

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC



TRẦN THẾ ANH

**THIẾT KẾ ROBOT TẠO XUNG LỰC
ĐỂ ĐẨY VẬT DI CHUYỂN VÀO CÁC
TỌA ĐỘ ĐỊNH TRƯỚC**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ

HÀ NỘI, 2025

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

TRẦN THẾ ANH

THIẾT KẾ ROBOT TẠO XUNG LỰC
ĐỂ ĐẨY VẬT DI CHUYỂN VÀO CÁC
TỌA ĐỘ ĐỊNH TRƯỚC

Chuyên ngành : Kỹ Thuật Cơ Khí

Mã số : 8520103

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT CƠ KHÍ

Người hướng dẫn khoa học:

1. TS. LÊ THƯỢNG HIỀN

2. TS. LẠI NĂNG VŨ

HÀ NỘI, 2025

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin chân thành cảm ơn Giảng viên hướng dẫn TS. Lê Thượng Hiền và TS. Lại Năng Vũ đã luôn tận tình chỉ bảo hướng dẫn tôi trong suốt quá trình học tập cũng như quá trình làm luận văn.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn tới Thầy/Cô giảng dạy trong suốt quá trình học tập và Các bộ phận, phòng ban chức năng của trường Đại học Điện lực đã luôn hướng dẫn và đồng hành cùng tôi trong suốt quá trình học tập.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn tới đồng nghiệp, bạn bè và gia đình đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho công việc học tập và nghiên cứu của tôi.

Tôi xin trân trọng cảm ơn!

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2025

Tác giả



Trần Thế Anh

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đã sử dụng các tài liệu tham khảo của các tác giả, các nhà khoa học và các luận văn được trích dẫn trong phụ lục “Tài liệu tham khảo” cho việc nghiên cứu và viết luận văn của mình.

Tôi cam đoan về các số liệu và kết quả tính toán được trình bày trong luận văn là hoàn toàn do tác giả tự tìm hiểu và thực hiện trong quá trình nghiên cứu và viết luận văn của mình, không sao chép và chưa được sử dụng cho đề tài luận văn nào.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2025

Tác giả



Trần Thế Anh

MỤC LỤC

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	viii
I. MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục đích nghiên cứu	1
3. Nhiệm vụ nghiên cứu.....	1
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
5. Phương pháp nghiên cứu	2
II. NỘI DUNG.....	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ROBOT TỰ HÀNH AGV (AUTOMATED GUIDED VEHICLE)	4
1.1. Giới thiệu chung về robot tự hành AGV	4
1.2.1. Xe kéo (Towing Vehicle)	6
1.2.2. Xe chở (Unit Load Vehicle)	7
1.2.3. Xe đẩy (Cart Vehicle).....	8
1.2.4. Xe nâng (Fork Vehicle)	8
1.2.5. AGV không theo đường dẫn (Free Path Navigation).....	9
1.2.6. Loại chạy theo đường dẫn (Fixed Path Navigation).....	9
1.3. Nghiên cứu các mô hình cơ khí robot.....	10
CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC VÀ THIẾT KẾ QUỸ ĐẠO CHO ROBOT TỰ HÀNH BÁNH XE ĐA HƯỚNG MECANUM	13
2.1. Mô hình bánh xe Mecanum	13
2.2. Phương trình động học	13
2.3. Thiết kế quỹ đạo chuyển động cho robot	15
CHƯƠNG III. THIẾT KẾ CHI TIẾT.....	18
3.1. Thiết kế khung robot.....	18
3.1.1. Quy trình thiết kế cấu trúc cơ khí	18

3.1.2. Thiết kế Khung robot.....	19
3.2. Thiết kế cơ cấu di chuyển của robot	20
3.3. Thiết kế cơ cấu gấp vật và giá đỡ dùng để di chuyển vật	22
3.3.1. Tính chọn bộ truyền xích cấp hàng	22
3.3.2. Tính chọn bộ truyền vítme cấp hàng	26
3.3.3. Tính chọn bộ truyền vítme thay đổi vị trí xy lanh đẩy	36
3.4. Viết thuật toán điều khiển robot	40
3.4.1. Lựa chọn phương án thiết kế bộ điều khiển	40
3.4.2. Lựa chọn phương pháp điều khiển	43
3.4.3. Lựa chọn hệ thống cảm biến.....	45
3.5. Linh kiện sử dụng và thuật toán điều khiển	46
3.5.1. Linh kiện sử dụng	46
3.5.2. Sơ đồ kết nối linh kiện.....	52
3.5.3. Lưu đồ thuật toán điều khiển	59
CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG	61
4.1. Thiết kế quỹ đạo chuyển động của robot	61
4.1.1. Không gian làm việc của robot.....	61
4.1.2. Thiết kế quỹ đạo chuyển động cho robot	61
4.2. Xây dựng thuật toán di chuyển	62
4.3. Kết quả mô phỏng	65
4.4. Đánh giá.....	66
4.4.1. Phương pháp kiểm tra độ chính xác của robot tại điểm đích	66
4.4.2. Đánh giá khả năng tránh vật cản chuyển động của robot.....	67
III. KẾT LUẬN.....	70
DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO	71
PHỤ LỤC	73

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

STT	Kí hiệu	Chú thích	Đơn vị
1	q	Ma trận vị trí	
2	θ	Góc của robot so với phương ngang	Rad
3	v	Vận tốc tuyến tính của robot	m/s
4	v_R, v_L	Vận tốc bánh phải, trái	m/s
5	ω	Vận tốc góc của robot	Rad/s
6	R	Bán kính bánh xe	mm
7	L	Nửa khoảng cách giữa 2 bánh xe	mm
8	K_{tt}	Động năng tịnh tiến của thân xe	J
9	K_b	Động năng quay của bánh xe	J
10	v_t	Vận tốc dài của xe	m/s
11	v_{wR}, v_{wL}	Vận tốc dài bánh phải, trái	m/s
12	J_{wR}, J_{wL}	Momen quán tính của từng bánh	Kg/m^2
13	m_b	Khối lượng bánh xe	Kg
14	m_t	Khối lượng thân xe	Kg
15	M_{dc}	Momen động cơ	N.m
16	M_{mst}	Momen hao tổn trên trục	N.m
17	u	Hệ số tổn thất trên trục động cơ	
18	M_{mst}	Momen ma sát lăn	N.m
19	k	Hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường	
20	g	Gia tốc trọng trường	m/s^2
21	$\dot{\varphi}, \ddot{\varphi}$	Vận tốc góc, gia tốc góc của bánh	Rad/s, rad/s^2
22	a	Gia tốc dài	m/s^2

STT	Kí hiệu	Chú thích	Đơn vị
23	V_a, V_b	Vận tốc tại điểm đầu A, điểm cuối B	m/s
24	t	Thời gian xe di chuyển	s
25	P_{dc}	Công suất động cơ	W
27	ξ	Ma trận vị trí robot	

DANH MỤC BẢNG BIỂU

<i>Bảng 1-1: So sánh các ưu nhược điểm cho kết cấu cơ khí robot vận chuyển hàng hóa.</i>	10
<i>Bảng 3-1: Bảng lựa chọn phương án cho động cơ</i>	20
<i>Bảng 3-2: Giá trị giới hạn bước xích pc theo số vòng quay n_1</i>	24
<i>Bảng 3-3: Áp suất cho phép $[p_0]$</i>	24
<i>Bảng 3-4: Hệ số an toàn cho phép $[s]$</i>	25
<i>Bảng 3-5: Xích con lăn một dãy</i>	25
<i>Bảng 3-6: Số lần va đập cho phép của xích $[i]$ trong một giây</i>	26
<i>Bảng 3-7: Bảng hàm lượng các chất trong thép C45</i>	27
<i>Bảng 3-8: Bảng thông số tính chất cơ học thép C45</i>	27
<i>Bảng 3-9: Thông số kỹ thuật STM32F4</i>	46

DANH MỤC HÌNH VẼ

<i>Hình 1-1: Robot tự hành AGV (Automated Guided Vehicle).</i>	5
<i>Hình 1-2: Sơ đồ vận hành robot AGV sắp xếp hàng hoá trong nhà máy</i>	6
<i>Hình 1-3: Xe AGV kéo hàng</i>	7
<i>Hình 1-4: Xe AGV chở hàng</i>	8
<i>Hình 1-5: Xe AGV nâng hàng</i>	9
<i>Hình 2-1: Mô hình động học bánh xe Mecanum</i>	13
<i>Hình 2-2: Mô hình động học AGV đa hướng kiểu bánh xe Mecanum</i>	14
<i>Hình 2-3: Sơ đồ mặt bằng hoạt động của robot</i>	16
<i>Hình 2-4: Quỹ đạo làm việc của robot</i>	16
<i>Hình 3-1: Quy trình thiết kế</i>	18
<i>Hình 3-2: Sơ đồ truyền động</i>	19
<i>Hình 3-3: Mô hình Robot thiết kế trong phần mềm SolidWorks</i>	19
<i>Hình 3-4: Khung robot trên phần mềm Solid Works</i>	20
<i>Hình 3-5- Bánh xe chủ động</i>	22
<i>Hình 3-6: Đồ thị xác định ứng suất lớn nhất</i>	29
<i>Hình 3-7: Sơ đồ truyền động của trục vít me</i>	29
<i>Hình 3-8: Đồ thị vận tốc khâu 3</i>	30
<i>Hình 3-9: Bạc chặn KFL08</i>	31
<i>Hình 3-10: Thông số hình học của trục vít me SD/BD 8x2</i>	32
<i>Hình 3-11: Bạc dẫn hướng LMF 8UU</i>	33
<i>Hình 3-12: Khớp nối trục 5x8 mm</i>	34
<i>Hình 3-13: Ống dẫn hướng và cáp hàng</i>	35
<i>Hình 3-14: Bộ phận gá xy lanh khí nén</i>	35
<i>Hình 3-15: Bộ phận thanh gạt hàng</i>	36
<i>Hình 3-16: Một số loại rơ le thông dụng</i>	40
<i>Hình 3-17: Bộ điều khiển PLC</i>	41
<i>Hình 3-18: Vi điều khiển ATMEGA</i>	42
<i>Hình 3-19: Nguyên lý điều khiển kín robot</i>	44
<i>Hình 3-20: Sự tương tác giữa các phần tử, bộ phận trong nguyên lý điều khiển kín</i>	44

<i>Hình 3-21: Hệ thống điều khiển vòng hở</i>	<i>45</i>
<i>Hình 3-22: Cảm biến quang trở</i>	<i>46</i>
<i>Hình 3-23: Module điều khiển động cơ DC BTS 7960 43A</i>	<i>47</i>
<i>Hình 3-24: BTS 7960 43A Pinout.....</i>	<i>48</i>
<i>Hình 3-25: Mô hình mạch cầu H.....</i>	<i>49</i>
<i>Hình 3-26: Động cơ quay thuận.....</i>	<i>50</i>
<i>Hình 3-27: Động cơ quay nghịch</i>	<i>50</i>
<i>Hình 3-28: Driver A4988</i>	<i>51</i>
<i>Hình 4-1: Sơ đồ không gian hoạt động của robot.....</i>	<i>61</i>
<i>Hình 4-2: Quỹ đạo chuyển động của robot</i>	<i>62</i>
<i>Hình 4-3: Robot rẽ phải</i>	<i>62</i>
<i>Hình 4-4: Robot tiến.....</i>	<i>63</i>
<i>Hình 4-5: Robot xoay</i>	<i>63</i>
<i>Hình 4-6: Vị trí các gói hàng ban đầu</i>	<i>64</i>
<i>Hình 4-7: Vị trí các gói hàng sau khi xếp</i>	<i>65</i>
<i>Hình 4-8: Đồ thị vận tốc góc các bánh xe $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$</i>	<i>65</i>
<i>Hình 4-9: Hệ tọa độ quan sát sai lệch vị trí của robot ở điểm đích.....</i>	<i>66</i>
<i>Hình 4-10: Hình ảnh quan sát từ trên xuống khi tâm robot bị lệch xuống dưới điểm gốc tọa độ</i>	<i>67</i>
<i>Hình 4-11: Sơ đồ đánh giá khả năng tránh vật cản động của robot</i>	<i>68</i>

I. MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Hiện nay, ngành công nghiệp robot trên thế giới đã phát triển mạnh mẽ, đưa ra nhiều sản phẩm robot không chỉ phục vụ sản xuất mà còn đáp ứng nhu cầu giải trí và chăm sóc con người. Tuy nhiên, trong ngành công nghiệp Việt Nam, robot vẫn chưa được ứng dụng phổ biến trong các dây chuyền sản xuất. Robot được đầu tư chủ yếu tập trung ở các doanh nghiệp lớn là các robot dạng tay máy công nghiệp, các sản phẩm robot tự hành phục vụ việc sắp xếp, vận chuyển hàng hóa vẫn còn thiếu, một phần do chi phí của các sản phẩm này vẫn còn cao so với khả năng của thị trường trong nước.

Để góp phần nội địa hóa sản phẩm và nghiên cứu chuyên sâu về robot, tôi quyết định chọn đề tài “Thiết kế robot tạo xung lực để đẩy vật di chuyển vào các tọa độ định trước”. Đề tài này nhằm mục tiêu thiết kế một robot tự hành có khả năng lấy và tạo xung lực để xếp hàng hóa vào các vị trí đã được định trước. Việc nghiên cứu thiết kế cơ khí, phần cứng điều khiển, đồng thời xây dựng thuật toán điều khiển phù hợp với các đối tượng sản xuất trong nước góp phần đáp ứng điều kiện thực tế của ngành công nghiệp Việt Nam.

Ngoài ra, với các phòng thí nghiệm, đây là một mô hình để sinh viên thực nghiệm và nghiên cứu, để hướng tới cho sinh viên có một cái nhìn bao quát, thực tiễn hơn về robot.

2. Mục đích nghiên cứu

1.1. Mục đích nghiên cứu tổng quát:

Nghiên cứu về cấu tạo và các phương pháp gia công, điều khiển thích hợp trên cơ sở ứng dụng các kỹ thuật tiên tiến và xây dựng giải pháp phần cứng cũng như phần mềm để thiết kế robot. Nhằm làm chủ kỹ thuật chế tạo robot có thể áp dụng vào phòng thí nghiệm các trường cao đẳng, đại học cũng như ứng dụng vào đời sống thực tiễn.

1.2. Mục đích nghiên cứu cụ thể:

- Nghiên cứu cơ khí để thiết kế robot, nghiên cứu cơ cấu gấp vật và cơ cấu di chuyển vật.
- Phương trình động học của robot để đưa ra thuật toán điều khiển tối ưu cho robot: phần mềm arduino.
- Tính toán về khí nén để cấp cho xilanh đẩy vật.

3. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Nghiên cứu và ứng dụng các phần mềm thiết kế cơ khí để chế tạo khung robot.
- Nghiên cứu và ứng dụng phần mềm lập trình arduino để điều khiển robot.
- Nghiên cứu tính toán khí nén để đẩy vật di chuyển vào tọa độ định trước.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu của luận văn là robot tự hành hoạt động trong môi trường nhà xưởng công nghiệp. Luận văn chỉ tập trung vào nghiên cứu thiết kế robot có tính ứng dụng thực tiễn cao, với mục tiêu robot được thiết kế có chi phí hợp lý, không sử dụng các thiết bị phần cứng điều khiển có giá thành cao và không đi vào nghiên cứu các bộ điều khiển hiện đại.

5. Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với mô phỏng.

II. NỘI DUNG

Luận văn bao gồm: Phần mở đầu, kết luận, phụ lục, danh mục tài liệu tham khảo, và nội dung của đề tài có 04 chương sau:

Chương 1: Tổng quan về robot tự hành AGV (Automated guided vehicle)

Chương 2: Mô hình động học và thiết kế quỹ đạo cho robot tự hành bánh xe đa hướng Mecanum

Chương 3: Thiết kế chi tiết

Chương 4: Mô phỏng

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ROBOT TỰ HÀNH AGV (AUTOMATED GUIDED VEHICLE)

1.1. Giới thiệu chung về robot tự hành AGV

Robot tự hành AVG (Automated Guided Vehicle) là loại Mobile robot có khả năng tự hoạt động, thực thi nhiệm vụ mà không cần sự can thiệp của con người [1-3]. Với những cảm biến, chúng có khả năng nhận biết về môi trường xung quanh. Robot tự hành ngày càng có nhiều ý nghĩa trong các ngành công nghiệp, thương mại, y tế, các ứng dụng khoa học và phục vụ đời sống của con người. Với sự phát triển của ngành Robot học, robot tự hành ngày càng có khả năng hoạt động trong các môi trường khác nhau, tùy mỗi lĩnh vực áp dụng mà chúng có nhiều loại khác nhau như robot sơn, robot hàn, robot cắt cỏ, robot thám hiểm đại dương, robot làm việc ngoài vũ trụ. Cùng với sự phát triển của yêu cầu trong thực tế, robot tự hành tiếp tục đưa ra những thách thức mới cho các nhà nghiên cứu.

Vấn đề của robot tự hành AVG là làm thế nào để có thể hoạt động, nhận biết môi trường và thực thi các nhiệm vụ đề ra. Vấn đề đầu tiên là di chuyển, Robot tự hành nên di chuyển như thế nào và cơ cấu di chuyển nào là sự lựa chọn tốt nhất. Điều hướng là vấn đề cơ bản trong nghiên cứu và chế tạo Robot tự hành. Trong hiệp hội nghiên cứu về Robot tự hành có 2 hướng nghiên cứu khác nhau:

- Hướng thứ nhất là nghiên cứu về Robot tự hành có khả năng điều hướng ở tốc độ cao nhờ thông tin thu được từ cảm biến, đây là loại robot có khả năng hoạt động ở môi trường trong phòng cũng như môi trường bên ngoài. Loại robot này yêu cầu khả năng tính toán đồ sộ và được trang bị cảm biến có độ nhạy cao, dải đo lớn để có thể điều khiển robot di chuyển ở tốc độ cao, trong những môi trường có địa hình phức tạp.

- Loại thứ 2: nhằm giải quyết các vấn đề về các loại robot tự hành chỉ dùng để hoạt động trong môi trường trong phòng. Loại robot tự hành này có kết cấu đơn giản hơn loại trên, thực hiện những nhiệm vụ đơn giản.

Bài toán dẫn hướng cho robot tự hành được chia làm 2 loại: bài toán toàn cục (global) và bài toán cục bộ (local). Ở bài toán toàn cục, môi trường làm việc của robot hoàn toàn xác định, đường đi và vật cản là hoàn toàn biết trước [4-6]. Ở bài toán cục bộ, môi trường hoạt động của robot là chưa biết trước hoặc chỉ biết một phần. Các cảm biến và thiết bị định vị cho phép robot xác định được vật cản, vị trí của nó trong môi trường giúp nó đi tới được mục tiêu.

Các vấn đề gặp phải khi điều hướng cho Robot tự hành AVG thường không giống như các loại robot khác. Để có thể điều hướng cho Robot tự hành, quyết định theo thời gian thực phải dựa vào thông tin liên tục về môi trường thông qua các cảm biến, hoặc ở môi trường trong phòng hoặc ngoài trời, đây là điểm khác biệt lớn nhất so với kỹ thuật lập kế hoạch ngoại tuyến. Robot tự hành phải có khả năng tự quyết

định về phương thức điều hướng, định hướng chuyển động để có thể tới đích thực hiện nhiệm vụ nhất định.

Điều hướng cho robot tự hành AVG là công việc đòi hỏi phải thực hiện được một số khả năng khác nhau, bao gồm: khả năng di chuyển ở mức cơ bản, ví dụ như hoạt động đi tới vị trí cho trước; khả năng phản ứng các sự kiện theo thời gian thực, ví dụ như khi có sự xuất hiện đột ngột của vật cản; khả năng xây dựng, sử dụng và duy trì bản đồ môi trường hoạt động; khả năng xác định vị trí của robot trong bản đồ đó; khả năng thiết lập kế hoạch để đi tới đích hoặc tránh các tình huống không mong muốn và khả năng thích nghi với các thay đổi của môi trường hoạt động [7-9].

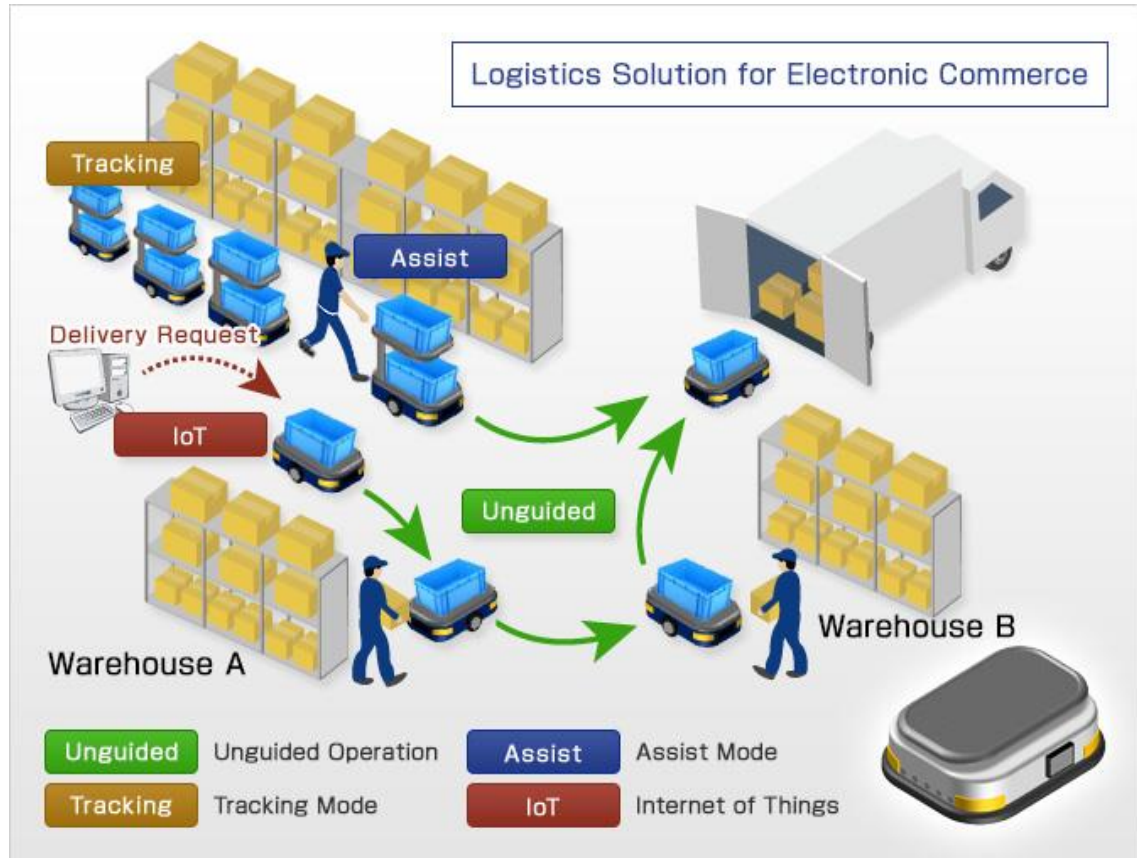


Hình 1-1: Robot tự hành AGV (Automated Guided Vehicle).

Ngày nay, AGV không chỉ đơn thuần là những chiếc xe tự động vận chuyển hàng hóa mà còn là một phần của hệ thống sản xuất thông minh. AGV được lập trình để giao tiếp với các robot khác, các hệ thống quản lý kho và các thiết bị tự động khác. Nhờ đó, AGV có thể thực hiện các nhiệm vụ phức tạp hơn, như tự động chọn đường đi, tránh va chạm và phối hợp với các thiết bị khác để hoàn thành công việc.

