sai số  $e_1$  bị triệt tiêu, sai số  $e_2$  sẽ được đo bởi cảm biến còn sai số  $e_3$  của xe so với đường line được xác định:



Hình 5.2 Sai số của robot

Để tính sai số này, ta cho xe di chuyển theo phương trước đó của xe một đoạn  $ds$  sao cho  $ds$  đủ nhỏ để khi nối 2 điểm  $R, R'$  ta được phương tiếp tuyến với đường cong. Khi đó  $e_3$  được tính bằng công thức:

$$e_3 = \arctan\left(\frac{e_2 - e_2'}{ds}\right)$$

Ta nhận thấy rằng: tại một vị trí đường line, ta sẽ xác định được giá trị góc giữa đường tâm xe so với trục ngang  $Ox$ . Từ mối quan hệ giữa tọa độ tâm hai bánh xe, tọa độ tâm cảm biến và góc giữa đường tâm xe so với trục ngang ta sẽ xác định được phương trình đường thẳng đi qua các cảm biến – được dùng trong mô phỏng để xác định sai số  $e_2$ . Dựa theo phần trình bày trên, ta sẽ tìm được các giá trị sai số đưa vào bộ điều khiển.

### Thiết kế bộ điều khiển:

Ta có các bộ điều khiển có thể áp dụng trong mô hình này như:

#### Bộ điều khiển On/Off:

Với bộ điều khiển này ta không xét đến hai thông số  $e_1$  và  $e_3$  mà chỉ sử dụng  $e_2$ . Cụ thể, khi  $e_2$  âm hoặc dương tương đương với độ lệch qua phải hay qua trái của tâm cảm biến so với điểm bám line,  $e_2$  càng lớn sẽ lệch càng lớn nên mỗi khi lệch, ta điều khiển động cơ quay qua trái hoặc phải tương ứng. Trong quá trình điều khiển, bộ xử lý nhận tín hiệu từ cảm biến từ đó tính ra sai lệch  $e_2$ , sau đó bộ điều khiển kích cho động

cơ bên hoạt động nhằm chỉnh về vị trí tương ứng, khi đó động cơ sẽ hoạt động trạng thái đó cho tới khi tắt tức là khi phát hiện xe bị lệch qua bên còn lại. Nhìn chung đây là cách đơn giản nhất nhưng robot sẽ di chuyển lắc lư không bám line ổn định.

Bộ điều khiển PID:

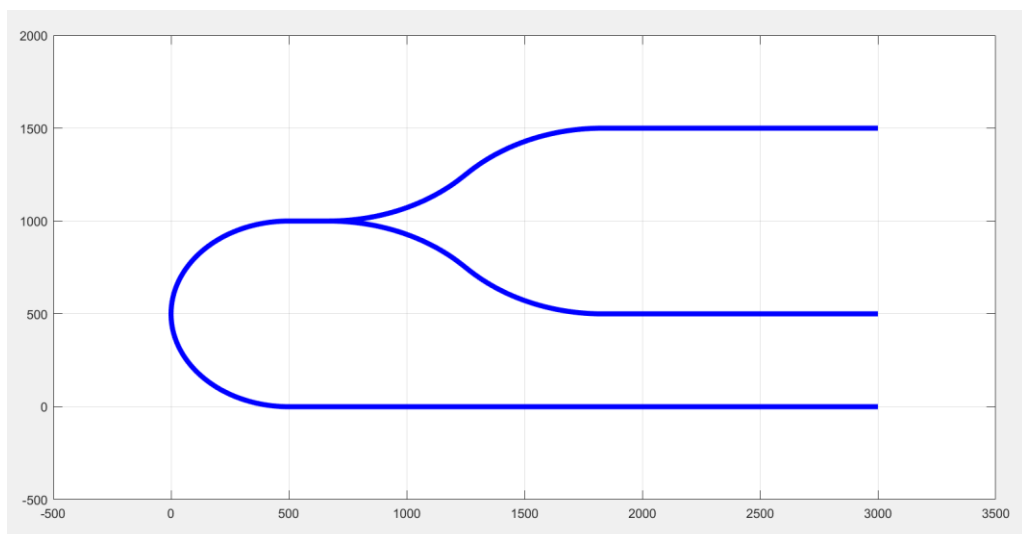
Ta điều khiển động cơ thông qua sai số  $e_2$  nhưng theo quy luật PID, quy luật này giảm thiểu độ lệch khi động cơ hoạt động sao cho đến một mức vừa phải cân bằng với đường line nên việc quan trọng là chọn các thông số của bộ điều khiển để xe không bị vượt quá line so với bộ điều khiển on/off.