AGV đã trở thành một yếu tố không thể thiếu trong thiết kế và vận hành của các nhà máy và kho hàng hiện đại. Nhờ khả năng tự động hóa các hoạt động vận chuyển, AGV giúp tăng năng suất, giảm chi phí và cải thiện độ chính xác trong sản xuất và logistics.

1.2. Phân loại robot



Hình 1-2: Sơ đồ vận hành robot AGV sắp xếp hàng hoá trong nhà máy

Ngày nay, robot AGV đã có rất nhiều các dòng sản phẩm khác nhau ở trên thị trường. Xét về công năng sử dụng trong các kho hàng, nhà máy có các sản phẩm AGV như sau:

1.2.1. Xe kéo (Towing Vehicle)

Xe kéo xuất hiện đầu tiên trong các dòng xe AGV và bây giờ vẫn còn rất thịnh hành trên thị trường. Loại này có thể kéo được nhiều toa hàng khác nhau và trở được từ 8000 đến 60000 pounds.

Ưu điểm của hệ thống xe kéo:

- Khả năng chuyên chở lớn;
- Có thể dự đoán và lên kế hoạch về tính hiệu quả của việc chuyên chở cũng như việc đảm bảo an toàn;
- Tính năng an toàn tốt.



Hình 1-3: Xe AGV kéo hàng

1.2.2. Xe chở (Unit Load Vehicle)

Xe chở được trang bị các tầng khay chứa có thể nâng, hạ chuyển động bằng băng tải, đai hoặc xích.

Ưu điểm của xe chở:

- Tải trọng được phân phối và di chuyển theo yêu cầu;
- Thời gian đáp ứng nhanh gọn;
- Giảm hư hại tài sản;
- Đường đi linh hoạt;
- Giảm thiểu các tắc nghẽn giao thông chuyên chở.



Hình 1-4: Xe AGV chở hàng

1.2.3. Xe đẩy (Cart Vehicle)

Xe đẩy được cho là có tính linh hoạt và rẻ tiền. Chúng được sử dụng để chuyên chở vật liệu và các hệ thống lắp ráp.

1.2.4. Xe nâng (Fork Vehicle)

Có khả năng nâng các tải trọng trên sàn hoặc trên các kệ cao hay khối hàng đặt trên giá.



Hình 1-5: Xe AGV nâng hàng

1.2.5. AGV không theo đường dẫn (Free Path Navigation)

Có thể di chuyển đến vị trí bất kì trong không gian làm việc. Đây là loại xe AGV có tính linh hoạt cao được định vị nhờ các cảm biến con quay hồi chuyển (Gyroscop sensor) để xác định hướng di chuyển, cảm biến laser để xác định vị trí các vật thể xung quanh trong quá trình di chuyển, hệ thống định vị cục bộ (Local navigation location) để xác định tọa độ tức thời,... việc thiết kế loại xe này đòi hỏi công nghệ cao và phức tạp hơn các xe AGV khác.

1.2.6. Loại chạy theo đường dẫn (Fixed Path Navigation)

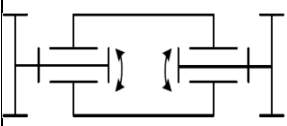
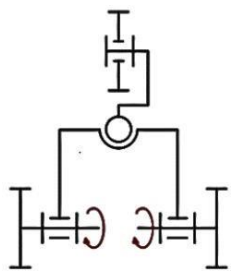
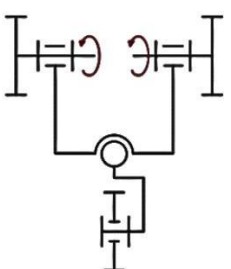
Xe AGV loại này được thiết kế chạy theo đường dẫn định sẵn bao gồm các loại đường như sau:

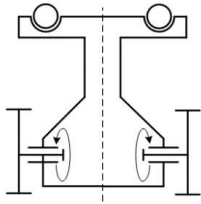
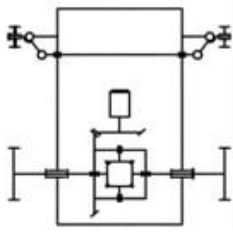
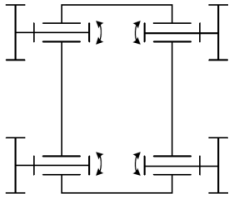
- Đường dẫn từ: là loại đường dẫn có cấu tạo là dây từ chôn ngầm dưới nền sàn. Khi di chuyển, nhờ các cảm biến cảm ứng từ mà xe có thể di chuyển theo đường dẫn. Loại đường dẫn này không nằm trên mặt sàn nên có mỹ quan tốt, không ảnh hưởng đến công việc vận hành khác. Tuy nhiên khi sử dụng phải tiêu tốn năng lượng cho việc tạo từ tính trong dây, đồng thời đường dẫn là cố định không thay đổi được.
- Đường ray dẫn: xe AGV được chạy trên các ray đặt sẵn trên mặt sàn. loại này chỉ sử dụng với những hệ thống chuyên dụng. Nó cho phép thiết kế đơn giản hơn và có thể di chuyển với tốc độ cao nhưng không linh hoạt.
- Đường băng kẻ trên sàn: xe AGV di chuyển theo các đường băng kẻ sẵn trên sàn nhờ cảm biến nhận dạng vạch kẻ. Loại này có tính linh hoạt cao vì trong quá trình sử dụng người ta có thể thay đổi đường đi một cách dễ dàng nhờ vẽ lại các vạch kẻ

đường. Tuy nhiên trong quá trình sử dụng, các vạch dẫn có thể bị bẩn hay hư hại gây khó khăn trong quá trình điều khiển xe hoạt động.

1.3. Nghiên cứu các mô hình cơ khí robot

Bảng 1-1: So sánh các ưu nhược điểm cho kết cấu cơ khí robot vận chuyển hàng hóa.

Phương án	Đặc điểm	Hình minh họa	Ưu điểm	Nhược điểm
Xe 2 bánh	2 bánh chủ động, không có bánh bị động.	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 1</i>	- Xe có kết cấu đơn giản, dễ thiết kế. - Xe có khả năng xoay chuyển linh hoạt	- Gặp khó khăn trong vấn đề vừa bám line, vừa tự cân bằng xe. - Khó phân bố đều tải trọng. - Xe di chuyển với tốc độ thấp.
Xe 3 bánh	Xe 2 bánh chủ động đặt phía sau, 1 bánh bị động đặt phía trước.	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 2a</i>	- Ba bánh xe luôn đồng phẳng, đảm bảo cả ba bánh xe đều tiếp xúc với mặt đất. - Kết cấu cơ khí đơn giản. - Khả năng qua cua dễ dàng. - Lực cản nhỏ	- Dễ bị văng khỏi đường line khi có lực nhỏ tác dụng vào bánh bị động ở phía trước. - Qua cua dễ bị lật khi mang tải nặng.
	2 bánh chủ động đặt phía trước, 1 bánh bị động đặt phía sau.	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 2b</i>	- Ba bánh xe luôn đồng phẳng, đảm bảo cả ba bánh xe đều tiếp xúc với mặt đất. - Khó bị văng ra khỏi đường line hơn so với bánh bị động ở phía trước.	- Qua cua dễ bị lật khi mang tải nặng.

Phương án	Đặc điểm	Hình minh họa	Ưu điểm	Nhược điểm
			- Kết cấu cơ khí đơn giản. - Khả năng qua cua dễ dàng.	
Xe 4 bánh	2 bánh chủ động và 2 bánh bị động	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 3a</i>	- Xe có kết cấu cơ khí đơn giản. - Do có 4 bánh nên không bị lật khi vào vòng cua.	- Không đảm bảo 4 bánh xe luôn tiếp xúc với mặt đất. - Vào vòng cua tốc độ thấp do có 2 bánh bị động nên kém linh hoạt.
	2 bánh chủ động và 2 bánh trước có hệ thống treo	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 3b</i>	- Xe bề lái dễ dàng khi vào vòng cua. - Không bị lật khi mang tải nặng. - Bốn bánh xe luôn đồng phẳng do có hệ thống treo.	- Kết cấu cơ khí phức tạp, khó chế tạo. - Khó điều khiển.
	4 bánh chủ động	 <i>Sơ đồ nguyên lý phương án 3c</i>	- Cấu trúc bốn bánh có các dạng giúp phân phối đều lực kéo của động cơ - Chịu tải trọng tốt, không bị lật khi qua cua.	- Điều khiển phức tạp. - Qua cua khó khăn và tốc độ chậm.

*** Lựa chọn phương án :**

Trên cơ sở phân tích, đánh giá các ưu điểm và nhược điểm của các kiểu bố trí hệ dẫn động cho robot tự hành, luận văn lựa chọn kết cấu xe 4 bánh và lược đồ bố trí hệ thống dẫn động như sơ đồ 3c, gồm có 4 động cơ dẫn động kết hợp bánh xe đa hướng Mecanum.

Kết luận chương 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về robot tự hành AGV (Automated Guided Vehicle), một công nghệ quan trọng trong tự động hóa hiện đại. Các nội dung chính được đề cập bao gồm:

- *Giới thiệu chung về robot tự hành AGV:* Robot tự hành được mô tả là giải pháp công nghệ tiên tiến giúp tăng cường năng suất và tự động hóa trong các lĩnh vực công nghiệp, thương mại và logistics. Đặc biệt, AGV đóng vai trò then chốt trong các hệ thống sản xuất thông minh hiện đại với khả năng giao tiếp, lập kế hoạch và phối hợp với các thiết bị khác trong dây chuyền sản xuất.

- *Phân loại robot AGV:* Nhiều loại robot AGV đã được phát triển, mỗi loại có ưu điểm và ứng dụng riêng như xe kéo, xe chở hàng, xe đẩy, xe nâng, xe chạy theo đường dẫn cố định và xe không theo đường dẫn. Các loại robot này đáp ứng nhu cầu đa dạng trong vận hành và tối ưu hóa logistics.

- *Các bài toán trong điều hướng:* Những vấn đề cơ bản trong vận hành robot tự hành bao gồm điều hướng và lựa chọn phương thức di chuyển. Chương này đã phân loại các bài toán dẫn hướng thành bài toán toàn cục và bài toán cục bộ, đồng thời trình bày sự khác biệt giữa lập kế hoạch ngoại tuyến và quyết định theo thời gian thực, vốn là đặc điểm quan trọng của AGV.

- *Phân tích các kiểu bố trí dẫn động:* Một số phương án thiết kế cơ khí cho robot tự hành đã được so sánh, từ các cấu trúc xe hai bánh, ba bánh, đến bốn bánh chủ động. Qua phân tích ưu nhược điểm, phương án sử dụng bốn bánh chủ động với bánh xe Mecanum đã được lựa chọn vì khả năng phân phối lực tốt, chịu tải trọng cao và phù hợp với yêu cầu vận hành linh hoạt trong nhà máy, kho hàng.

Chương 1 sẽ tạo tiền đề vững chắc để nghiên cứu chuyên sâu hơn về thiết kế, điều khiển và ứng dụng robot tự hành AGV trong các hệ thống hiện đại. Các thông tin này không chỉ cung cấp kiến thức cơ bản mà còn là nền tảng để xây dựng các chương tiếp theo trong quá trình nghiên cứu và triển khai thực tế.

CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC VÀ THIẾT KẾ QUỸ ĐẠO CHO ROBOT TỰ HÀNH BÁNH XE ĐA HƯỚNG MECANUM

2.1. Mô hình bánh xe Mecanum

Bánh xe Mecanum là một loại bánh xe có các con lăn được cố định trên vành ngoài của nó. Trục của mỗi con lăn tạo một góc $\delta = 45^\circ$ so với mặt phẳng của bánh xe. Mỗi con lăn có thể quay tự do quanh trục của nó, đồng thời bánh xe có thể lăn trên các con lăn. Mô hình hóa bánh xe Mecanum có thể coi như một đĩa mỏng có bán kính R , trong đó vận tốc V_P tại điểm tiếp xúc P giữa đĩa và mặt tiếp xúc là vuông góc với trục của con lăn [10-12] (xem Hình 2.1).

Giả sử γ là vector đơn vị của trục con lăn. Bánh xe chuyển động mà không bị trượt, điều này dẫn đến ràng buộc:

$$V_P \cdot \gamma = 0 \quad (2.1)$$

Nếu V_K là vận tốc của tâm bánh xe K , thì:

$$V_P = V_K + \omega \times r \quad (2.2)$$

trong đó ω là vận tốc góc của bánh xe và $r = \overrightarrow{KP}$.

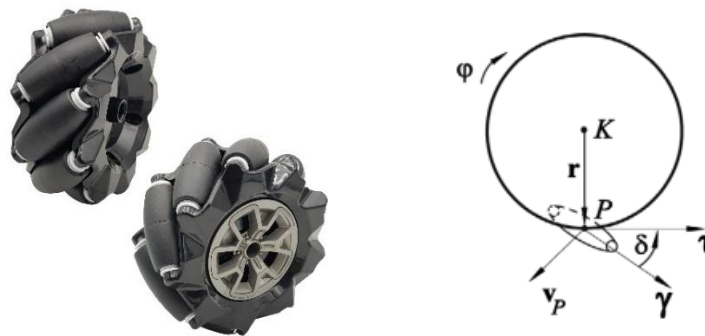
Giả sử φ là góc quay của bánh xe quanh trục vuông góc với mặt phẳng bánh xe và đi qua tâm bánh xe. Khi đó, biểu thức (2.1) có thể được viết lại dưới dạng:

$$(V_K - R\dot{\varphi}\tau) \cdot \gamma = 0 \quad (2.3)$$

trong đó τ là vector đơn vị tiếp tuyến với vành bánh xe tại điểm tiếp xúc.

Từ biểu thức (2.3), ta có thể rút ra:

$$V_K \cdot \gamma = R\dot{\varphi} \cos \delta \quad (2.4)$$

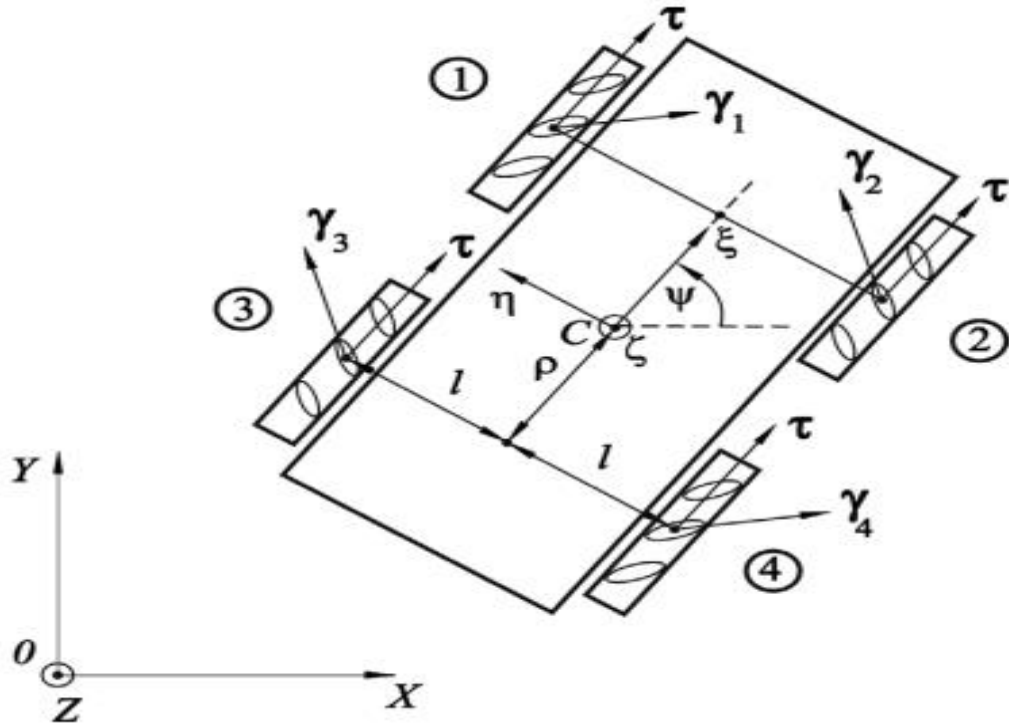


Hình 2-1: Mô hình động học bánh xe Mecanum

2.2. Phương trình động học

Bài toán động học của robot tự hành tập trung vào việc xây dựng mô hình toán học mô tả chuyển động của robot mà không xét đến các nguyên nhân gây ra chuyển động, như lực hay mô men. Mô hình này thể hiện mối quan hệ giữa các thông số điều khiển và quy luật chuyển động của robot. Do đó, bài toán động học được ứng dụng để

thiết kế và phát triển các phương pháp điều khiển hướng di chuyển của robot. Mô hình động học của robot được mô tả trong hình 2.2. Robot di chuyển sao cho tất cả các bánh luôn tiếp xúc với mặt phẳng. Thân robot có khối lượng m_0 , với khối tâm nằm trên trục đối xứng dọc của thân robot.



Hình 2-2: Mô hình động học AGV đa hướng kiểu bánh xe Mecanum

Trong đó, khoảng cách từ khối tâm C của robot đến mỗi trục bánh xe là ρ và khoảng cách giữa các tâm của các bánh xe là $2l$.

Trong hệ tọa độ cố định XOY:

- + Tọa độ khối tâm là x_c, y_c .
- + Góc tạo bởi trục đối xứng dọc của thân robot và trục OX là ψ .
- Thông số động học của bánh xe đặc trưng bởi góc quay của bánh xe so với trục vuông góc với mặt phẳng bánh xe và đi qua tâm của nó được ký hiệu là φ_i .

Gọi V_C là vận tốc của khối tâm của robot di động và khoảng cách từ khối tâm đến tâm của các bánh xe $\overrightarrow{CK} = \mathbf{r}_i$. Khi đó, vận tốc tại tâm bánh xe tương ứng V_K được xác định như sau:

$$\mathbf{V}_{K_i} = \mathbf{V}_C + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}_i, i = 1, \dots, 4, \quad (2.5)$$

Trong đó $\boldsymbol{\Omega}$ là vận tốc góc của thân robot và giả thiết các con lăn không có trượt.

Xét hệ tọa độ gắn với robot $\xi\zeta$ gắn với robot có gốc tại khối tâm C của xe.

- + Trục $C\xi$ hướng dọc theo trục đối xứng chính của xe.
- + Trục $C\eta$ hướng dọc theo trục đối xứng ngang.

+ Trục $C\zeta$ hướng thẳng đứng lên trên.

Ký hiệu: $V_{C\xi}$ và $V_{C\eta}$ là các thành phần vận tốc của khối tâm C theo các trục $C\xi$ và $C\eta$ trong hệ tọa độ chuyển động.

Các phương trình liên hệ giữa vận tốc của khối tâm và vận tốc góc của robot được biểu diễn như sau [13-15]:

$$\begin{aligned} V_{C\xi} &= \frac{R}{2}(\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2) \\ V_{C\eta} &= \frac{R}{2}(\dot{\phi}_3 - \dot{\phi}_1) \\ \dot{\psi} &= \frac{R}{2(\rho+l)}(\dot{\phi}_2 - \dot{\phi}_3) \\ \dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2 &= \dot{\phi}_3 + \dot{\phi}_4 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Với các thành phần vận tốc góc tại các bánh xe tương ứng tại các bánh xe $\omega_i(t) = \dot{\phi}_i(t)$ ta có phương trình động học thuận [12,16,17]:

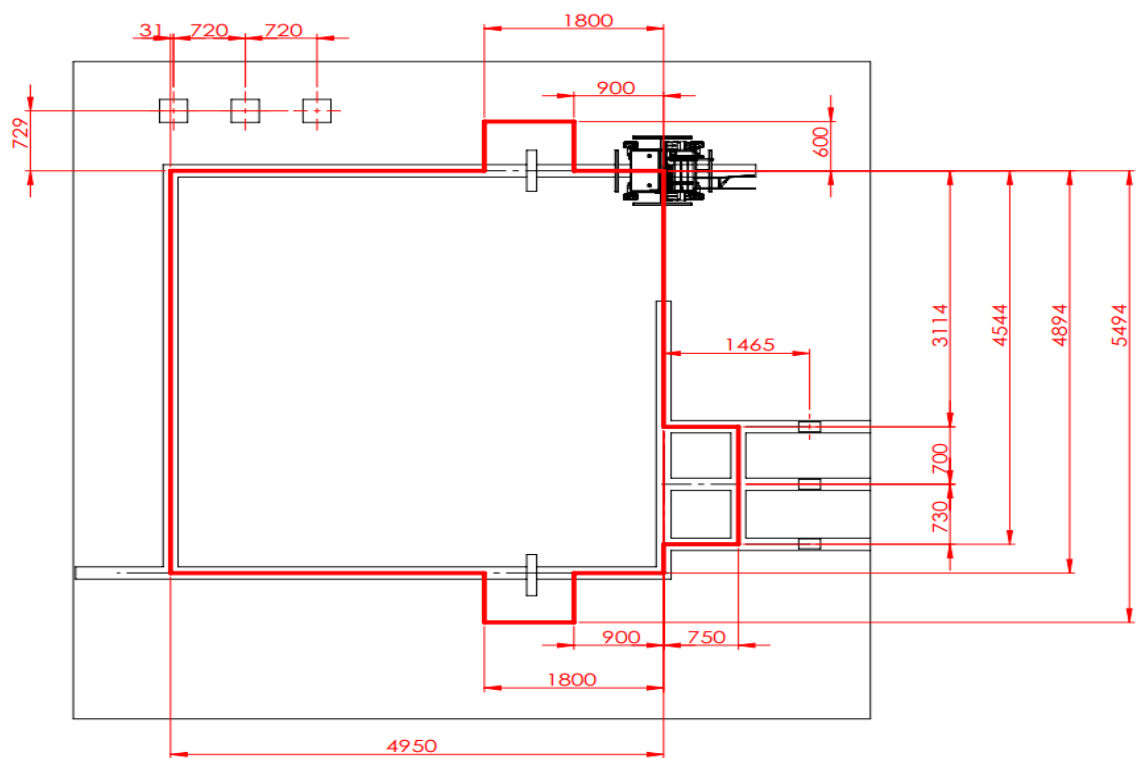
$$\begin{cases} x_C(t) = \frac{r}{4} \int_0^t ((\omega_1(t) + \omega_2(t) + \omega_3(t) + \omega_4(t)) \cos \psi(t) + (-\omega_1(t) + \omega_2(t) - \omega_3(t) + \omega_4(t)) \sin \psi(t)) dt \\ y_C(t) = \frac{r}{4} \int_0^t ((\omega_1(t) + \omega_2(t) + \omega_3(t) + \omega_4(t)) \sin \psi(t) + (\omega_1(t) - \omega_2(t) + \omega_3(t) - \omega_4(t)) \cos \psi(t)) dt \\ \psi(t) = \frac{r}{4(l+\rho)} \int_0^t (-\omega_1(t) + \omega_2(t) - \omega_3(t) + \omega_4(t)) dt \end{cases} \quad (2.7)$$

Phương trình động học ngược robot cho phép xác định các biến điều khiển được cho bởi phương trình sau:

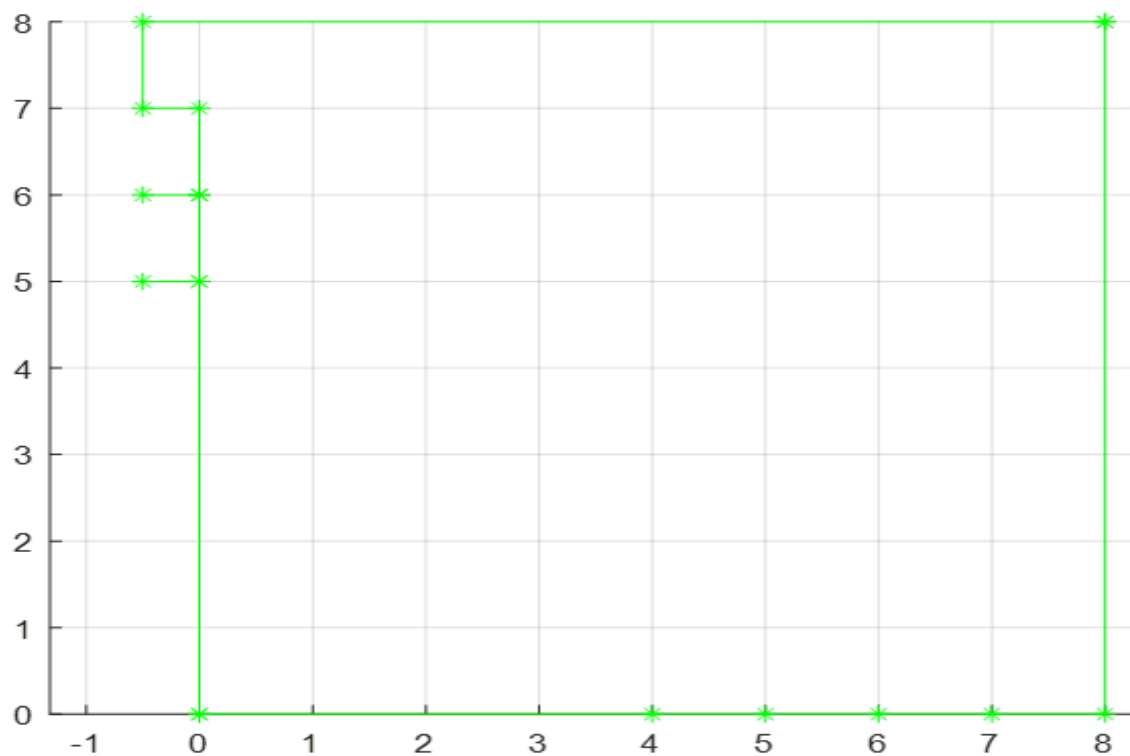
$$\begin{cases} \omega_1 = \frac{1}{r}((\cos \psi - \sin \psi) \dot{x}_{Cf}(t) + (\cos \psi + \sin \psi) \dot{y}_{Cf}(t) - (l + \rho) \dot{\psi}(t)) \\ \omega_2 = \frac{1}{r}((\cos \psi + \sin \psi) \dot{x}_{Cf}(t) - (\cos \psi - \sin \psi) \dot{y}_{Cf}(t) + (l + \rho) \dot{\psi}(t)) \\ \omega_3 = \frac{1}{r}((\cos \psi - \sin \psi) \dot{x}_{Cf}(t) + (\cos \psi + \sin \psi) \dot{y}_{Cf}(t) + (l + \rho) \dot{\psi}(t)) \\ \omega_4 = \frac{1}{r}((\cos \psi + \sin \psi) \dot{x}_{Cf}(t) - (\cos \psi - \sin \psi) \dot{y}_{Cf}(t) - (l + \rho) \dot{\psi}(t)) \end{cases} \quad (2.8)$$

2.3. Thiết kế quỹ đạo chuyển động cho robot

Quỹ đạo chuyển động của robot được thiết kế dựa trên yêu cầu di chuyển trong thực tiễn. Trong luận văn này, quỹ đạo chuyển động của robot được mô tả trong Hình 2.3, robot sẽ thực hiện lấy vật tại 3 vị trí khác nhau sau đó di chuyển và đặt vật tại 3 vị trí khác. Để mô phỏng quá trình hoạt động của robot ở Chương 4 quỹ đạo được số hóa trong mô môi trường matlab như mô tả trong Hình 2.4.



Hình 2-3: Sơ đồ mặt bằng hoạt động của robot



Hình 2-4: Quỹ đạo làm việc của robot

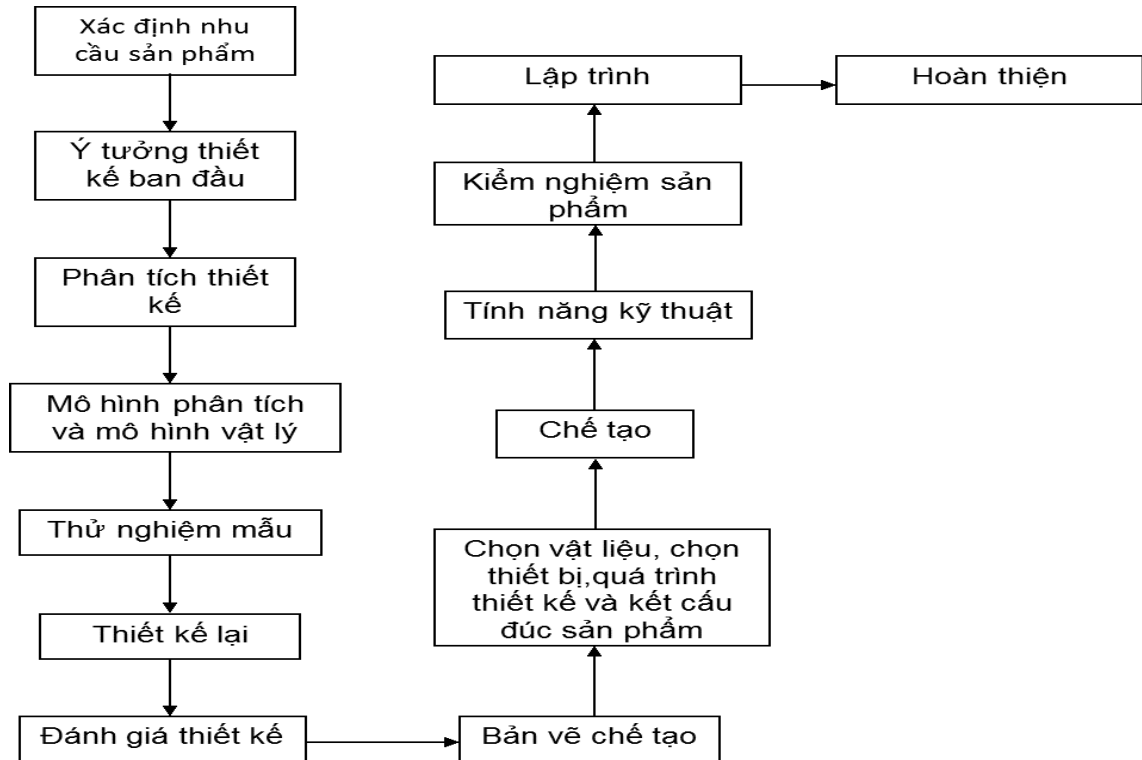
Kết luận chương 2

Chương 2 của luận văn đã thiết lập được mô hình động học của robot, đồng thời thiết kế quỹ đạo chuyển động của robot dựa trên yêu cầu làm việc thực tế. Đây là cơ sở để tiếp tục thực hiện các bài toán mô phỏng ở chương 4 của luận văn.

CHƯƠNG III. THIẾT KẾ CHI TIẾT

3.1. Thiết kế khung robot

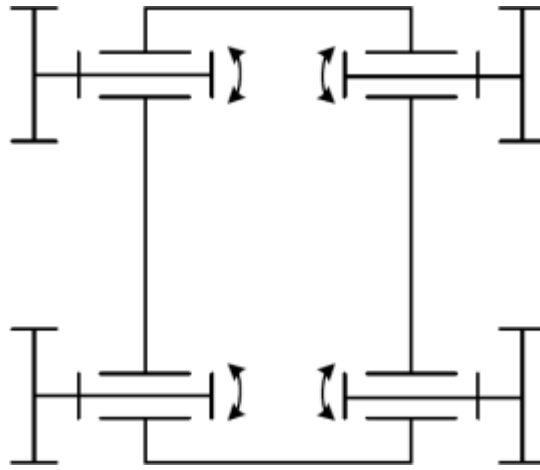
3.1.1. Quy trình thiết kế cấu trúc cơ khí



Hình 3-1: Quy trình thiết kế

Nguyên lý hoạt động

Hệ thống bánh xe được dẫn động bởi 4 động cơ điện DC giảm tốc thông qua mạch điều khiển. Để thiết bị tránh được vật cản khi chuyển cần có các cảm biến hồng ngoại, bộ phận này có nhiệm vụ nhận biết vật cản, nó có chức năng giống như đôi mắt của con người giúp cho thiết bị có thể xác định được đường đi, đưa tín hiệu điện tương ứng về mạch điều khiển. Mạch điều khiển có nhiệm vụ thu nhận thông tin phản hồi từ bộ phận cảm biến từ đó điều khiển tốc độ và chiều quay của bốn động cơ điện một chiều. Ngoài ra, để đi đúng đường thiết lập sẵn, AGV có một hệ thống dò line được gắn phía dưới thân đảm nhiệm nhiệm vụ này.

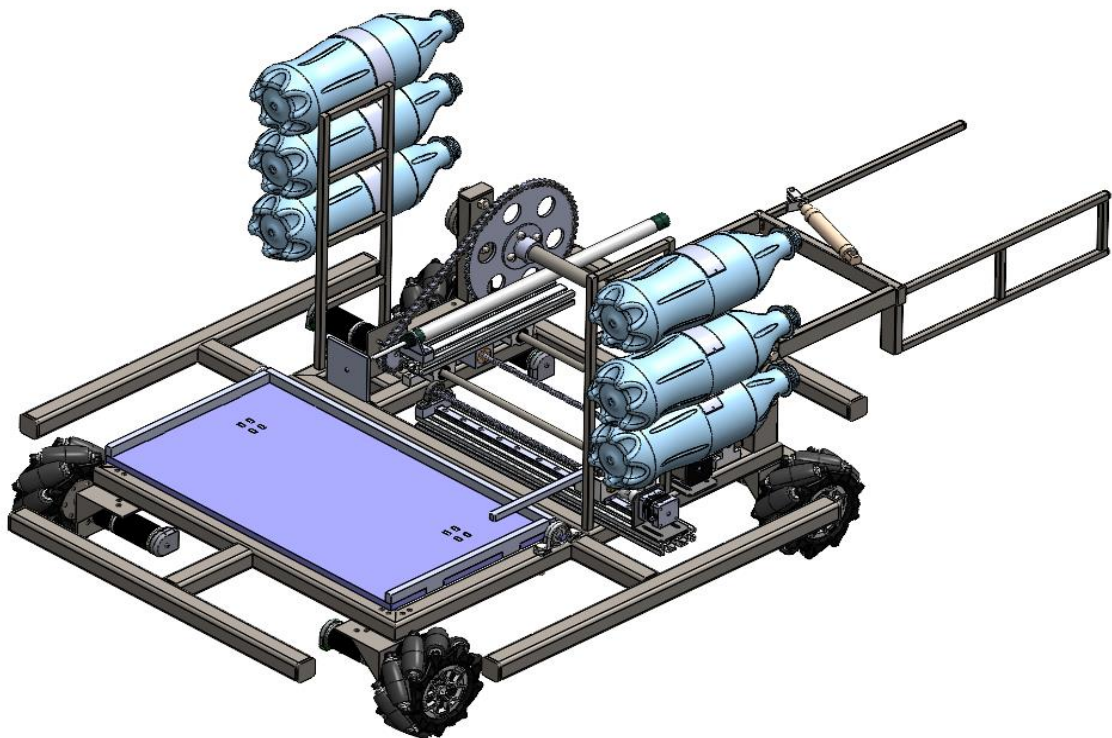


Hình 3-2: Sơ đồ truyền động

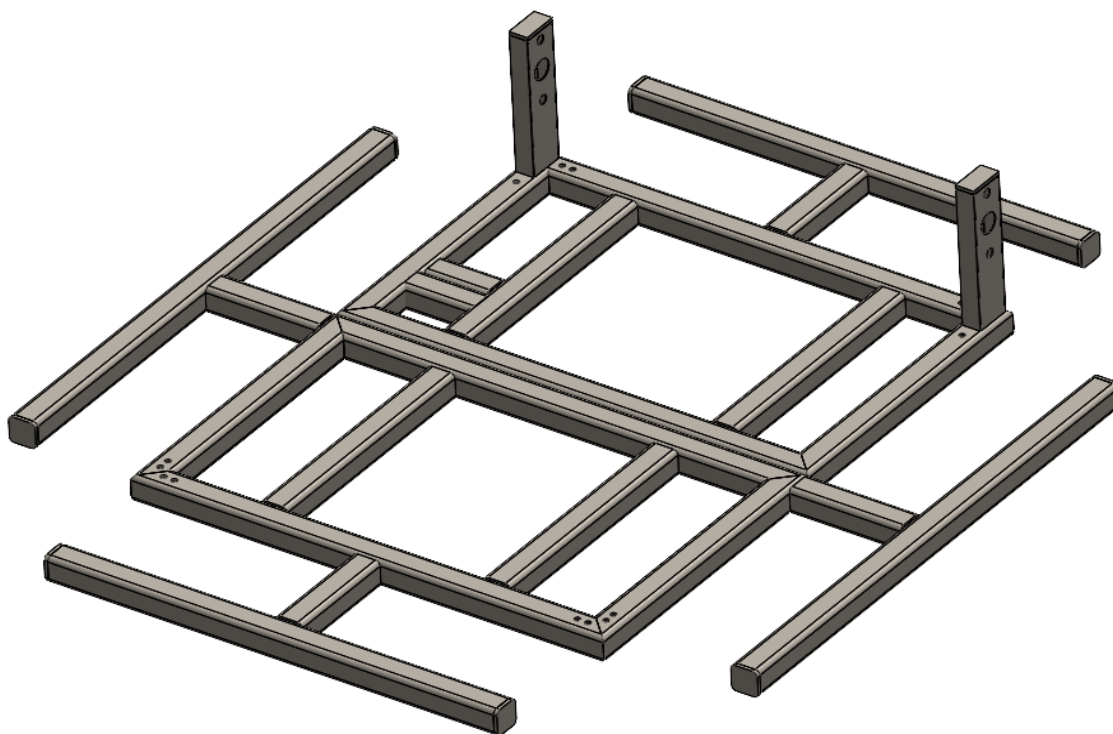
- Thiết bị có nhiệm vụ là vận chuyển hàng hóa trong nhà kho, di chuyển đến toạ độ có sẵn và đẩy hàng vào vị trí đó, nên cần có kích thước phạm vi vừa phải.
- Chiều dài 1400 mm.
- Chiều rộng: 840 mm.
- Chiều cao thiết bị: 594 mm;

3.1.2. Thiết kế Khung robot

Mô hình thiết kế robot được thiết kế trên phần mềm SolidWorks được mô tả trong Hình 3.3, có vật liệu làm khung được chọn là nhôm 30x30mm, kích thước khung 1400x840mm.



Hình 3-3: Mô hình Robot thiết kế trong phần mềm SolidWorks

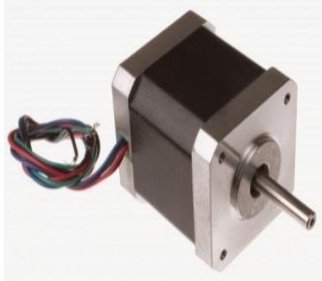


Hình 3-4: Khung robot trên phần mềm Solid Works

3.2. Thiết kế cơ cấu di chuyển của robot

Động cơ là một chi tiết không thể thiếu trong mô hình robot AGV vận chuyển hàng. Tùy thuộc vào tải trọng và công suất hoạt động mà ta có thể lựa chọn các động cơ khác nhau cho mô hình. Sau đây, tôi sẽ liệt kê một số động cơ thường sử dụng trong các mô hình robot và dựa vào ưu nhược điểm của chúng và tính toán cơ khí sẽ chọn ra loại phù hợp với luận văn này.

Bảng 3-1: Bảng lựa chọn phương án cho động cơ

Phương án	Hình ảnh	Ưu điểm	Nhược điểm
Động cơ bước		- Có thể điều khiển chính xác vị trí theo bước.	- Hiện tượng trượt bước, muốn hồi tiếp cần gắn thêm encoder, lúc dừng tại 1 vị trí động cơ ngậm điện để giữ rotor.

Phương án	Hình ảnh	Ưu điểm	Nhược điểm
Động cơ servo		- Tránh được hiện tượng trượt bước như Step DC, - Hoạt động ở tốc độ cao, momen xoắn cao, chính xác trong góc giới hạn, kiểm soát vị, kiểm soát vị trí chính xác	Thiết lập bộ điều khiển phức tạp. Giá thành cao
Động cơ DC gắn encoder		- Tốc độ tỉ lệ với điện áp hiệu dụng, đặc tuyến torque/dòng tuyến tính, khả năng bị quá tải thấp. Giá thành thấp	- Tản nhiệt kém
Động cơ giảm tốc vàng 3-9V		- Với giá thành rẻ, dễ sử dụng nên chiếc động cơ này được sử dụng rất nhiều với mô hình nghiên cứu các ngành kỹ thuật.	- Chỉ dùng với các mô hình nhỏ, tải trọng và momen thấp

Dựa vào bản vẽ lắp đã được thiết kế cũng bằng phần mềm Solid Works, tôi tìm mua những phụ kiện khác cho cụm bánh xe và truyền động như: bánh xe nhôm chủ động, động cơ DC Planet, bánh xe dẫn hướng, xylanh khí nén, hệ thống cấp hàng và thanh dẫn hướng. Ngoài ra tôi cần thiết kế các bộ gá động cơ và tấm lót mạch điều khiển. Các chi tiết được làm bằng các tấm thép 5mm hàn với nhau bằng kích thước dựa vào bản 3D trích xuất từ phần mềm SolidWorks.

Bánh xe di chuyển

Đây là bánh xe mecanum đa hướng nhận trực tiếp truyền động từ động cơ DC Planet. Với 4 động cơ trên và 4 bánh xe này nằm 4 góc ở phía đáy khung robot có thể di chuyển theo nhiều hướng tùy thích. Khoảng cách 2 bánh là 0.930m. Bánh nối trực bằng cặp vít chỉ bố trí vuông góc với nhau. Dưới đây là một số đặc điểm của loại bánh xe trên.

- Đường kính ngoài: 150mm,
- Chiều rộng: khoảng 54mm,
- Trục: 22mm;
- Chất liệu: nhôm, nhựa composit;
- Trọng lượng: 0.2kg



Hình 3-5: Bánh xe chủ động

3.3. Thiết kế cơ cấu gấp vật và giá đỡ dùng để di chuyển vật

3.3.1. Tính chọn bộ truyền xích cấp hàng

Sử dụng bộ truyền xích, với tỷ số truyền 1:2,5. Tính toán các hệ số điều kiện sử dụng xích theo công thức [18, 19]:

$$K = K_0 K_a K_{ac} K_b K_r K_{lv}$$

Trong đó:

K_0 - hệ số xét đến ảnh hưởng của vị trí bộ truyền: khi đường nối hai tâm đĩa xích hợp với đường nằm ngang một góc nhỏ hơn 60 độ thì $K_0 = 1$; nếu lớn hơn 60 độ thì $K_0 = 1,25$.

K_a - hệ số xét đến ảnh hưởng của khoảng cách trục hay chiều dài xích, xích càng dài thì số lần ăn khớp của mỗi mắt xích trong một đơn vị thời gian càng ít, do đó xích sẽ ít mòn hơn. Khi:

a	$<25p_c$	$(30-50)p_c$	$(60-80)p_c$
K_a	1.25	1	0.8

K_{dc} - hệ số xét đến ảnh hưởng của khả năng điều chỉnh lực căng xích: nếu trục điều chỉnh được thì $K_{dc} = 1$; nếu điều chỉnh bằng đĩa căng xích hoặc con lăn căng xích thì $K_{dc} = 1.1$; nếu trục không điều chỉnh được hoặc không có bộ phận căng xích thì $K_{dc} = 1.25$.

K_b - hệ số xét đến điều kiện bôi trơn: nếu bôi trơn liên tục $K_b = 0.8$; nếu bôi trơn nhỏ giọt $K_b = 1$; nếu bôi trơn định kỳ (gián đoạn) thì $K_b = 1.5$.

K_r - hệ số tải trọng động: nếu dẫn động bằng động cơ điện và tải trọng ngoài tác động lên bộ truyền tương đối êm thì $K_r = 1$; nếu tải trọng có va đập thì $K_r = 1.2 - 1.5$; nếu có va đập mạnh thì $K_r = 1.8$.

K_{lv} - hệ số xét đến chế độ làm việc: làm việc một ca bằng 1; làm việc hai ca bằng 1,12; làm việc ba ca bằng 1,45.

Như vậy:

$$K = K_0 K_a K_{dc} K_b K_r K_{lv} = 1.0, 8.1, 1.1, 5.1.1 = 1,45$$

Tính công suất tính toán P_t theo công thức:

$$P_t = \frac{K \cdot K_z K_n P_1}{K_x} \leq [P]$$

trong đó: P_1 - công suất tính toán (10W)

$[P]$ - công suất cho phép của bộ truyền một dãy có bước p_c (tra bảng 2-1)

$$P_t = \frac{K \cdot K_z K_n P_1}{K_x} = \frac{1,45 \cdot 2,5 \cdot 0,19 \cdot 10}{1} = 6,9 \leq [P]$$

$K_z = z_{01}/z_1 = 33/13 = 2,5$ - hệ số răng đĩa xích.

$K_n = n_{01}/n_1 = 0,19$ - hệ số số vòng quay.

K_x - hệ số xét đến số dãy xích x, nếu x=1,2,3,4 thì K_x tương ứng sẽ bằng: 1; 1,7; 2,5; 3.

Với giá trị P_t vừa xác định, theo bảng 2-1 [18] ta chọn bước xích p_c theo cột giá trị n_{01} khi tính hệ số K_n

Kiểm tra số vòng quay tới hạn theo bảng 2-2 [18]. Nếu không thỏa tăng số dãy xích và tính toán lại hoặc thay đổi loại xích.

Bảng 3-2: Giá trị giới hạn bước xích p_c theo số vòng quay n_1

Số vòng quay, (vg/ph)								
- Xích con lăn $z_1 \geq 15$	1250	1000	900	800	630	500	400	300
- Xích răng $z_1 \geq 17$	3300	2650	2200	1650	1320	-	-	-
Bước xích $[p_c]_{\max}$ cho phép, (mm)	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8

Xác định vận tốc trung bình v của xích theo công thức

$$v = \frac{n_1 p_c z_1}{60000} = \frac{50 \cdot 12,7 \cdot 13}{60000} = 0,11 \text{ và lực vòng có ích: } F_t = \frac{1000P}{v}$$

Tính toán kiểm nghiệm bước xích theo công thức sau:

$$p_c = 2,82 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K}{z_1 [p_0] K_x}} = 2,82 \cdot \sqrt[3]{\frac{12,5 \cdot 1,45}{10 \cdot 35 \cdot 1}} = 4,8$$

với $[p_0]$ tra từ bảng 2-3 [18]. Nếu không thỏa thì tăng bước xích và tiến hành tính toán lại.

Bảng 3-3: Áp suất cho phép $[p_0]$

Bước xích p_c (mm)	Áp suất cho phép trong bản lề xích $[p_0]$, (Mpa) khi số vòng quay của bánh xích nhỏ n_1 , (vg / ph)								
	≤ 50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
12,7 ÷ 15,875	35	31,5	28,5	26	24	22,5	21	18,5	16
19,05 ÷ 25,4	35	30	26	23,5	21	19	17,5	15	-
31,75 ÷ 38,1	35	29	24	21	18,5	16,5	15	-	-
44,45 ÷ 50,8	35	26	21	17,5	15	-	-	-	-

- Chiều dài xích: $L = X p_c = 33 \cdot 12,7 = 419,1 \text{ mm}$.