Bộ điều khiển tiêu chuẩn Lyapunov:

Đây là bộ điều khiển hiệu quả nhất bằng việc tính vận tốc và góc xoay của xe dựa vào các sai số, nó yêu cầu bộ điều khiển phải hoạt động nhanh và nhiều hơn, quy trình phức tạp nhưng đổi lại xe sẽ chạy ổn định và nhanh hơn nhờ xác định được các thông số cần thiết tương đối của xe.

⇒ Đối với xe dò line tránh vật cản quy mô sinh viên, với các thông số yêu cầu sai số 3mm nếu ta dùng bộ điều khiển on/off cần xử lý rất nhanh và nhiều để xử lý, dẫn tới các giới hạn về các thành phần khác, không đảm bảo yêu cầu ổn định của robot. Với bộ điều khiển Lyapunov, để có sự ổn định ta cần tính toán phức tạp, điều này không cần thiết đối với mô hình robot dò line thông thường, chưa kể để đo được các thông số chính xác ta cần các thiết bị chuyên nghiệp, giá thành cao để cấu tạo nên robot. Vì vậy, với quy mô này ta chọn bộ điều khiển PID vừa đáp ứng được sự ổn định chung và có thể thực hiện trên mô hình một cách tổng quan ít xét đến nhiều yếu tố khác trên robot.