Chọn khoảng cách trục sơ bộ từ (30 – 50) $p_c = a$, xác định số mắt xích X theo công thức (nên chọn số mắt xích là số chẵn):

$$X = \frac{2a}{p_c} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{p_c}{a}$$

Chọn $X=64$.

Sau khi chọn số mắt xích, phải tính lại khoảng cách trục a theo công thức:

$$a = 0,25 \cdot p_c \left[X - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(X - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2} \right)^2} \right]$$

Thay các giá trị $X=64$; $Z_1=13$; $Z_2=33$ vào ta có: $a=260\text{mm}$

Và để bộ truyền làm việc bình thường nên giảm a một đoạn $(0,002 - 0,004)a$.

Bảng 3-4: Hệ số an toàn cho phép [s]

Số vòng quay n , (vg/ph)	Bước xích $p_c, (mm)$					
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1
49,94	7,1	7,2	7,2	7,3	7,4	7,5
99,89	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	8,0
299,85	7,9	8,2	8,4	8,9	9,4	9,8
499,40	8,5	8,9	9,4	10,2	11,8	12,5
749,62	9,3	10,0	10,7	12,0	13,0	14,0
998,86	10,0	19,8	11,7	13,1	15,0	-

Kiểm tra xích theo hệ số an toàn:

$$s = \frac{Q}{F_1 + F_v + F_0}$$

(với $[s]$ tra bảng 2-4 [18]). với Q tra bảng 2-5 [18]

Bảng 3-5: Xích con lăn một dãy

Kích thước, (mm)					Diện tích bản lề $A, (mm^2)$	Tải trọng phá hủy $Q, (kN)$	Khối lượng 1m xích (kg)
15,875	9,65	5,08	10,16	14,8	71	22,7	0,9
19,05	12,70	5,96	11,91	18,2	105	29,5	1,6
25,4	15,88	7,95	15,88	24,2	180	50,0	2,6

$$F_1 = F_t$$

$$F_v = q_m v^2$$

với q_m tra bảng 3-5 [18]

$$F_0 = K_f \cdot a \cdot q_m \cdot g$$

K_f - hệ số phụ thuộc vào độ võng của xích. $K_f = 6$ khi xích nằm ngang; $K_f = 3$ khi góc nghiêng giữa đường tâm trục và phương nằm ngang nhỏ hơn 40 độ ; $K_f = 1$ khi xích thẳng đứng.

Và kiểm tra số lần va đập của xích trong một giây theo công thức:

$$i = \frac{4v}{L} = \frac{4 \cdot n_1 z_1 p_c}{p_c \cdot X \cdot 60} = \frac{n_1 z_1}{15 \cdot X} \leq [i]$$

trong đó: X – số mắt xích

z_1, n_1 - số răng và số vòng quay của đĩa xích dẫn;

[i] - số lần va đập cho phép của xích trong một giây (bảng 3-6 [i])

Bảng 3-6: Số lần va đập cho phép của xích [i] trong một giây

Dạng xích	Bước xích p (mm)							
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
Xích con lăn	40	30	25	20	16	14	12	10
Xích răng	60	50	40	25	20	-	-	-

Tính lực tác dụng lên trục theo công thức:

- Lực tác dụng lên trục: $F_r = K_m F_t$

với K_m - hệ số trọng lượng xích: $K_m = 1,15$ khi xích nằm ngang hoặc khi góc nghiêng giữa đường nối tâm hai trục và phương nằm ngang nhỏ hơn 40 độ ; $K_m = 1$ khi góc nghiêng đường nối tâm hai trục từ 40 độ đến vị trí thẳng đứng.

- Xác định các kích thước bộ truyền:

Thông số hình học		Công thức
Đường kính vòng chia	Bánh dẫn	$d_1 = \frac{p_c Z_1}{\pi}$
	Bánh bị dẫn	$d_2 = \frac{p_c Z_2}{\pi}$
Đường kính vòng đỉnh	Bánh dẫn	$d_{a1} = p_c (0,5 + \cot g(\pi / Z_1))$
	Bánh bị dẫn	$d_{a2} = p_c (0,5 + \cot g(\pi / Z_2))$

3.3.2. Tính chọn bộ truyền vít me cấp hàng

Yêu cầu bài toán áp dụng trong cụm trục là:

Khối lượng cụm cấp hàng: 0,6 (kg); (khối lượng ty trượt, thanh nhôm định hình, thanh gạt). Ngoài yêu cầu về độ bền, vật liệu làm trục vít me chính cần phải có độ bền mòn cao và dễ gia công. Trục không tôi được làm bằng thép CT5, 35, 45, 50. Bạc dẫn hướng thường được làm bằng thép không gỉ. Trong luận văn này, sử dụng vật liệu như sau:

a. Trục vít me

Thép C45 là một loại thép hợp kim có hàm lượng Cacbon là 0,45%. Ngoài ra loại thép này còn chứa một số tạp chất khác như silic, lưu huỳnh, mangan,

crom,...(Bảng 3-7). Có độ cứng, độ kéo phù hợp trong ứng dụng cơ khí chế tạo máy, các chi tiết chịu tải trọng và sự va đập mạnh.

Bảng 3-7: Bảng hàm lượng các chất trong thép C45

Mác thép	Hàm lượng của các nguyên tố, %						
	cacbon	silic	mangan	Phot-pho	lưu huỳnh	crom	niken
				Không lớn hơn			
C45	0.42 – 0.50	0.16 – 0.36	0.50 – 0.80	0.040	0.040	0.25	0.25

Dựa vào các đặc tính cơ bản của thép C45, ta có thể tính ra các thông số của trục vít nhằm đáp ứng tải trọng đã được đề bài đặt ra. Đặc biệt là thông số về giới hạn chảy của thép (Bảng 3-8).

Bảng 3-8: Bảng thông số tính chất cơ học thép C45

Mác thép	Tiêu chuẩn	Độ bền đứt ơb (Mpa)	Độ bền đứt ơc (Mpa)	Độ giãn dài tương đối δ (%)	Độ cứng HRC
C45	TCVN 1766-75	610	360	16	23

b. Xác định đường kính trục vít me

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi. [\sigma_K]}}$$

Trong đó: $[\sigma_K] = [\sigma_{ch}]/3$

($[\sigma_{ch}]$ - ứng suất chảy cho phép của vật liệu làm vít me)

Với tải trọng yêu cầu là 0,6 (kg) thì $F_a = 6$ (N). (Tra bảng 2-8) giới hạn chảy của thép C45 là $[\sigma_{ch}] = 360$ (MPa)

Thay vào, suy ra:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi. [\sigma_K]}} = \sqrt{\frac{4.1,3.6}{\pi. \frac{360.10^6}{3}}} = 9.9.10^{-5}(m) = 0,01 (mm)$$

Chọn: $d_2 = 8$ (mm).

c. Đai ốc

Để giảm ma sát và mòn ren, đai ốc được chế tạo từ các loại đồng thanh như đồng thanh thiếc, đồng thanh thiếc – chì - kẽm và đồng thanh nhôm – sắt hoặc gang. Nhằm giảm chi phí đồng, thường dùng đai ốc bằng hai kim loại. Trong luận văn, ta chọn vật liệu làm đai ốc là đồng thanh.

3.3.2.1. Kiểm tra bền

a. Tải trọng riêng dọc trục

Theo [18], công thức tính tải trọng riêng dọc trục:

$$q_a = \frac{F_a}{z_b \cdot d_b^2 \cdot \lambda}$$

Trong đó:

d_b – Đường kính bi, $d_b = (0,08 \div 0,15)d_2 = 0,15.8 = 1,2 \text{ (mm)}$;

p – Bước vít, $p = d_b + (1 \div 5) = 1,2 + 2 = 3,4 \text{ (mm)}$. Chọn $p = 5$;

r_1 – Bán kính rãnh lặn, $r_1 = (0,51 \div 0,53)d_b = 0,51.1,2 = 0,612 \text{ (mm)}$;

c – Khoảng cách từ tâm rãnh đến tâm bi, với β là góc tiếp xúc, chọn 45° .

$$c = \left(r_1 - \frac{d_b}{2}\right) \cos \beta = \left(0,612 - \frac{1,2}{2}\right) \cos 45 = 0,0084 \text{ (mm)};$$

D_{tb} – đường kính vòng tròn quỹ đạo đi qua tâm bi

$$D_{tb} = d_2 + 2 \cdot (r_1 - c) = 8 + 2 \cdot (0,612 - 0,0084) = 9,2 \text{ (mm)}$$

D_1 – Đường kính trong của ren đai ốc

$$D_1 = D_{tb} + 2 \cdot (r_1 - c) = 9,2 + 2 \cdot (0,612 - 0,0084) = 10,4 \text{ (mm)}$$

k – Số vòng ren làm việc theo chiều cao đai ốc, không quá 2 đến 2,5 vòng

Chọn $k=2$.

Z_b – Số bi trong các vòng ren làm việc,

$$Z_b = \frac{\pi D_{tb} K}{d_b} - 1 = \frac{\pi \cdot 9,2 \cdot 2}{1,2} - 1 = 47,2 \approx 47 \text{ (viên)}$$

Δ – Khe hở hướng tâm,

$$\Delta = D_1 - (2d_b + d_0) = 10,4 - (2 \cdot 1,2 + 8) = 0 \text{ (mm)}$$

λ – hệ số phân bố không đều tải trọng của các viên bi, thường chọn là 0,8.

Thay vào,

$$q_a = \frac{F_a}{z_b \cdot d_b^2 \cdot \lambda} = \frac{10,67}{47 \cdot 1,2^2 \cdot 0,8} = 0,19 \text{ (MPa)}$$

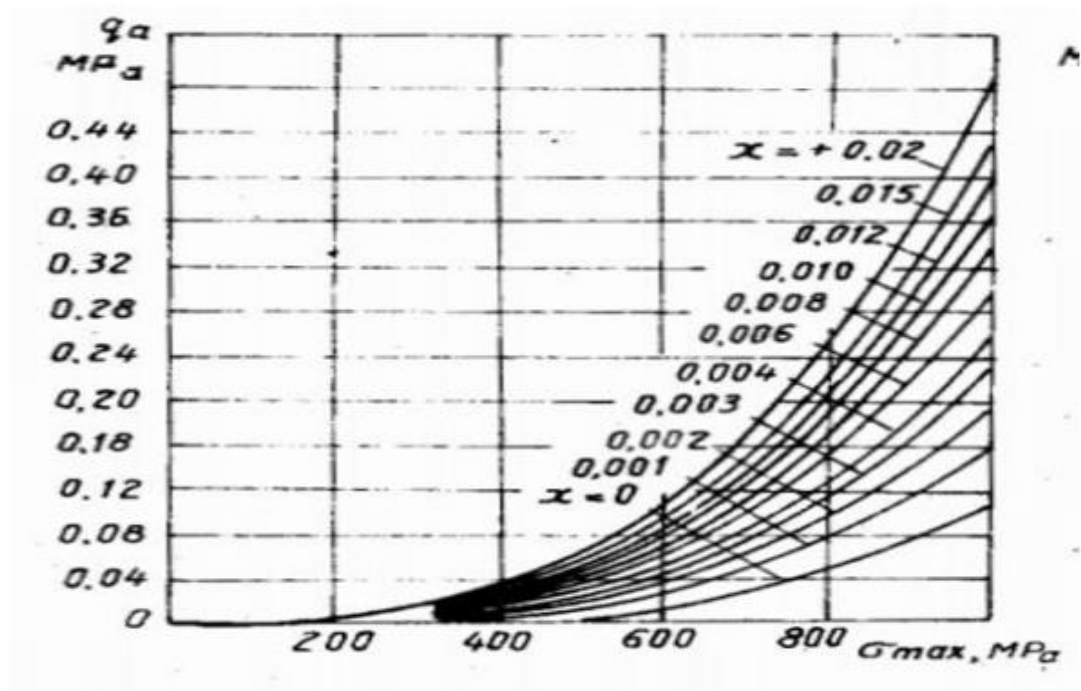
b. Khe hở tương đối

Theo [18],

$$\mathcal{X} - \text{Khe hở tương đối, } \mathcal{X} = \frac{\Delta}{d_2} = \frac{0}{8} = 0$$

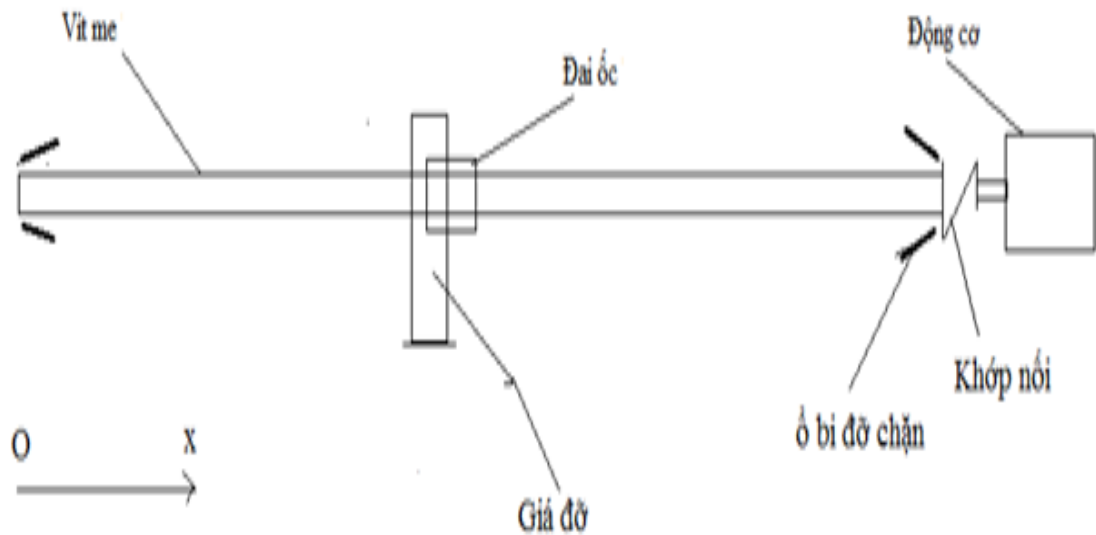
Từ đồ thị (H2.6), với $\mathcal{X} = 0$; $q_a = 0,19 \text{ (MPa)}$ tra ra được

$$\sigma_{max} = 1500 \text{ MPa}$$



Hình 3-6: Đồ thị xác định ứng suất lớn nhất

c. Sơ đồ truyền động



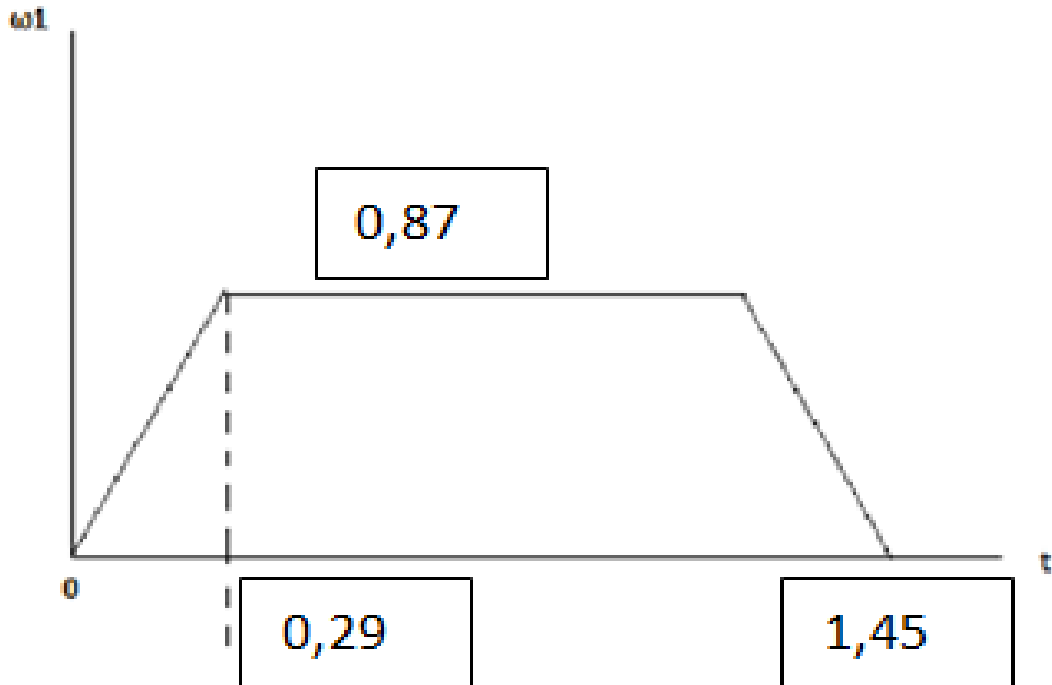
Hình 3-7: Sơ đồ truyền động của trục vít me

Các thông số đầu vào:

Tải khối lượng $m = 0,6 \text{ kg}$.

Vận tốc lớn nhất của đai ốc: $v = 2780 \text{ mm/s}$.

Đồ thị vận tốc có dạng hình thang, tốc độ ban đầu bằng 0, và gia tốc là hằng số ở cả giai đoạn khởi đầu và hãm (Thời gian khởi động xấp xỉ 20% thời gian 1 vòng chu kỳ).



Hình 3-8: Đồ thị vận tốc khâu 3

Thời gian thực hiện hết 1 chu trình là: $t = 0,29 \div 20\% = 1,45 \text{ s}$.

$$v_{max} = a_{max} \cdot t$$

Từ đó ta có: $a_{max} = \frac{v_{max}}{t} = \frac{2780}{0,29} = 9600 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} = 9,6 \text{ m/s}^2$.

Lực dọc trục lớn nhất:

$$F_{amax} = F_{qt} + P_t = m \cdot a_{max} + mg = 0,6 \cdot (9,6 + 10) = 11,76 \text{ (N)}.$$

Chọn trục vít me theo tiêu chuẩn SKF:

Từ những thông số trên ta chọn được trục vít me bi hỗ trợ bạc chặn KFL08 (Hình 3.9)



Hình 3-9: Bạc chặn KFL08

Theo [18], tuổi bền của cơ cấu:

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3$$

Trong đó: L_{10} - Tuổi thọ (triệu vòng quay)

C_a - Tải trọng động cơ bản, $C_a = 10,7 \text{ kN}$.

F_m - Lực dọc trục trung bình (kN)

$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3} = \frac{6 + 2 \cdot 11,76}{3} = 9,84(N) = 0,00984 (kN)$$

Thay vào công thức (3.): $L_{10} = 0,35 \times 10^6 (\text{triệu vòng})$

Tốc độ giới hạn của trục vít me (rpm):

$$n_{cr} = 49 \cdot 10^6 \cdot \frac{f_1 d_2}{l^2}$$

Trong đó:

f_1 - Hệ số tốc độ. Với kết cấu 1 đầu gối tựa, một đầu cố định; $f_1 = 3,8$.

d_2 - Đường kính chân ren của trục vít, $d_2 = 5,6 (mm)$.

l - Khoảng cách hai gối đỡ

l - Tổng hành trình $l = 370 (mm)$

Thay vào,

$$n_{cr} = 49 \cdot 10^6 \cdot \frac{f_1 d_2}{l^2} = 49 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,8,5,6}{370^2} = 7616.$$

Vận tốc thiết kế lớn nhất:

$$n = \left(\frac{v}{P_h \cdot Z} \right) \cdot 60 = \left(\frac{2780}{10,4} \right) \cdot 60 = 4170 \text{ rpm} < n_{cr}.$$

Với $P_h = 10 \text{ mm}$. Z – Số mỗi ren, $Z = 4$.

Vậy nên trục vít hoạt động tốt.

+ Kiểm tra tải:

$$F_c = \frac{34 \cdot 10^3 \cdot f_3 \cdot d_2^4}{l^2} = \frac{34 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 5,6^4}{370^2} = 488,5 \text{ (N)} > F_{max} (= 11,76 \text{ N})$$

Vậy nên trục vít me hoạt động tốt.

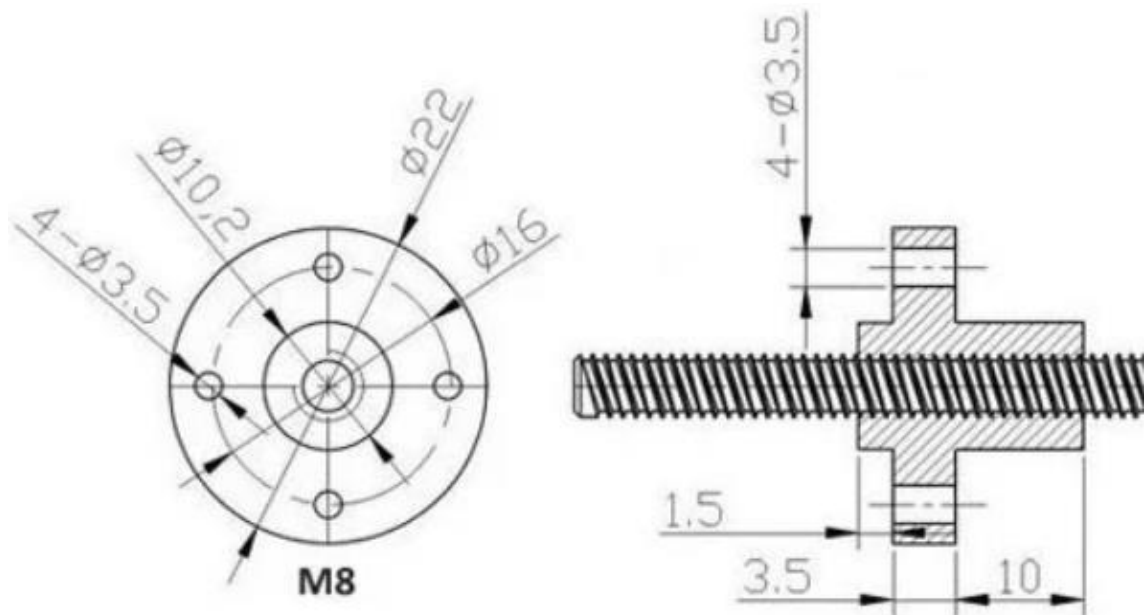
+ Hiệu suất lý thuyết của bộ truyền:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_o}{P_h} \mu} = \frac{1}{1 + \frac{\pi \cdot 8}{10} 0,006} = 0,985$$

Trong đó: μ – Hệ số ma sát tại ổ lăn.

+ Hiệu suất thực tế:

$$\eta_p = 0,9 \cdot \eta = 0,9 \cdot 0,985 = 0,886.$$



Hình 3-10: Thông số hình học của trục vít me SD/BD 8x2

3.3.2.2 Tính chọn động cơ trục vít me

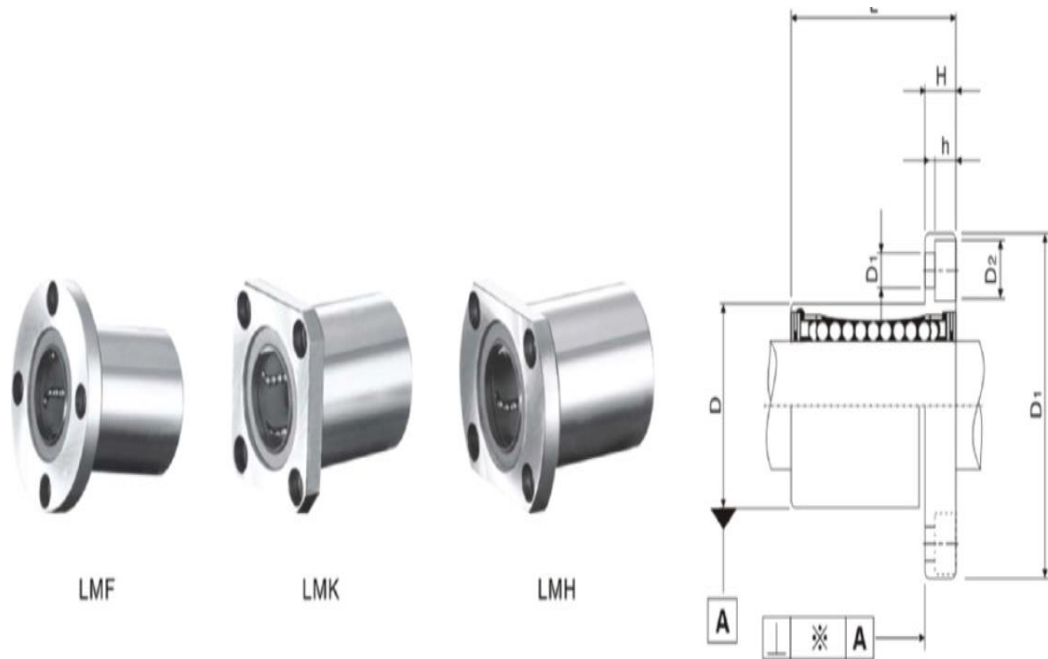
+ Mô men xoắn cần truyền vào trục vít me:

$$T = \frac{F \cdot P_h}{2000\pi\eta} = \frac{9,84 \cdot 10}{2000\pi \cdot 0,886} = 0,02 \text{ (Nm)}$$

Từ các thông số trên. Chọn động cơ truyền động cho trục vít me sau: động cơ NEMA17.

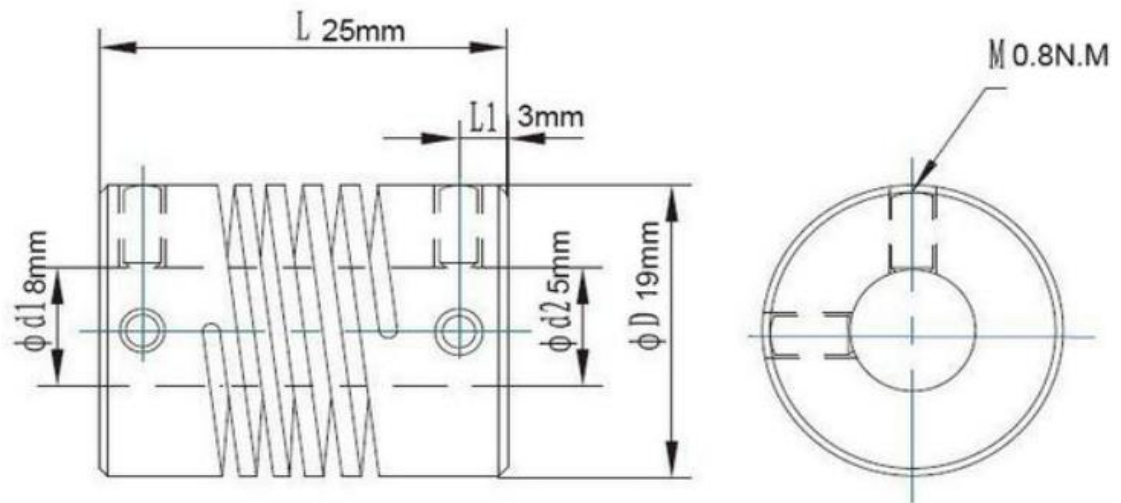
3.3.2.3 Chọn bạc dẫn hướng và khớp nối trục

Chọn bạc dẫn hướng và khớp nối trục có kích thước sau:



Model No.			Ball Circuit	Weight (g)	Permissible Diameter Tolerance (μm)	Basic Load Rating		Inner Diameter	
Round Flange Type	Square Flange Type	Oval Flange Type				Dynamic CN	Static CoN	dr (mm)	Tolerance (μm)
LMF6UU	LMK6UU	LMH6UU	4	26.5	-5	200	260	6	R
LMF8UU	LMK8UU	-	4	34	-5	170	220	8	
LMF8UU	LMK8UU	LMH8UU	4	40	-5	260	400	8	

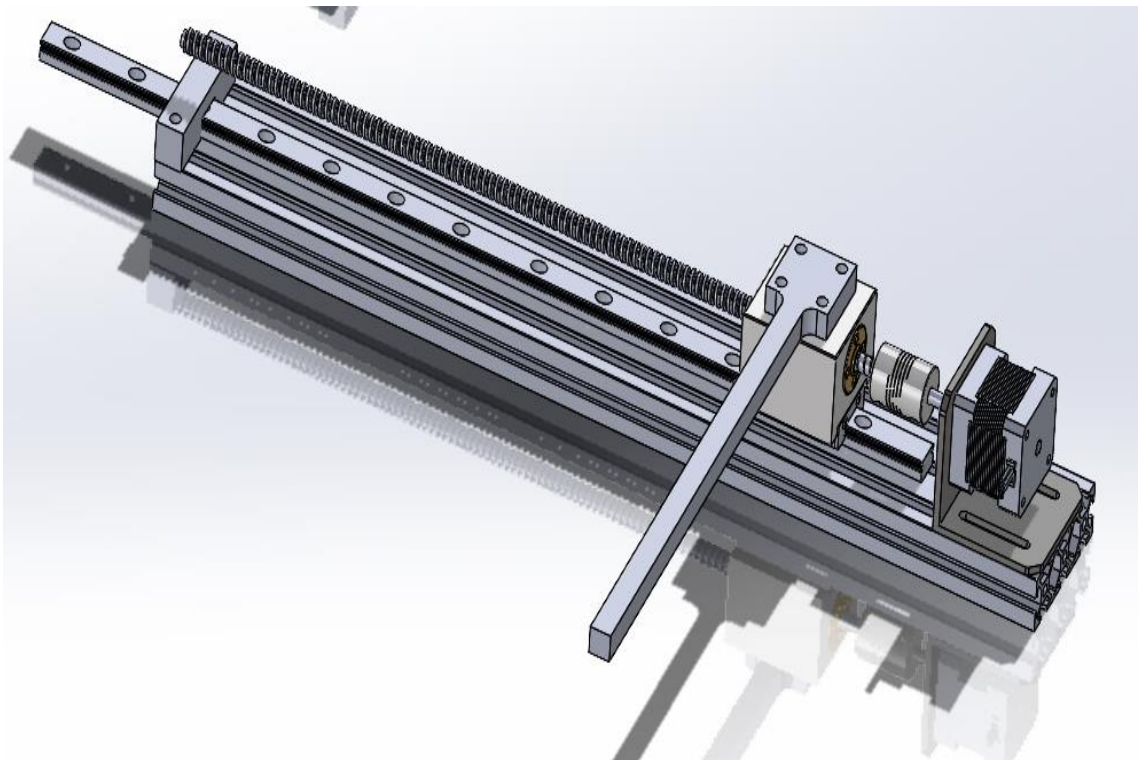
Hình 3-11: Bạc dẫn hướng LMF 8UU

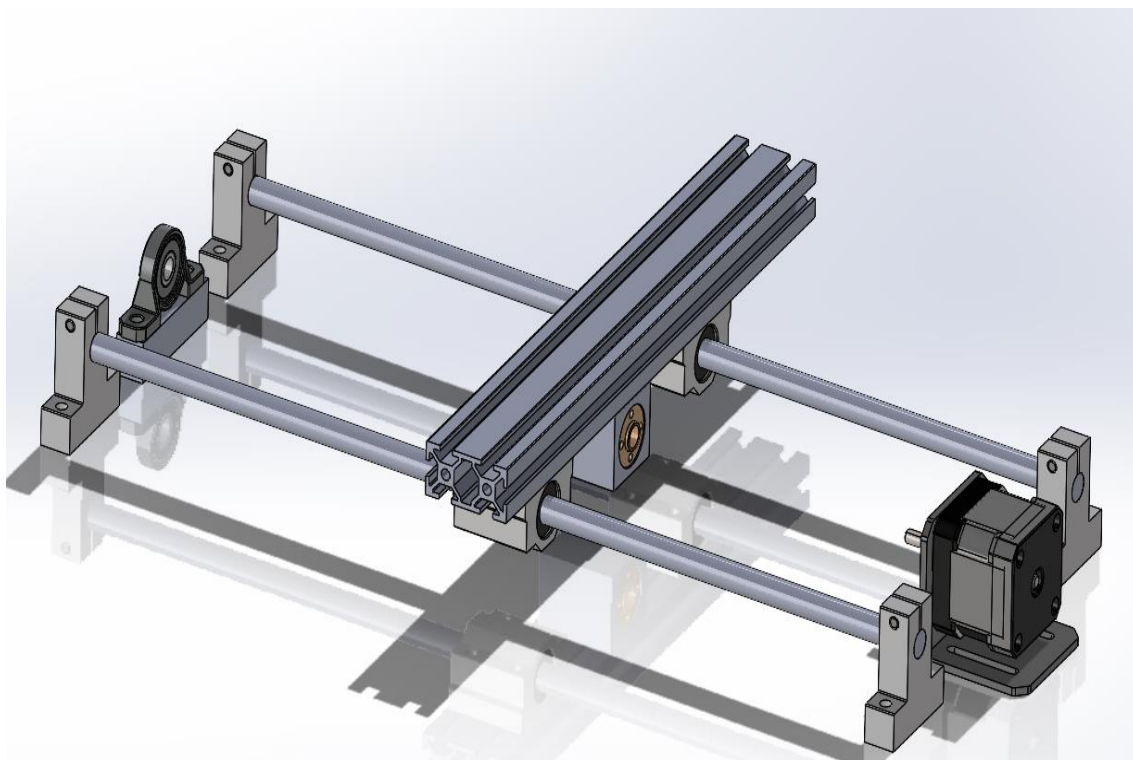


Hình 3-12: Khớp nối trục 5x8 mm

a. Hệ thống cấp hàng và thanh dẫn hướng

Thanh dẫn hướng có nhiệm vụ dẫn hướng cho thanh ty trượt của robot hoạt động chính xác. Khi cấp hàng hoá vào vị trí đây, nhờ có 2 thanh ty trượt được dẫn hướng đảm bảo độ cứng vững, tính êm cho robot. Ống dẫn hướng được thiết kế bằng phần mềm 3D Solidworks. Từ bản vẽ thiết kế trên phần mềm này để xuất ra file dạng đuôi .stl để có thể in 3D bằng nhựa PLA như đã giới thiệu ở (Hình 3.13).

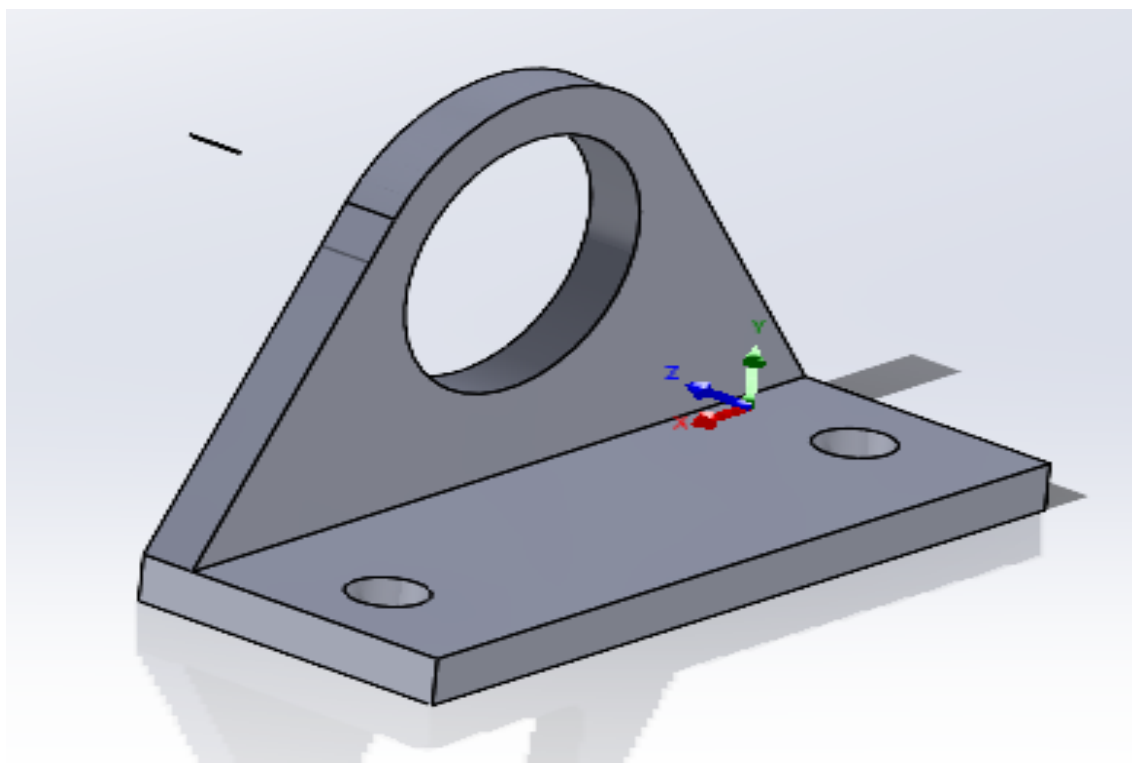




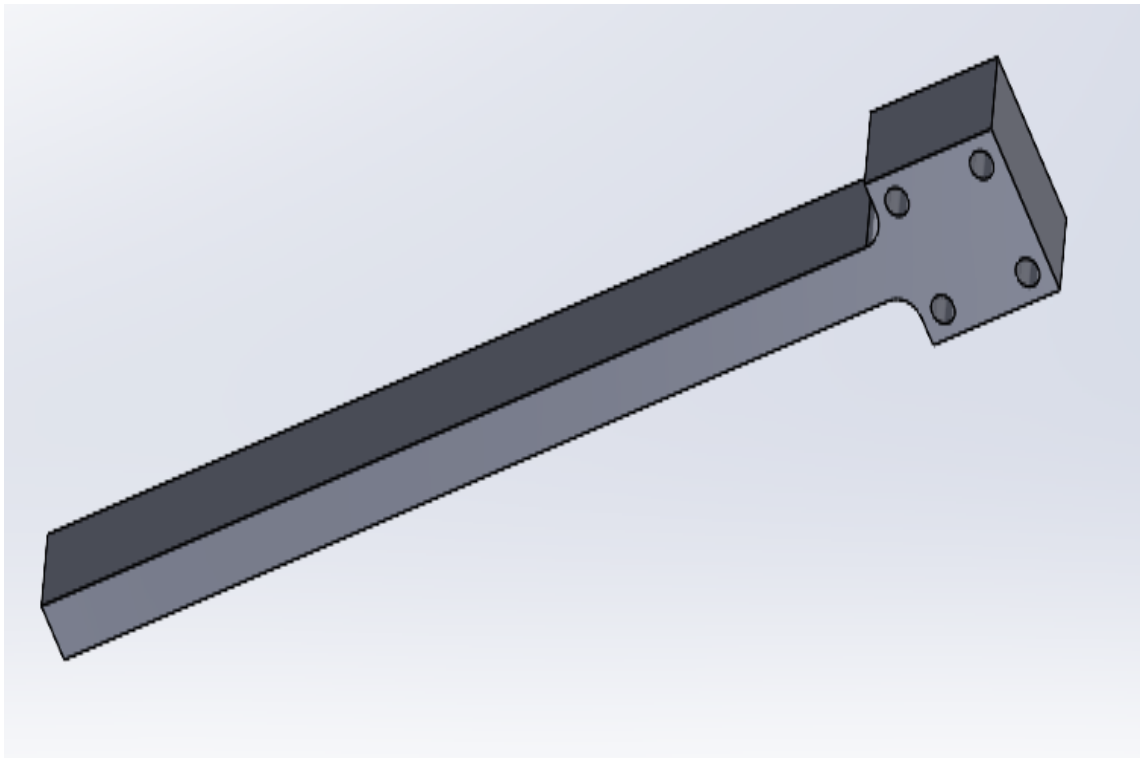
Hình 3-13: Ống dẫn hướng và cấp hàng

b. Bộ phận gá xy lanh điện, thanh ty trượt, bánh xe đa hướng

Các chi tiết này có nhiệm vụ cố định các bộ phận khác như xy lanh khí nén, thanh ty trượt và hệ thống cần gạt ở các vị trí cố định. Đảm bảo tính chính xác cao cho robot hoạt động. Đây cũng là một chi tiết được thiết kế và hoàn thiện bằng phần mềm SolidWorks và công nghệ cắt laser và công nghệ in 3D bằng nhựa PLA.



Hình 3-14: Bộ phận gá xy lanh khí nén



Hình 3-15: Bộ phận thanh gạt hàng

3.3.3. Tính chọn bộ truyền vítme thay đổi vị trí xy lanh đẩy

Yêu cầu bài toán áp dụng trong cụm xy lanh đẩy là:

Khối lượng cụm cấp hàng: 1 (kg); (khối lượng xy lanh đẩy hàng, ty trượt, thanh nhôm định hình). Ngoài yêu cầu về độ bền, vật liệu làm trục vít me chính cần phải có độ bền mòn cao và dễ gia công. Trục không tôi được làm bằng thép CT5, 35, 45, 50. Bạc dẫn hướng thường được làm bằng thép không gỉ. Trong luận văn này, sử dụng vật liệu như sau:

a. Trục vít me

Thép C45 là một loại thép hợp kim có hàm lượng Cacbon là 0,45%. Ngoài ra loại thép này còn chứa một số tạp chất khác như silic, lưu huỳnh, mangan, crom,... (Bảng 3-7). Có độ cứng, độ kéo phù hợp trong ứng dụng cơ khí chế tạo máy, các chi tiết chịu tải trọng và sự va đập mạnh.

Dựa vào các đặc tính cơ bản của thép C45, ta có thể tính ra các thông số của trục vít nhằm đáp ứng tải trọng đã được đề bài đặt ra. Đặc biệt là thông số về giới hạn chảy của thép (Bảng 3-8).

b. Xác định đường kính trục vít me

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4.1,3.F_a}{\pi. [\sigma_K]}}$$

Trong đó: $[\sigma_K] = [\sigma_{ch}]/3$

$[\sigma_{ch}]$ - ứng suất chảy cho phép của vật liệu làm vít me)

Với tải trọng yêu cầu là 0,6 (kg) thì $F_a = 6$ (N). (Tra bảng 2-8) giới hạn chảy của thép C45 là $[\sigma_{ch}] = 360$ (MPa)

Thay vào, suy ra:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4.1.3.F_a}{\pi. [\sigma_K]}} = \sqrt{\frac{4.1.3.6}{\pi. \frac{360.10^6}{3}}} = 9.9.10^{-5}(m) = 0,01 (mm)$$

Chọn: $d_2 = 8$ (mm).

c. Đai ốc

Để giảm ma sát và mòn ren, đai ốc được chế tạo từ các loại đồng thanh như đồng thanh thiếc, đồng thanh thiếc – chì - kẽm và đồng thanh nhôm – sắt hoặc gang. Nhằm giảm chi phí đồng, thường dùng đai ốc bằng hai kim loại. Trong luận văn, ta chọn vật liệu làm đai ốc là đồng thanh.

3.3.3.1. Kiểm tra bền

a. Tải trọng riêng dọc trục

Theo [18], công thức tính tải trọng riêng dọc trục:

$$q_a = \frac{F_a}{z_b. d_b^2. \lambda}$$

Trong đó:

d_b – Đường kính bi, $d_b = (0,08 \div 0,15)d_2 = 0,15.8 = 1,2$ (mm);

p – Bước vít, $p = d_b + (1 \div 5) = 1,2 + 2 = 3,4$ (mm). Chọn $p = 5$;

r_1 – Bán kính rãnh lăn, $r_1 = (0,51 \div 0,53)d_b = 0,51.1,2 = 0,612$ (mm);

c – Khoảng cách từ tâm rãnh đến tâm bi, với β là góc tiếp xúc, chọn 45° .

$$c = (r_1 - \frac{d_b}{2})\cos\beta = \left(0,612 - \frac{1,2}{2}\right)\cos 45 = 0,0084 (mm);$$

D_{tb} – đường kính vòng tròn quỹ đạo đi qua tâm bi

$$D_{tb} = d_2 + 2. (r_1 - c) = 8 + 2. (0,612 - 0,0084) = 9,2 (mm)$$

D_1 – Đường kính trong của ren đai ốc

$$D_1 = D_{tb} + 2. (r_1 - c) = 9,2 + 2. (0,612 - 0,0084) = 10,4 (mm)$$

k – Số vòng ren làm việc theo chiều cao đai ốc, không quá 2 đến 2,5 vòng

Chọn $k = 2$.

Z_b – Số bi trong các vòng ren làm việc,

$$Z_b = \frac{\pi D_{tb} K}{d_b} - 1 = \frac{\pi \cdot 9,2 \cdot 2}{1,2} - 1 = 47,2 \approx 47 \text{ (viên)}$$

Δ – Khe hở hướng tâm,

$$\Delta = D_1 - (2d_b + d_0) = 10,4 - (2 \cdot 1,2 + 8) = 0 \text{ (mm)}$$

λ – hệ số phân bố không đều tải trọng của các viên bi, thường chọn là 0,8.

Thay vào,

$$q_a = \frac{F_a}{z_b \cdot d_b^2 \cdot \lambda} = \frac{10,67}{47 \cdot 1,2^2 \cdot 0,8} = 0,19 \text{ (MPa)}$$

b. Khe hở tương đối

Theo [18],

$$\mathcal{X} - \text{Khe hở tương đối, } \mathcal{X} = \frac{\Delta}{d_2} = \frac{0}{0} = 0$$

Từ đồ thị (H2.6), với $\mathcal{X} = 0$; $q_a = 0,19 \text{ (MPa)}$ tra ra được

$$\sigma_{max} = 1500 \text{ MPa}$$

c. Sơ đồ truyền động (hình 3.2)

Các thông số đầu vào:

Tải khối lượng $m = 1 \text{ kg}$.

Vận tốc lớn nhất của đai ốc: $v = 2780 \text{ mm/s}$.

Đồ thị vận tốc có dạng hình thang (Hình 3.8), tốc độ ban đầu bằng 0, và gia tốc là hằng số ở cả giai đoạn khởi đầu và hãm (Thời gian khởi động xấp xỉ 20% thời gian 1 vòng chu kỳ).

Thời gian thực hiện hết 1 chu trình là: $t = 0,29 \div 20\% = 1,45 \text{ s}$.

$$v_{max} = a_{max} \cdot t$$

$$\text{Từ đó ta có: } a_{max} = \frac{v_{max}}{t} = \frac{2780}{0,29} = 9600 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} = 9,6 \text{ m/s}^2.$$

Lực dọc trục lớn nhất:

$$F_{amax} = F_{qt} + P_t = m \cdot a_{max} + mg = 1 \cdot (9,6 + 10) = 19,6 \text{ (N)}.$$

Chọn trục vít me theo tiêu chuẩn SKF:

Từ những thông số trên ta chọn được trục vít me bi hỗ trợ bạc chặn KFL08

(Hình 3.9)

Theo [18], tuổi bền của cơ cấu:

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3$$

Trong đó: L_{10} - Tuổi thọ (triệu vòng quay)

C_a - Tải trọng động cơ bản, $C_a = 10,7 \text{ kN}$.