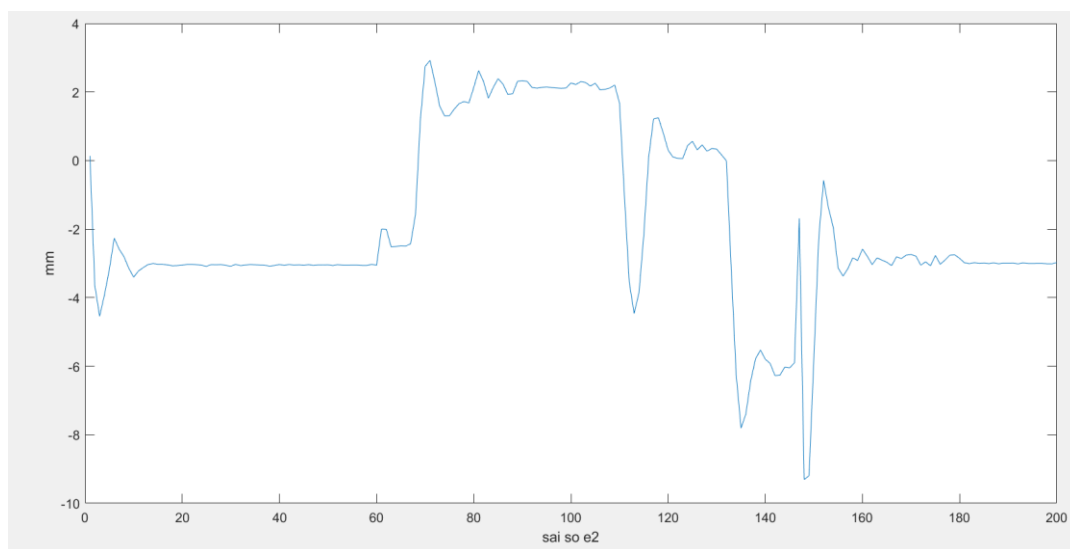
## 5.2 Mô phỏng trên Matlab



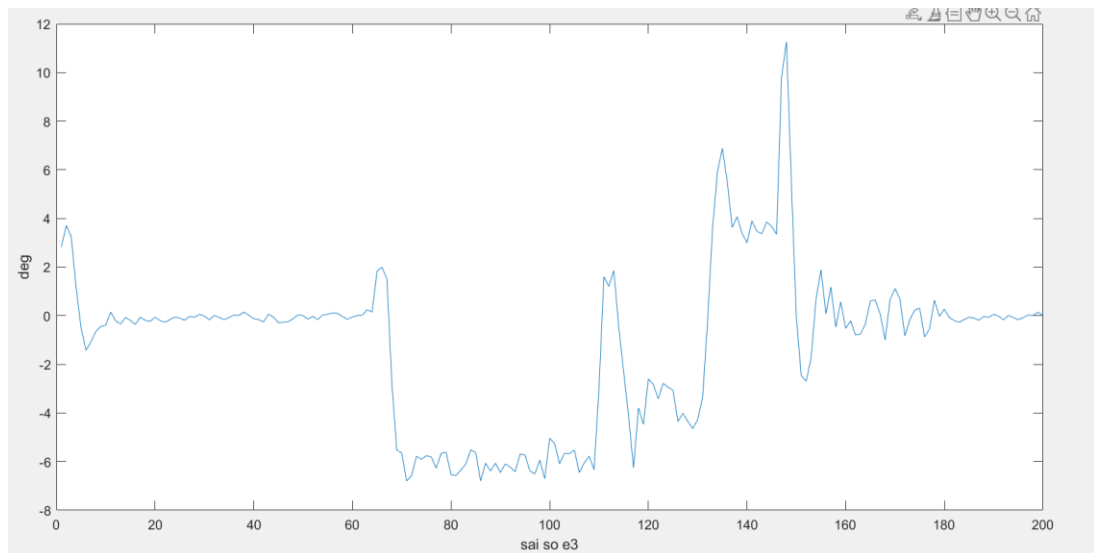
Hình 5.3 Mô hình line trên Matlab

**Các thông số đầu vào:**

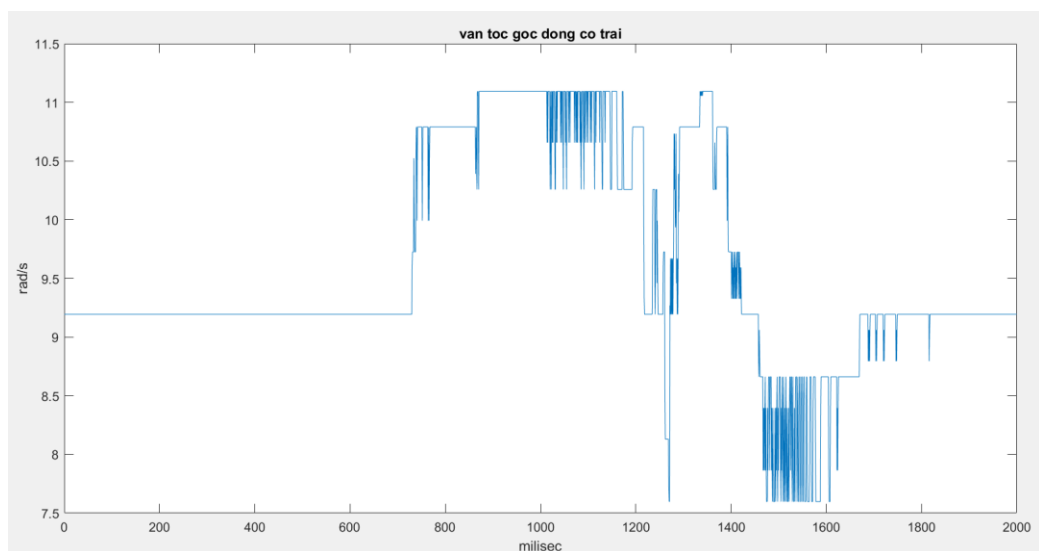
Đại lượng	Giá trị	Đơn vị
Bán kính bánh xe	65	mm
Khoảng cách hai bánh xe	186.5	mm
Vận tốc xe	0.3	m/s
Khoảng cách tâm cảm biến đến tâm hai bánh xe	210	mm
Khoảng cách 2 sensor	17	mm
Thời gian lấy mẫu	0.01	s
Thời gian đọc động cơ	0.001	s