F_m - Lực dọc trục trung bình (kN)

$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3} = \frac{10 + 2.19,6}{3} = 16,4(N)$$

Thay vào công thức (3.): $L_{10} = 0,35 \times 10^6 (\text{triệu vòng})$

Tốc độ giới hạn của trục vít me (rpm):

$$n_{cr} = 49.10^6 \cdot \frac{f_1 d_2}{l^2}$$

Trong đó:

f_1 - Hệ số tốc độ. Với kết cấu 1 đầu gối tựa, một đầu cố định; $f_1 = 3,8$.

d_2 - Đường kính chân ren của trục vít, $d_2 = 5,6 \text{ (mm)}$.

l - Khoảng cách hai gối đỡ

l - Tổng hành trình $l = 370 \text{ (mm)}$

Thay vào,

$$n_{cr} = 49.10^6 \cdot \frac{f_1 d_2}{l^2} = 49.10^6 \cdot \frac{3,8.5,6}{370^2} = 7616.$$

Vận tốc thiết kế lớn nhất:

$$n = \left(\frac{v}{P_{h.Z}} \right) \cdot 60 = \left(\frac{2780}{10.4} \right) \cdot 60 = 4170 \text{ rpm} < n_{cr}.$$

Với $P_h = 10 \text{ mm}$. Z - Số mỗi ren, $Z = 4$.

Vậy nên trục vít hoạt động tốt.

+ Kiểm tra tải:

$$F_c = \frac{34.10^3 \cdot f_3 \cdot d_2^4}{l^2} = \frac{34.10^3 \cdot 2.5,6^4}{370^2} = 488.5 \text{ (N)} > F_{max} (= 19,6 \text{ N})$$

Vậy nên trục vít me hoạt động tốt.

+ Hiệu suất lý thuyết của bộ truyền:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi d_0}{P_h} \mu} = \frac{1}{1 + \frac{\pi.8}{10} 0,006} = 0,985$$

Trong đó: μ - Hệ số ma sát tại ổ lăn.

+ Hiệu suất thực tế:

$$\eta_p = 0,9 \cdot \eta = 0,9 \cdot 0,985 = 0,886.$$

3.3.2.2. Tính chọn động cơ trục vít me

+ Mô men xoắn cần truyền vào trục vít me:

$$T = \frac{F \cdot P_h}{2000\pi\eta} = \frac{16,4 \cdot 10}{2000\pi \cdot 0,886} = 0,03 \text{ (Nm)}$$

Từ các thông số trên. Chọn động cơ truyền động cho trục vít me sau: động cơ NEMA17.

3.3.2.3. Chọn bạc dẫn hướng và khớp nối trục

Chọn bạc dẫn hướng và khớp nối trục có kích thước như (hình 3.11) và (hình 3.12).

3.4. Viết thuật toán điều khiển robot

3.4.1. Lựa chọn phương án thiết kế bộ điều khiển

➤ Phương án 1: điều khiển bằng rơ le

Rơ le là một thiết bị chuyển mạch bằng hoạt động bằng điện, sử dụng một nam châm điện như một đòn bẩy, khi dòng điện chạy qua nam châm thì sẽ tạo ra một từ trường hút lõi sắt non làm thay đổi công tắc chuyển mạch. Dòng điện qua nam châm điện có thể có hoặc không vì thế mà rơ le có 2 vị trí chuyển mạch, trong đó khi mà có điện thì rơ le sẽ có trạng thái ON ngược lại thì là trạng thái OFF.



Hình 3-16: Một số loại rơ le thông dụng

Hệ thống điều khiển Rơ le là tập hợp nhiều thiết bị chuyển mạch Rơ le, cùng với các thiết bị như: Timer, CP, ... Mà cấu hành hệ thống điều khiển rơ le. Hiện nay hệ

thống này vẫn được sử dụng trong các loại tủ điện như tủ điện ATS, UPS, ... Ngoài ra còn được sử dụng như một phần tử cách ly điện áp điều khiển và điện áp chấp hành.

Ưu điểm :

- Thiết kế nhỏ gọn với trọng lượng nhẹ dễ di chuyển khi cần thiết;
- Cấu thành từ những nguyên vật liệu có độ bền cao, khả năng chịu nhiệt tốt.

Nhược điểm :

- Người vận hành phải có kiến thức và kinh nghiệm cao

➤ **Phương án 2: điều khiển bằng PLC**

Đặc trưng của tất cả các dòng PLC bất kì là khả năng có thể lập trình được, chỉ số IP ở dải quy định cho phép PLC hoạt động trong môi trường khắc nghiệt công nghiệp, yếu tố bền vững thích nghi, độ tin cậy, tỉ lệ hư hỏng rất thấp, thay thế và hiệu chỉnh chương trình dễ dàng, khả năng nâng cấp các thiết bị ngoại vi hay mở rộng số lượng đầu vào nhập và đầu ra xuất được đáp ứng tùy nghi trong khả năng trên có thể xem là các tiêu chí đầu tiên cho chúng ta khi nghĩ đến thiết kế phần điều khiển trung tâm cho một hệ thống hoạt động tự động.



Hình 3-17: Bộ điều khiển PLC

Ứng dụng của PLC trong công nghiệp:

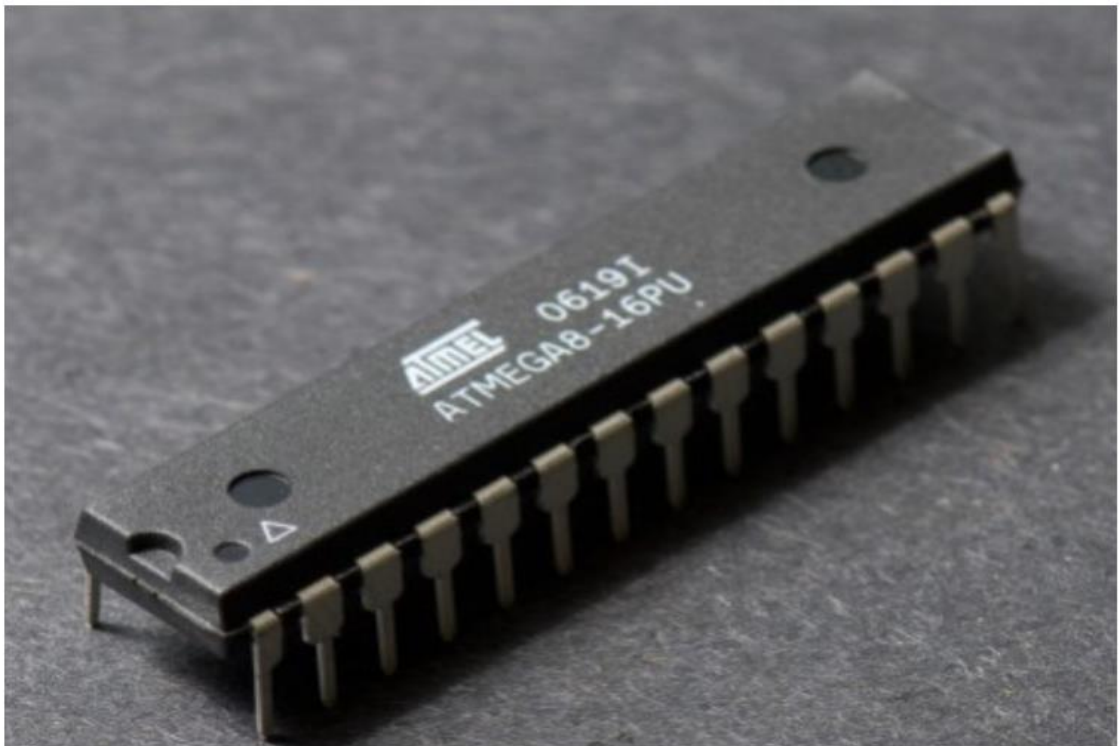
Từ các ưu điểm nêu trên, hiện nay PLC đã được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau trong công nghiệp như:

- Hệ thống nâng vận chuyển.
- Dây chuyền đóng gói.

- Dây chuyền sản xuất thủy tinh.
- Sản xuất xi măng.
- Công nghệ chế biến thực phẩm.
- Dây chuyền chế tạo linh kiện bán dẫn.
- Dây chuyền lắp ráp tivi.

➤ **Phương án 3: điều khiển bằng vi điều khiển**

Vi điều khiển giống như một máy tính được tích hợp trên một con chip và được sử dụng để điều khiển các thiết bị điện tử. Nó là một hệ thống nhúng khép kín với các thiết bị ngoại vi, bộ xử lý và bộ nhớ. Nó được ứng dụng trong việc chế tạo khá nhiều thiết bị điện tử dân dụng như điện thoại, xe hơi, thiết bị đèn led, máy đo nhiệt độ môi trường,...



Hình 3-18: Vi điều khiển ATMEGA

Ưu điểm:

- Vi điều khiển hoạt động như máy vi tính;
- Việc sử dụng đơn giản, dễ khắc phục sự cố và bảo trì;
- Hầu hết các chân chức năng có thể được người dùng sử dụng;
- Dễ kết nối các cổng RAM, ROM. I/O.

Nhược điểm:

- Có kiến trúc phức tạp hơn so với vi xử lý;
- Chỉ thực hiện đồng thời một số lệnh thực thi có giới hạn;

- Không thể làm việc với các thiết bị có công suất cao.

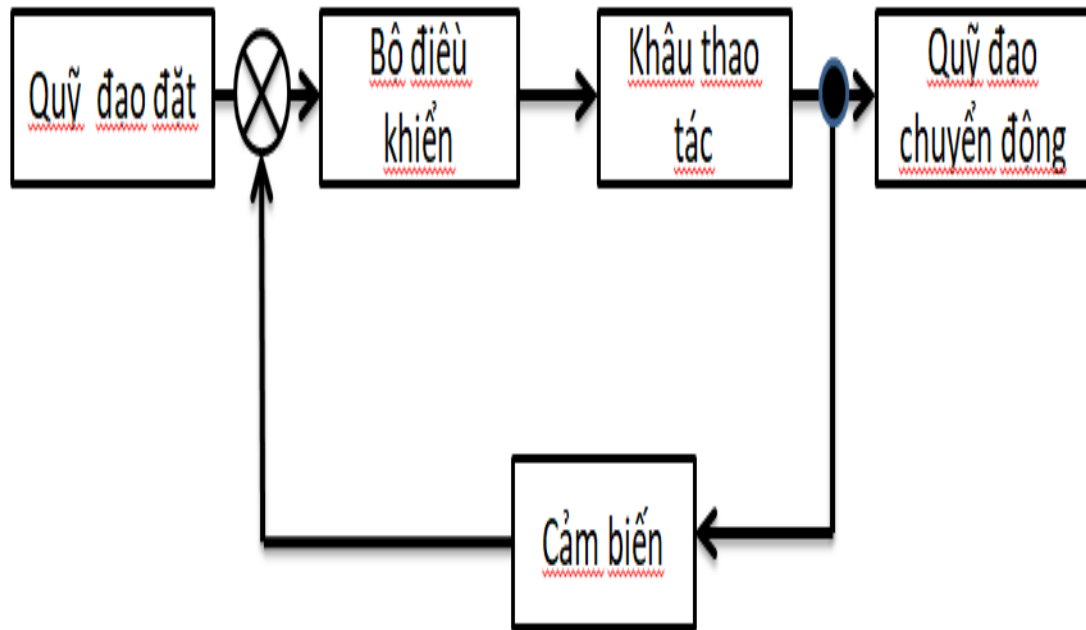
Nhóm chọn vi điều khiển làm bộ điều khiển chính để thiết kế, bởi vi điều khiển có những ưu điểm sau:

- Công suất tiêu thụ thấp.
- Chức năng điều khiển thay đổi dễ dàng bằng thiết bị lập trình, khi không có các yêu cầu thay đổi các đầu vào ra thì không cần phải nâng cấp phần cứng.
- Thời gian để một chu trình điều khiển hoàn thành chỉ mất vài ms, điều này làm tăng tốc độ và năng suất.
- Kích thước nhỏ gọn, dễ dàng bảo quản, sửa chữa.
- Dễ dàng kết nối được với các thiết bị thông minh khác như: máy tính, kết nối mạng Internet, các Modul mở rộng.
- Độ tin cậy cao, kích thước nhỏ.

3.4.2. Lựa chọn phương pháp điều khiển

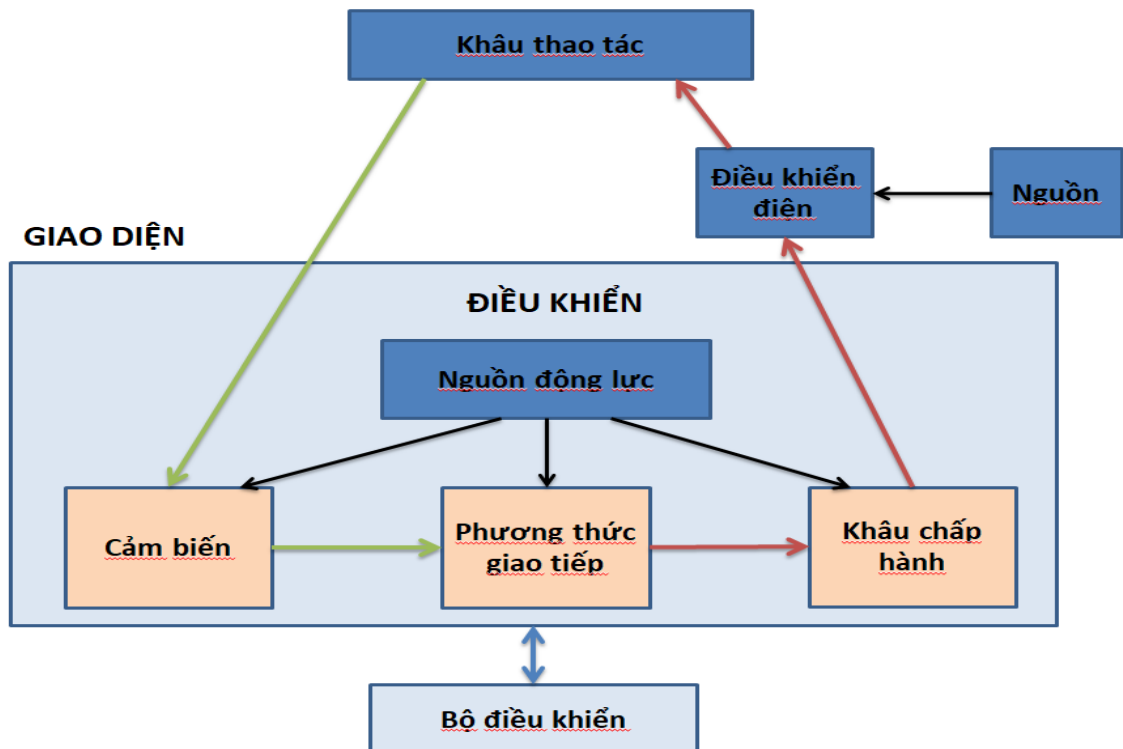
Robot tự động thực hiện các nhiệm vụ dịch chuyển hoặc các thao tác. Các hoạt động của robot thường được lập trình, việc thực hiện các nhiệm vụ thường làm thay đổi một phần hoặc toàn bộ vị trí của robot trong không gian. Có thể coi robot hiện đại như những người máy, thực hiện tất cả các thao tác phức tạp, có độ chính xác cao. Điều khiển chuyển động của tay máy trong không gian là xác định các thành phần momen lực tổng quát và thành phần tác động lên các khớp, momen lực được cung cấp bởi các nguồn động lực như động cơ. Vì vậy, tôi lựa chọn phương pháp điều khiển robot theo bài toán động lực học.

Quá trình điều khiển phải đảm bảo bộ điều khiển sẽ thực hiện điều khiển chuyển động các khớp theo quỹ đạo, sao cho quỹ đạo robot chuyển động luôn bám với quỹ đạo đã đặt.



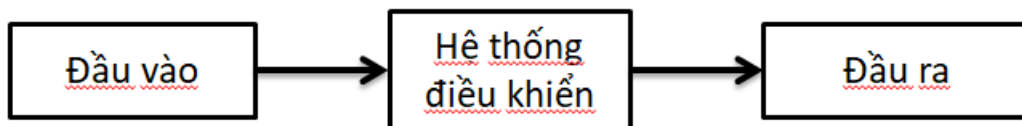
Hình 3-19: Nguyên lý điều khiển kín robot

Nguyên lý điều khiển kín robot trên (Hình 3.19) được mô tả như sau, robot sẽ bám theo quỹ đạo đặt trước (được lập trình sẵn hoặc có thể đưa vào từ phần mềm kết nối bên ngoài) sử dụng bộ điều chỉnh để điều khiển chuyển động và lực, sử dụng các cảm biến để thu nhận các thông số về môi trường làm việc để đảm bảo cho hoạt động bền vững, khử được nhiễu bên ngoài, nhận biết và đáp ứng thích nghi được với những thay đổi của môi trường cũng như sự thay đổi các tham số động học của hệ thống [20, 21].



Hình 3-20: Sự tương tác giữa các phần tử, bộ phận trong nguyên lý điều khiển kín

Trên (Hình 3.20), mô tả sự tương tác giữa các phần tử, bộ phận trong nguyên lý điều khiển kín. Các bộ phận này được cấp nguồn từ nguồn động lực để hoạt động. Khâu chấp hành thực hiện chuyển động, hệ thống cảm biến liên tục phản hồi tình trạng của khâu thao tác về bộ điều khiển để điều chỉnh sao cho khâu thao tác thực hiện đúng với quỹ đạo đặt ban đầu. Nguyên lý điều khiển hở chỉ khác nguyên lý điều khiển kín (Hình 3.19) ở chỗ không có mạch phản hồi, nghĩa là không có cảm biến dùng để liên hệ giữa giá trị thực (đầu ra) với giá trị cần (đầu vào). Ở Hình 3.21 mô tả nguyên lý điều khiển hở.



Hình 3-21: Hệ thống điều khiển vòng hở

Nhiệm vụ đặt ra đối với hệ thống điều khiển

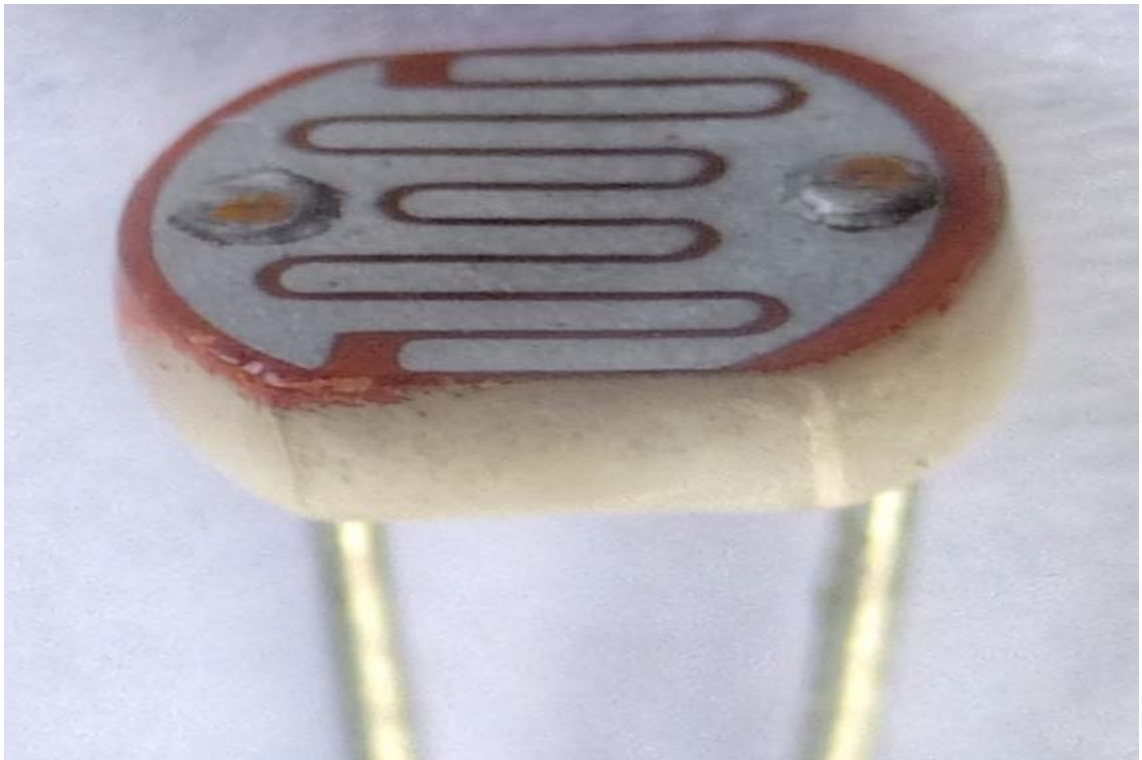
Gồm có:

- Hoàn thành xây dựng hệ thống điều khiển cho robot tạo xung lực đẩy vật đến tọa độ định sẵn;
- Thực hiện mô phỏng chuyển động;
- Kiểm tra tính ổn định của hệ thống điều khiển;
- Thiết kế mạch điện cho hệ thống điều khiển;
- Lập trình điều khiển robot;
- Lập trình mô phỏng một số dạng chuyển động cơ bản.

3.4.3. Lựa chọn hệ thống cảm biến

Hệ thống dò đường

Module dò line thường được dùng nhiều trong các ứng dụng cho robot tự động hoặc bán tự động. Quang trở hay còn gọi là điện trở quang là một vật liệu điện tử rất hay gặp trong các mạch liên quan đến ánh sáng. Chẳng qua quang trở là một loại điện trở có điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng. Ở trong khu vực ít ánh sáng thì điện trở tăng cao lên đến vài M(ohm), còn ngoài ánh sáng thì giảm còn vài trăm (ohm). Vật liệu của quang trở gồm nhiều loại, ở đây ta sử dụng loại CDS (làm từ Sunfua Cadmi).



Hình 3-22: Cảm biến quang trở

3.5. Linh kiện sử dụng và thuật toán điều khiển

3.5.1. Linh kiện sử dụng

3.5.1.1. Vi điều khiển STM32

Khối điều khiển là bộ điều khiển trung tâm của robot gấp hàng, có nhiệm vụ nhận tín hiệu input và xuất các tín hiệu điều khiển output cho các cơ cấu chấp hành. Với IC chính là STM32F4.

Dưới đây là một số thông số kỹ thuật của IC STM32F4.

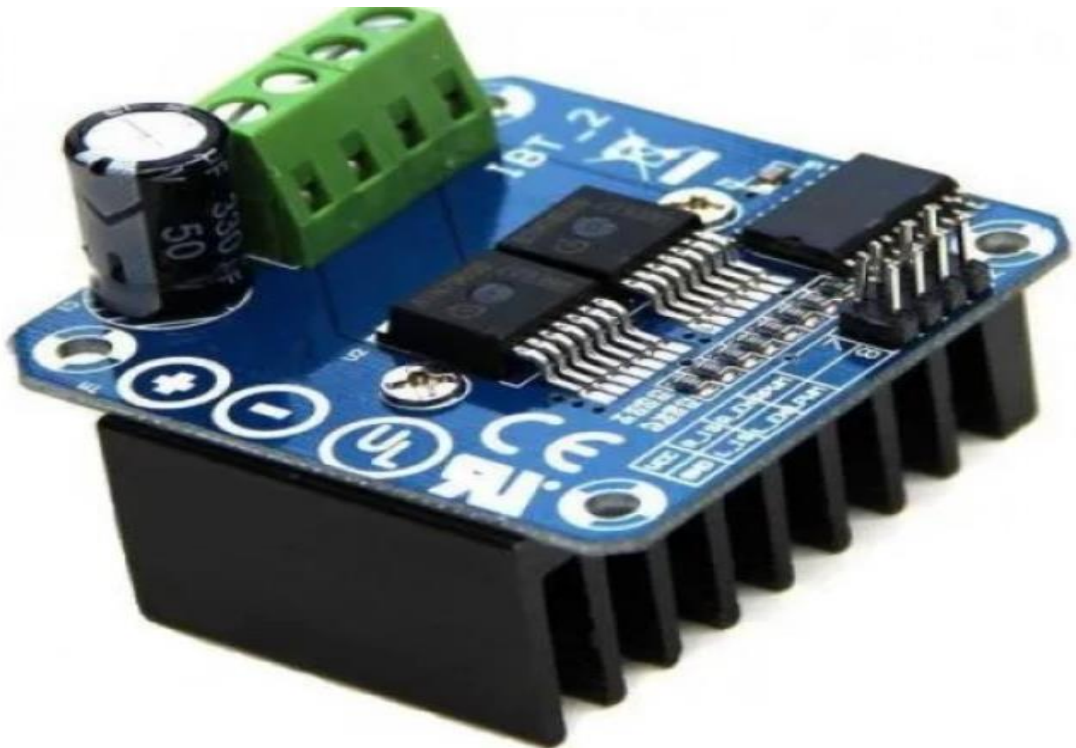
Bảng 3-9: Thông số kỹ thuật STM32F4

STM32F4 IC MCU 32BIT 512KB FLASH 100LQFP	
Đặc điểm	Thông số
Nguồn	1.8 V ~ 3.6 V
Tốc độ	120MHz
Loại	STM32F4
RAM	132K x 8
Loại bộ nhớ chương trình	FLASH

Kích thước bộ nhớ chương trình	512KB (512K x 8)
Thiết bị ngoại vi	Brown-out Detect/Reset, DMA, I ² S, LCD, POR, PWM, WDT
Loại Oscillator	Internal
Nhiệt độ hoạt động	-40°C ~ 85°C (TA)
Số I / O	82
Độ nhảy độ ẩm	3 (168 Hours)
Chuyển đổi dữ liệu	A/D 16x12b; D/A 2x12b
Lỗi	32-Bit
Core Processor	ARM® Cortex®-M3
Giao thức kết nối	CANbus, I ² C, IrDA, LINbus, MMC, SPI, UART/USART, USB OTG

3.5.1.2. Module điều khiển *BTS 7960* cho động cơ DC Planet

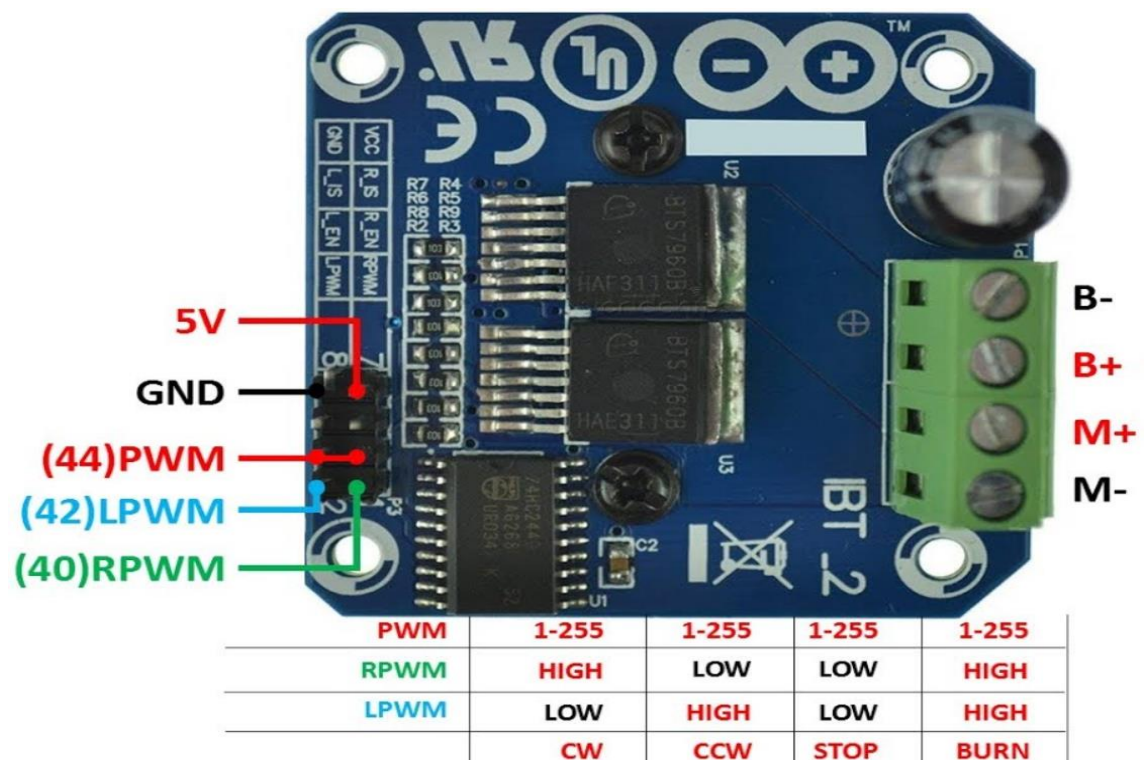
Tôi sử dụng module này để điều khiển 4 động cơ di chuyển. Mạch cầu H - BTS7960 43A dễ dàng giao tiếp với vi điều khiển với driver tích hợp sẵn trong IC với đầy đủ các tính năng current sense (kết hợp với điện trở đo dòng), tạo dead time, chống quá nhiệt, quá áp, quá dòng, sụt áp và ngắn mạch.



Hình 3-23: Module điều khiển động cơ DC *BTS 7960 43A*

Thông số kỹ thuật:

- Nguồn: 6 ~ 27V.
- Dòng điện tải mạch: 43A (Tải trở) hoặc 15A (Tải cảm).
- Tín hiệu logic điều khiển: 3.3 ~ 5V.
- Tần số điều khiển tối đa: 25KHz.
- Tự động shutdown khi điện áp thấp: để tránh điều khiển động cơ ở mức điện áp thấp thiết bị sẽ tự shutdown. Nếu điện áp < 5.5V, driver sẽ tự ngắt điện và sẽ mở lại sau khi điện áp > 5.5V.
- Bảo vệ quá nhiệt: BTS7960 bảo vệ chống quá nhiệt bằng cảm biến nhiệt tích hợp bên trong. Đầu ra sẽ bị ngắt khi có hiện tượng quá nhiệt.
- Kích thước: 40 x 50 x12mm.

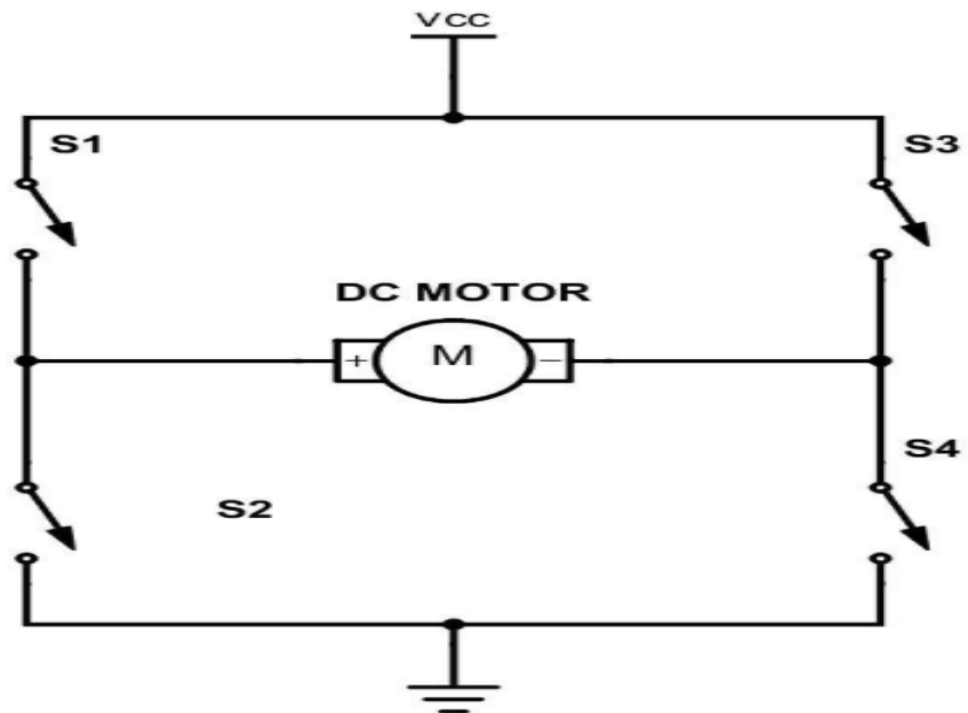


Hình 3-24: BTS 7960 43A Pinout

Sơ đồ chân:

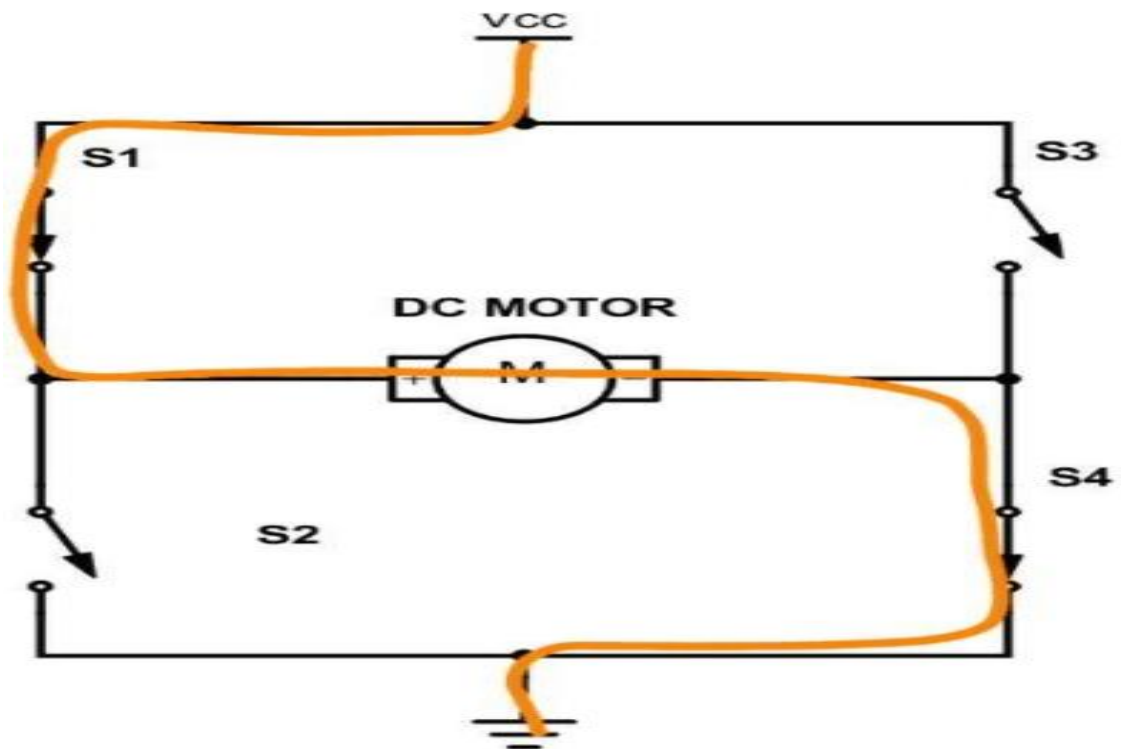
- VCC: Nguồn tạo mức logic điều khiển (5V - 3V3)
- GND: Chân đất.
- R_EN = 0 Disable nửa cầu H phải. R_EN = 1 : Enable nửa cầu H phải.
- L_EN = 0 Disable nửa cầu H trái. L_EN = 1 : Enable nửa cầu H trái.
- RPWM và LPWM: chân điều khiển đảo chiều và tốc độ động cơ.
- RPWM = 1 và LPWM = 0: Mô tơ quay thuận.
- RPWM = 0 và LPWM = 1: Mô tơ quay nghịch
- RPWM = 1 và LPWM = 1 hoặc RPWM = 0 và LPWM = 0: Dừng.
- R_IS và L_IS: kết hợp với điện trở để giới hạn dòng qua cầu H.

Driver: Mô đun điều khiển động cơ tích hợp 2 nửa mạch cầu H.



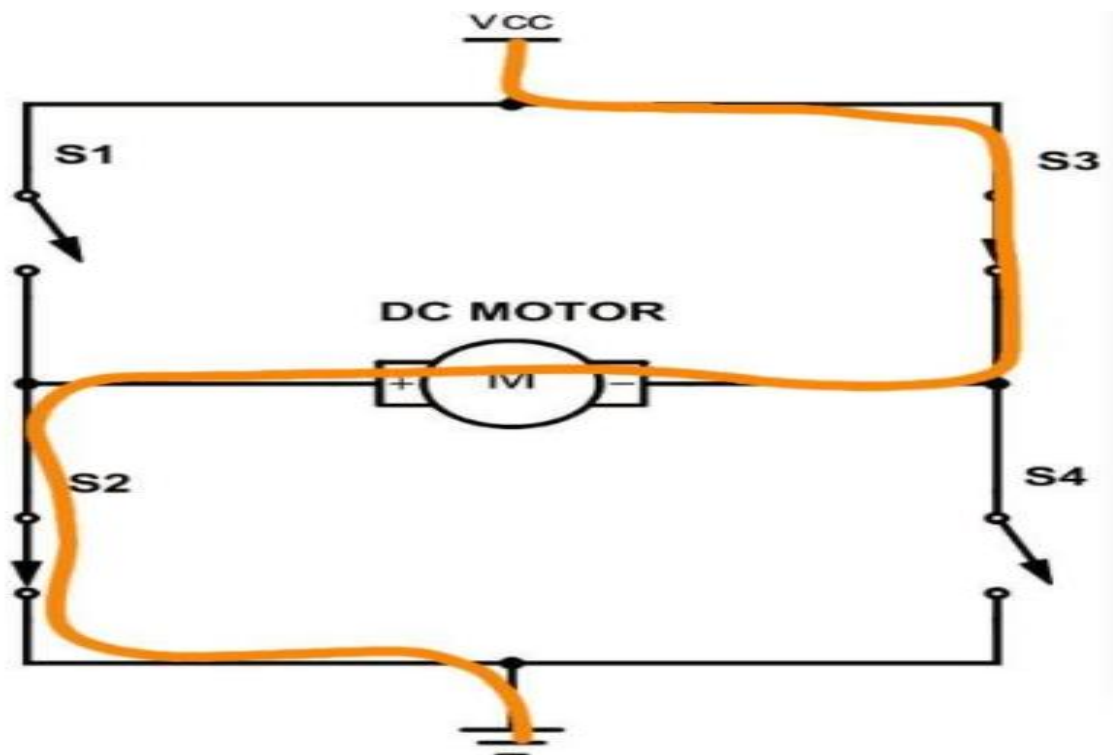
Hình 3-25: Mô hình mạch cầu H

Một động cơ DC có thể quay thuận hoặc quay nghịch tùy thuộc vào cách bạn mắc cực âm và dương cho motor đó. Ví dụ, động cơ DC có hai đầu A và B. Nếu bạn nối A vào cực dương (+) và B vào cực âm (-) của nguồn thì động cơ quay theo chiều thuận (giả sử cùng chiều kim đồng hồ). Bây giờ bạn nối ngược lại, A vào (-) và B vào (+), động cơ sẽ quay nghịch (giả sử ngược chiều kim đồng hồ). Tương tự, khi ta đóng S1 và S4, ta đã cho A nối với cực dương (+) và B nối với cực âm (-) của nguồn, một dòng điện chạy từ nguồn qua S1 qua động cơ qua S4 về mass làm động cơ quay theo chiều thuận. (Hình 3.26)



Hình 3-26: Động cơ quay thuận

Ngược lại, khi ta đóng S2 và S3, động cơ quay nghịch.

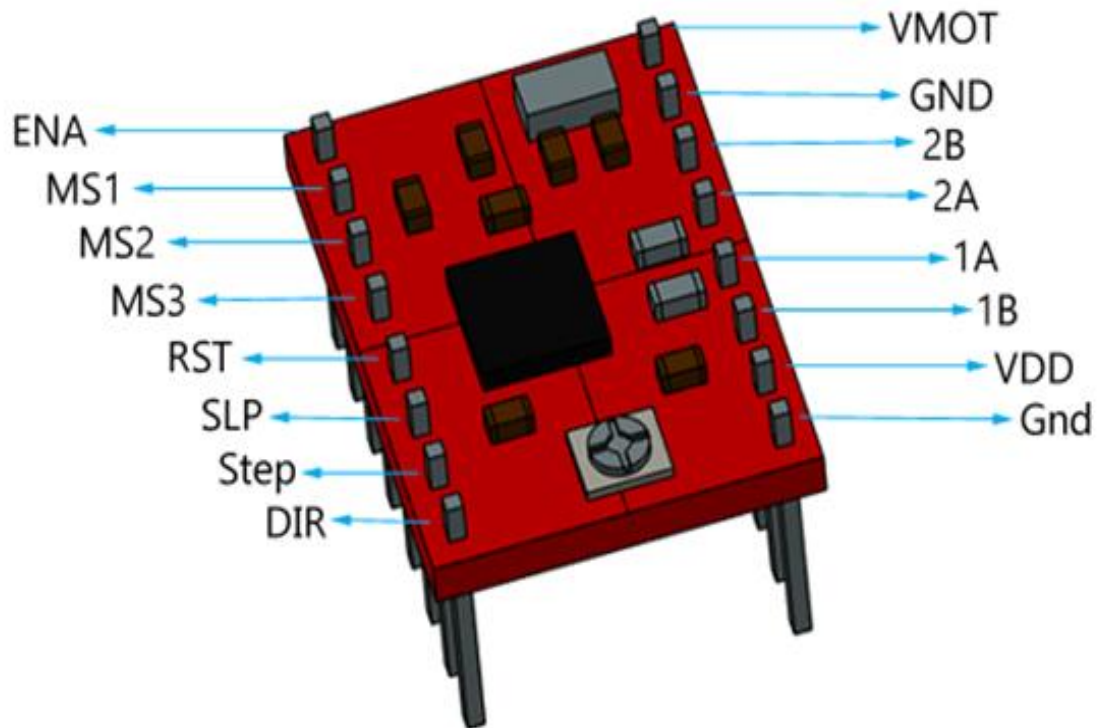


Hình 3-27: Động cơ quay nghịch

3.5.1.3. Mạch điều khiển động cơ A4988

Để điều khiển chính xác các động cơ bước Step42, ta cần một module điều khiển. Ngày nay có rất nhiều module điều khiển động cơ được các nhà sản xuất phát hành. Đối

với các hệ thống cơ điện tử đơn giản như xe tự hành, v.v.. Các module động cơ thường dùng là L298, DRV8833, BTS7960, v.v.. A4988 là một trình điều khiển vi bước để điều khiển động cơ bước lưỡng cực có bộ dịch tích hợp để vận hành dễ dàng. Điều này có nghĩa là chúng ta có thể điều khiển động cơ bước chỉ với 2 chân từ bộ điều khiển của chúng ta hoặc một chân để điều khiển hướng quay và chân kia để điều khiển các bước. (H3.28) dưới đây mô tả sơ đồ chân kết nối của Driver A4988.

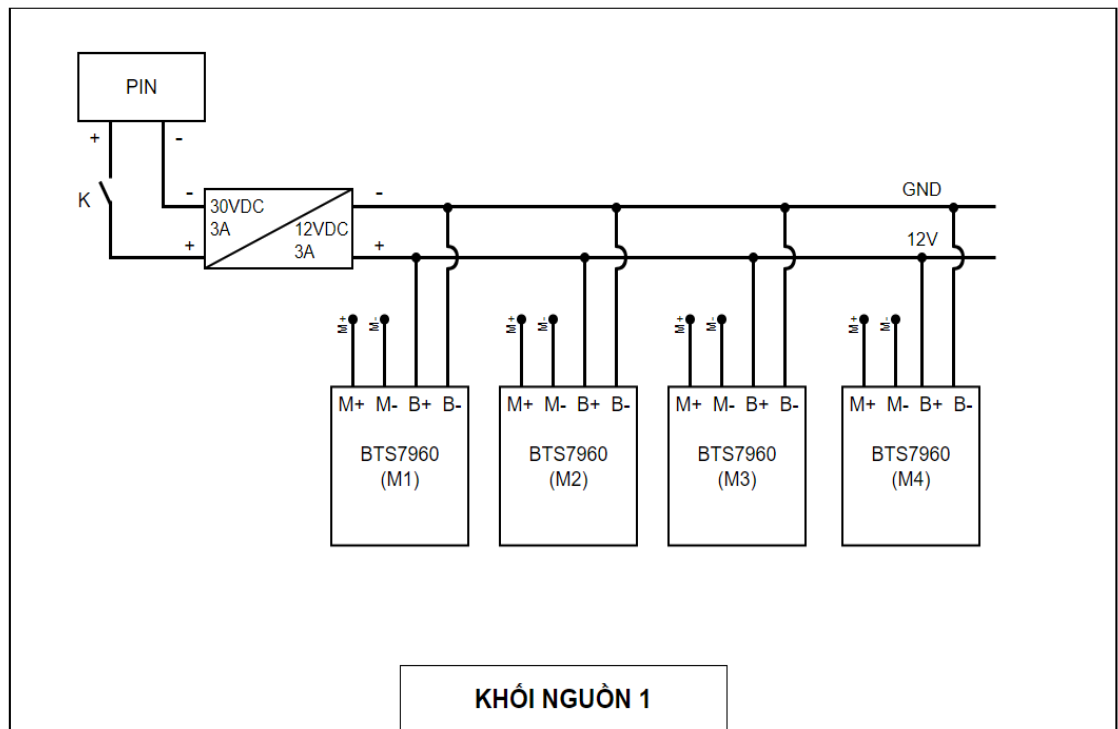


Hình 3-28: Driver A4988

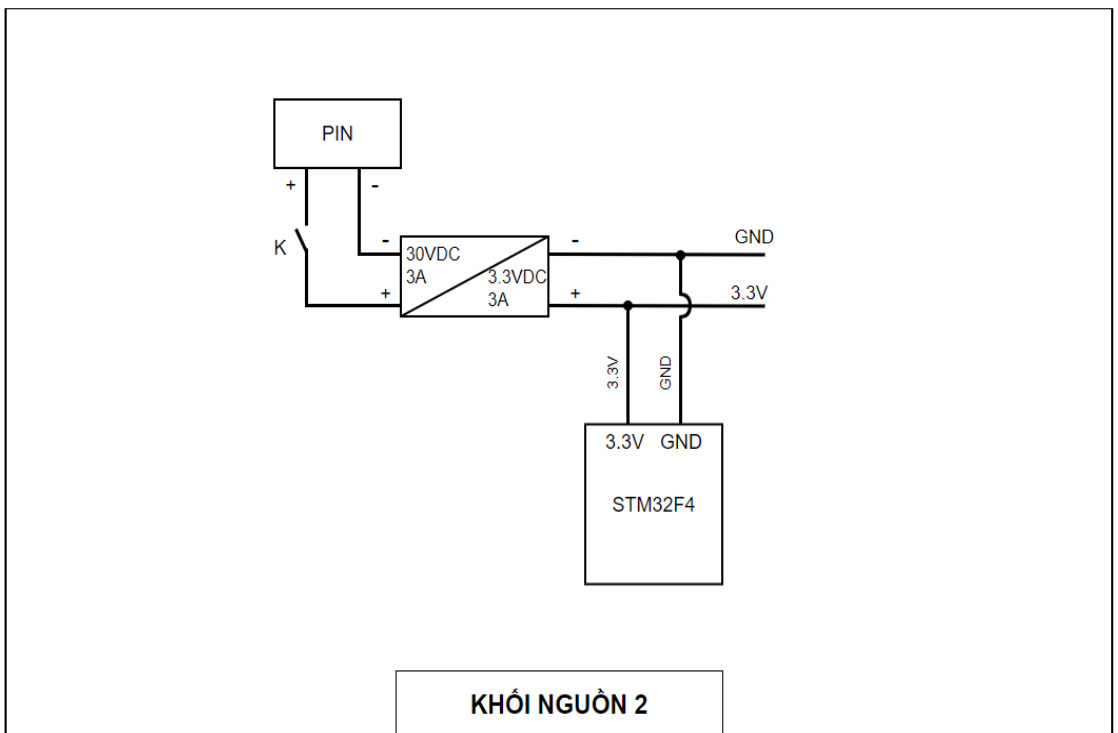
Driver cung cấp năm độ phân giải bước khác nhau: bước đủ, $\frac{1}{2}$ bước, $\frac{1}{4}$ bước, $\frac{1}{8}$ bước và $\frac{1}{16}$ bước. Ngoài ra, nó có một biến trở để điều chỉnh đầu ra hiện tại, tắt khi nhiệt độ quá cao và bảo vệ dòng điện chéo. Nguồn vào của nó là từ 3 đến 5,5 V và dòng điện tối đa trên mỗi pha là 2A nếu được làm mát bổ sung tốt hoặc dòng điện liên tục 1A mỗi pha mà không cần tản nhiệt hoặc làm mát.