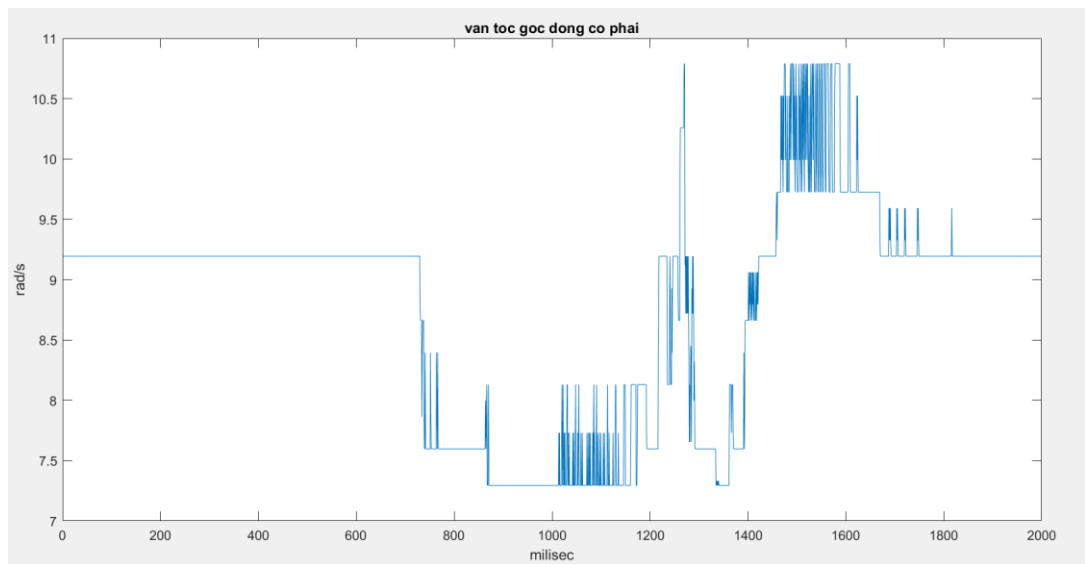
Hình 5.4 Sai số e2



Hình 5.5 Sai số e3



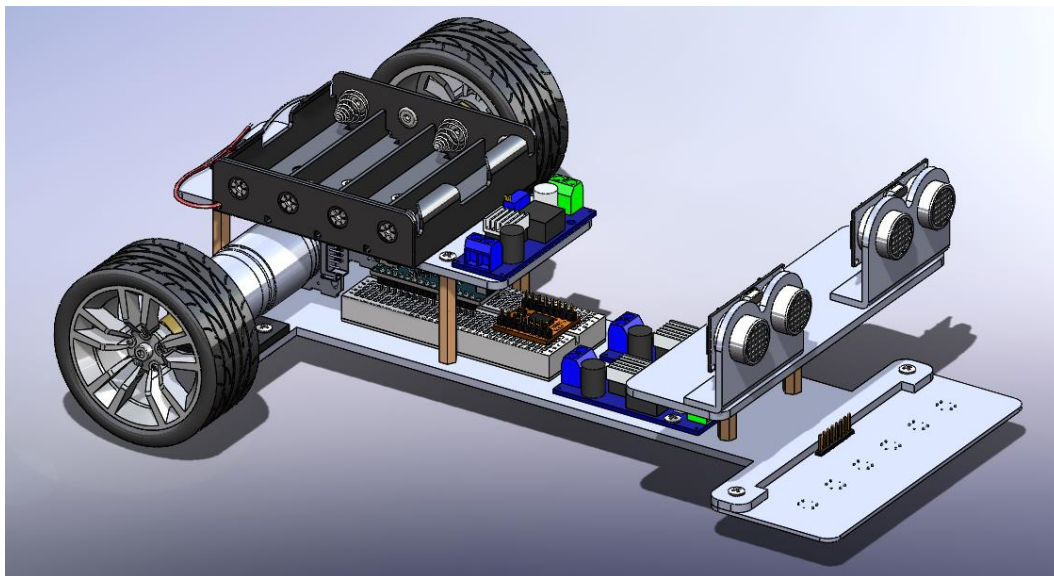
Hình 5.6 Vận tốc góc động cơ trái



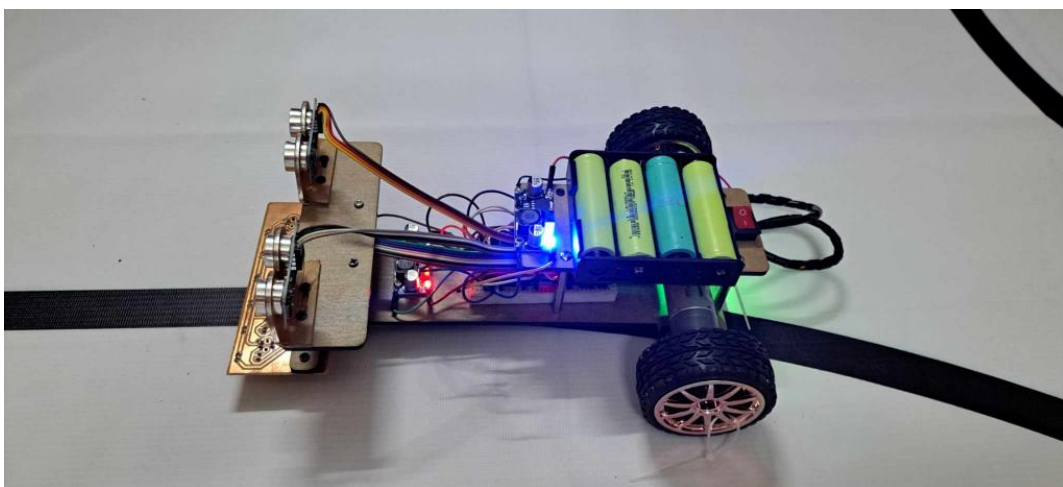
Hình 5.7 Vận tốc góc động cơ phải

## CHƯƠNG 6: KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

### 6.1 Mô hình thực nghiệm

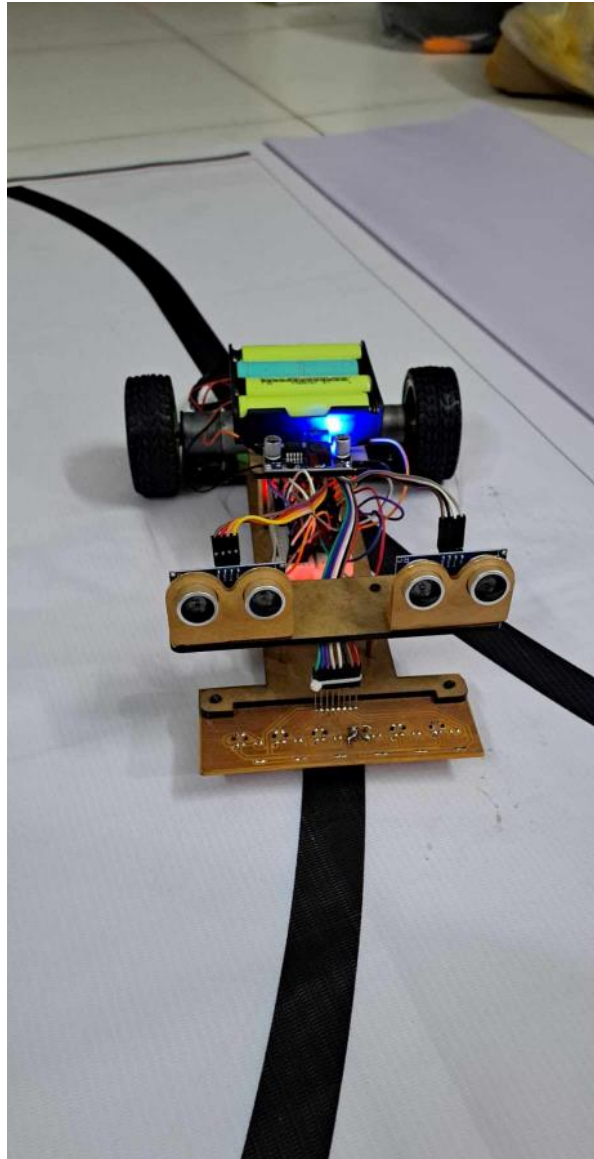


Hình 6.1 Mô hình thiết kế Solidworks



Hình 6.2 Mô hình 1





Hình 6.3 Mô hình 2

## 6.2 Đánh giá và kết luận

- Đạt yêu cầu đặt ra: chạy đúng đường line định sẵn, thiết kế cơ khí cơ bản đảm bảo độ cứng vững.
  - Hạn chế: cảm biến dễ bị nhiễu, tốc độ xe chạy còn chậm, tại các điểm rẽ xe chạy chưa ổn định.
  - Calib cảm biến khi môi trường thay đổi sẽ thay đổi ít nhiều.
  - Ảnh hưởng của sự không đồng trục giữa hai bánh xe và đáp ứng động cơ đến quỹ đạo của xe.
- + Ta thấy sai số e2 dao động khi khởi động, lúc này hai motor chưa có vận tốc ban đầu và thời gian đáp ứng khác nhau. Khi đến khúc cua thì sai số tăng lên vì cần điều chỉnh motor nhiều và sai số đạt cao nhất gần 9.5mm khi nó chuyển hướng của ngược lại với hướng chuyển động tạo ra sai số lớn.

+ Do thời gian và vấn đề kinh phí nên mô hình chỉ đáp ứng nhu cầu cơ bản, độ chính xác thấp.

Những biện pháp tăng cường độ chính xác:

- Về phần cơ khí:

+ Gia công thân xe và gá trục động cơ lại bằng vật liệu nhôm để đảm bảo độ đồng tâm giữa 2 bánh xe tốt hơn.

+ Vấn đề chọn lựa động cơ cũng là vấn đề được quan tâm, không những đáp ứng đủ momen, tốc độ mà còn đảm bảo trục động cơ lúc xoay không bị đảo.

- Về phần điện:

+ Thiết kế thêm bộ phận che chắn cảm biến đảm bảo môi trường ánh sáng ổn định. Dùng cảm biến chuyên dụng tăng cường độ chính xác và ổn định. Cần có các cảm biến nhận dạng vật trong lúc tránh vật cản vì thực tế có nhiều vật cản.

Trong quá trình làm đồ án, gặp nhiều vấn đề thực tiễn khác với lý thuyết đã học buộc phải tìm cách khắc phục nó, từ đó bổ sung nhiều phần hỏng trong quá trình học tập. Hiểu rõ quá trình thiết kế, lập trình robot bám đường đơn giản.

Dựa vào cách hoạt động của robot dò line chúng ta có thể phát triển rộng hơn để tạo ra các loại robot khác phục vụ trong mọi lĩnh vực của cuộc sống, giúp con người thực hiện những công việc phức tạp một cách đơn giản, nhẹ nhàng hơn

Vì thời chỉ khoảng hạn chế nên không thể tránh khỏi những sai sót khi làm việc cũng như viết báo cáo, vẫn chưa hiểu sâu về ngành và các vấn đề gặp trong thực tế dẫn đến bài thu hoạch vẫn còn một số hạn chế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Huu Danh Lam et. al., *Smooth Tracking Controller for AGV*, Tuyển tập HN Cơ điện tử lần 7, VCM-2014, pp.597-601, Vietnam, 2014
- [2] Nguyễn Tấn Tiên, Trần Thanh Tùng, và Kim Sang Bong, *Giảng dạy thiết kế hệ thống cơ điện tử qua đồ án*, Hội nghị toàn quốc lần thứ 8 về Cơ Điện tử, VCM-2016
- [3] BrooksBots - FireBall Line Following Robot
- [4] Lê Khánh Điền, *Vẽ kỹ thuật cơ khí*, NXB Đại học Quốc gia TP HCM, 2011
- [5] J.H. Su et. al., *An Intelligent Line-Following Robot Project for Introductory Robot Courses*, World Transactions on Eng. and Technology Education, Vol.8, No.4, pp.455-461, 2010
- [6] G. H. Lee et. al., *Line Tracking Control of a Two-Wheeled Mobile Robot Using Visual Feedback*, International Journal of Advanced Robotic Systems
- [7] Muhammad Bilal, *Line following and obstacle avoiding car*, 3/5/2022, <https://atmega32-avr.com/line-following-and-obstacle-avoiding-car>
- [8] A. H. Ismail et. al., *Vision-based System for Line Following Mobile Robot*, *IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA 2009)*, October 4-6, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia
- [9] Toshiba – Datasheet TB 6612FNG
- [10] Mitsumi – Datasheet DC motor with encoder
- [11] Richard T. Vannoy II - Designing and Building a Line Following Robot
- [12] STMicroelectronics – Datasheet L298
- [13] Vishay - Application of Optical Reflex Sensors