3.5.2. Sơ đồ kết nối linh kiện

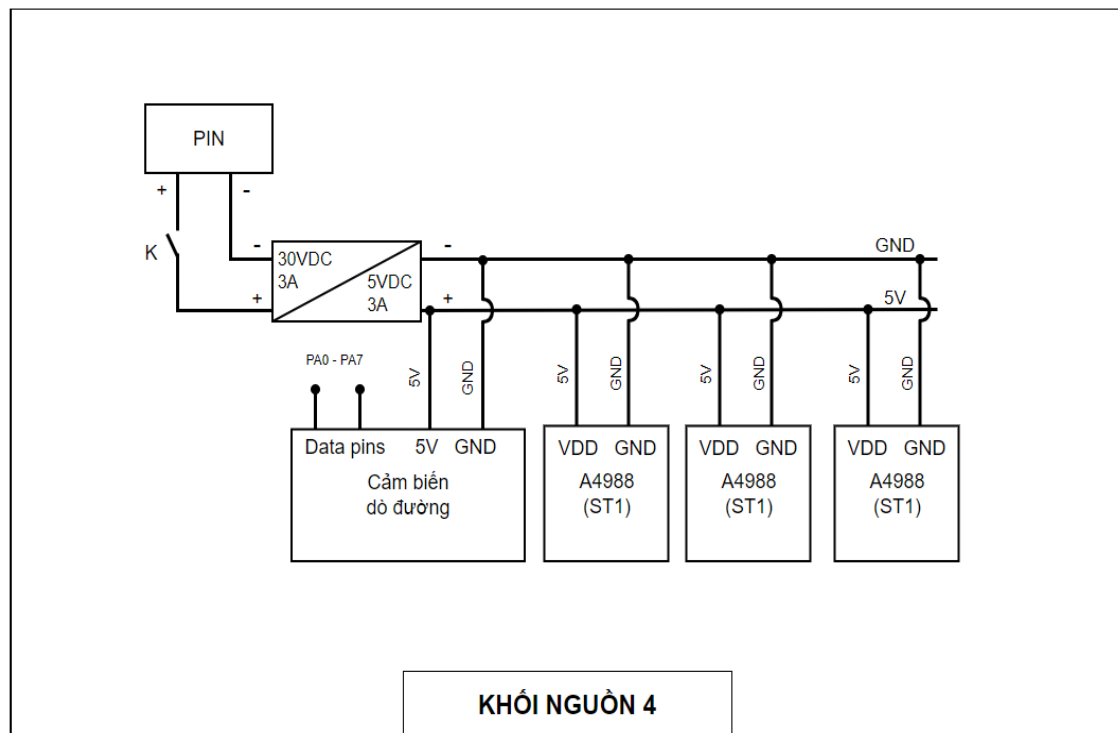
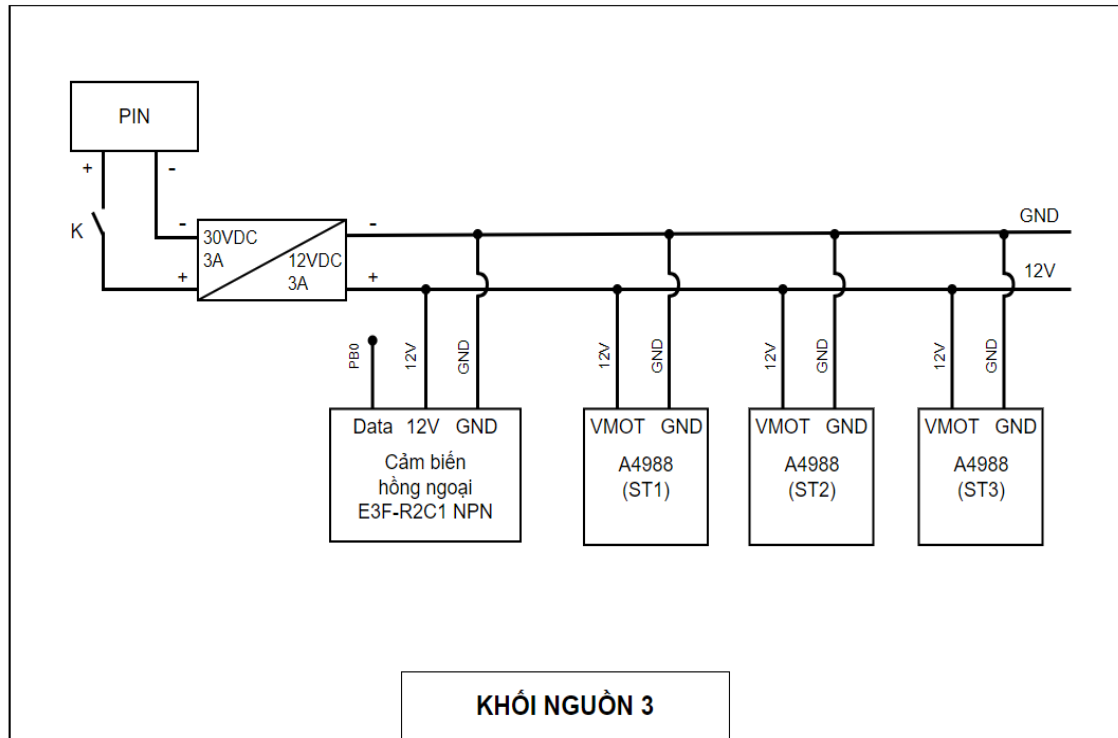
3.5.2.1. Sơ đồ cấp nguồn cho các module điều khiển BTS7960



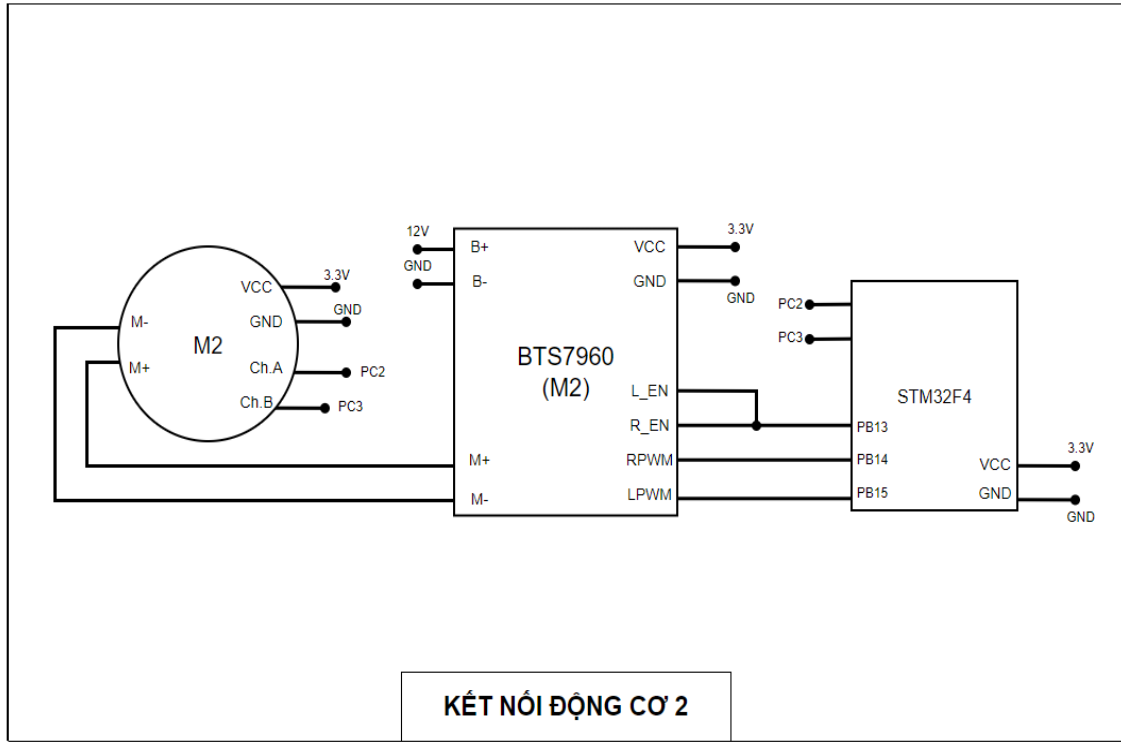
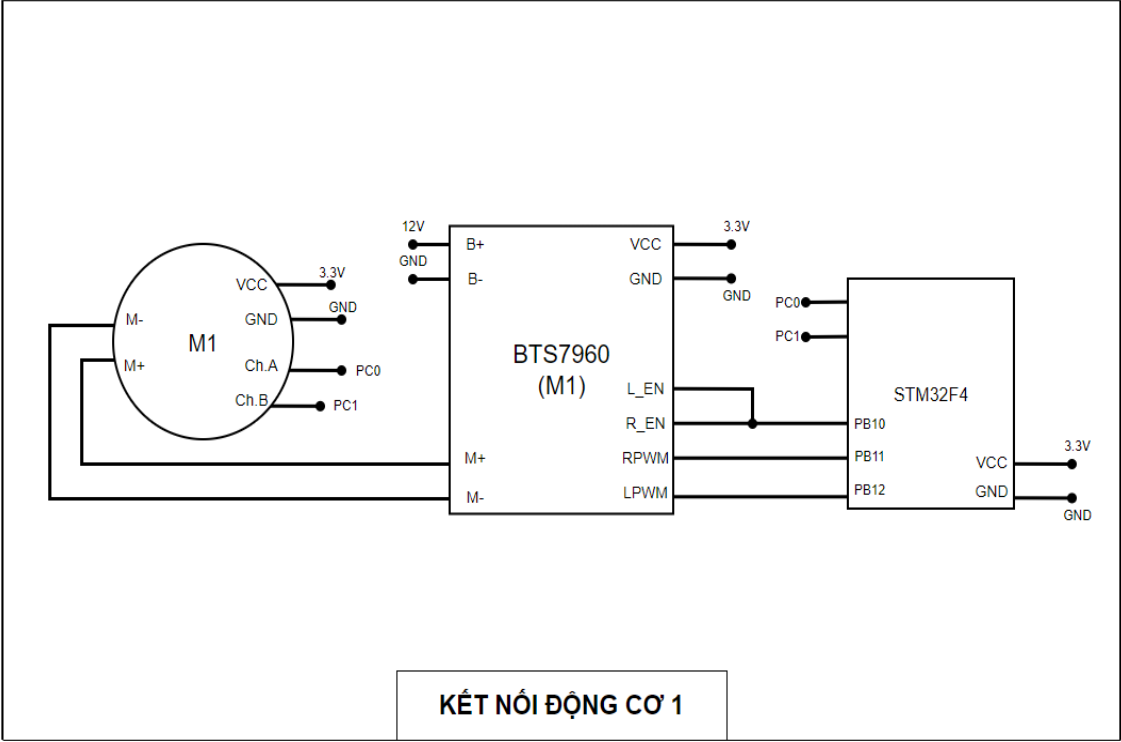
3.5.2.2. Sơ đồ cấp nguồn cho vi điều khiển STM32F4

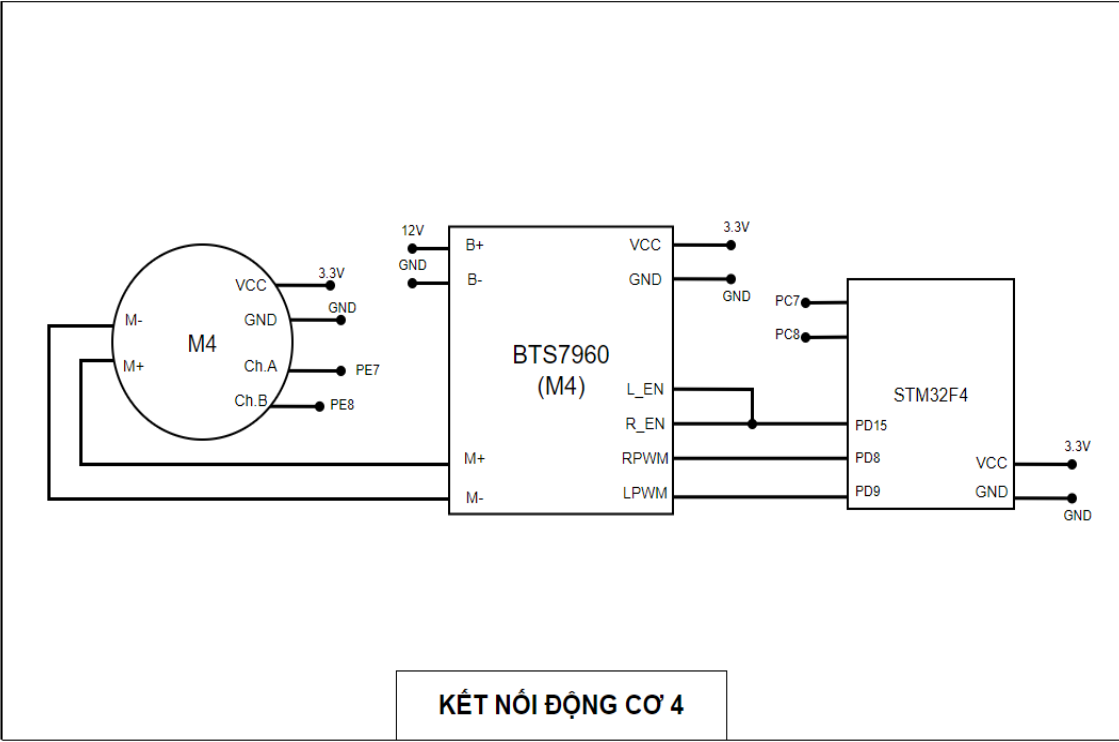
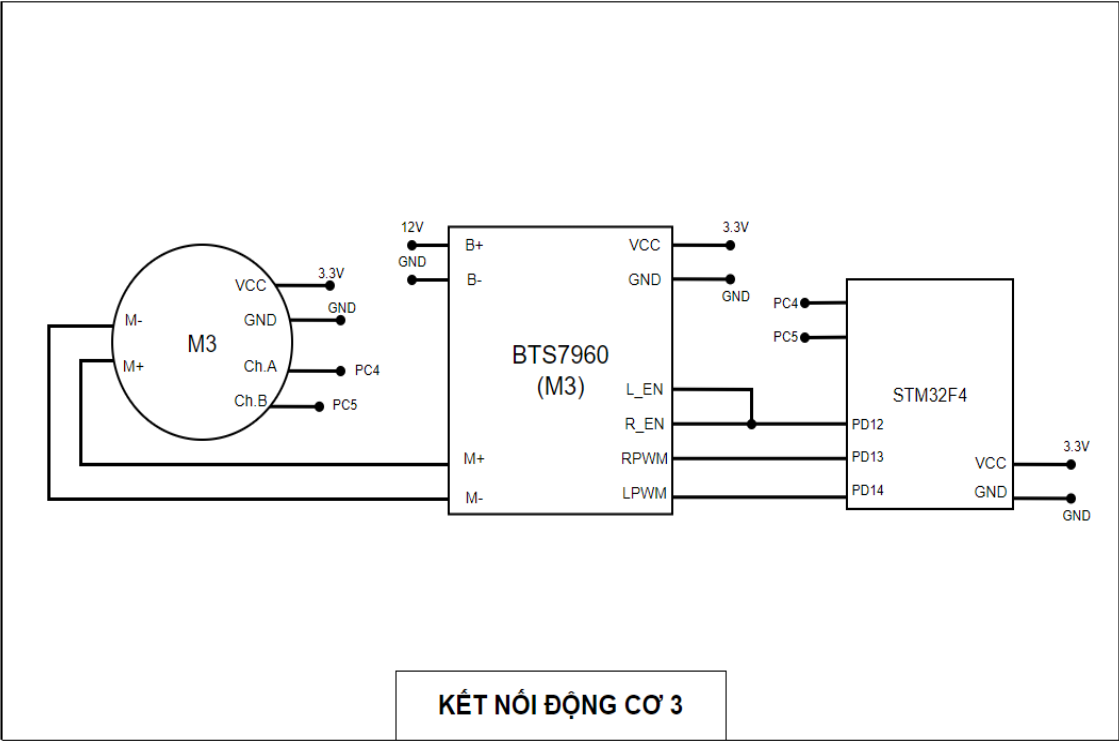


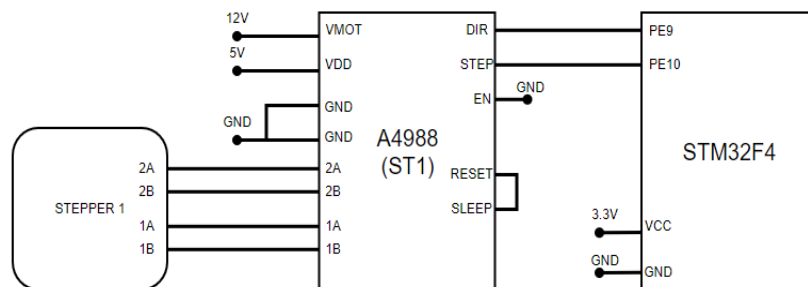
3.5.2.3 Sơ đồ cấp nguồn cho các module điều khiển A4988 và các cảm biến



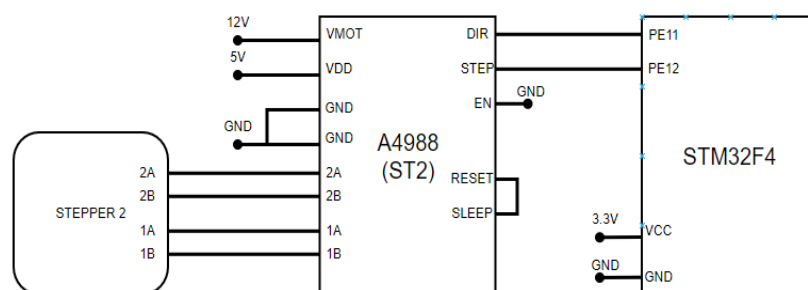
3.5.2.4. Sơ đồ kết nối vi điều khiển STM32 và hệ thống động lực



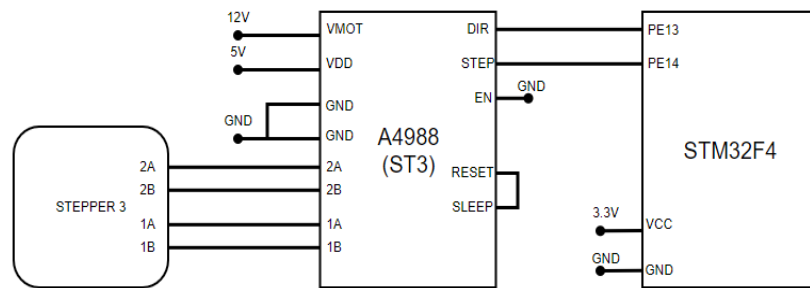




KẾT NỐI ĐỘNG CƠ BƯỚC 1

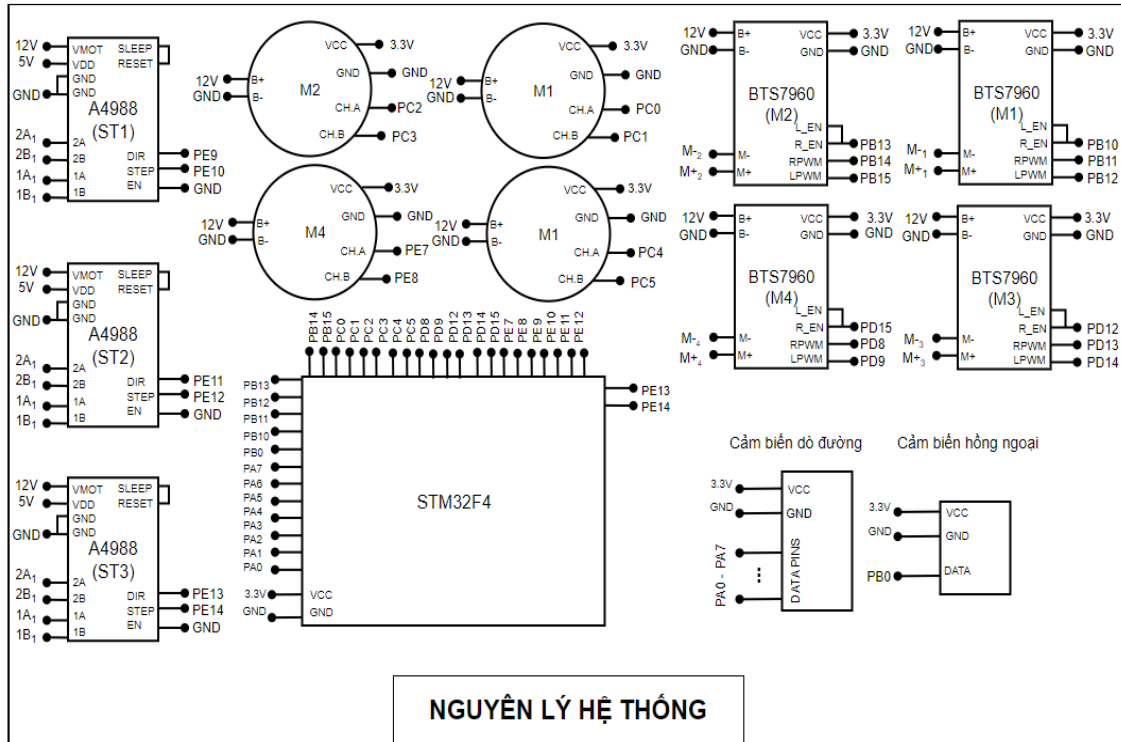


KẾT NỐI ĐỘNG CƠ BƯỚC 2



KẾT NỐI ĐỘNG CƠ BƯỚC 3

3.5.2.5. Sơ đồ kết nối toàn hệ thống



Nhận tín hiệu điều khiển: Người điều khiển quan sát robot. Bật công tắc hoạt động của hệ thống robot gấp hàng. Thực hiện cấp phối vào các vị trí. Tín hiệu điều khiển động cơ được thực hiện và hành trình di chuyển nhờ các cảm biến dò đường được xử lý ngay sau đó được gửi sang STM32.

Mã hóa: là quá trình xử lý tín hiệu của STM32. (hệ thống điều khiển).

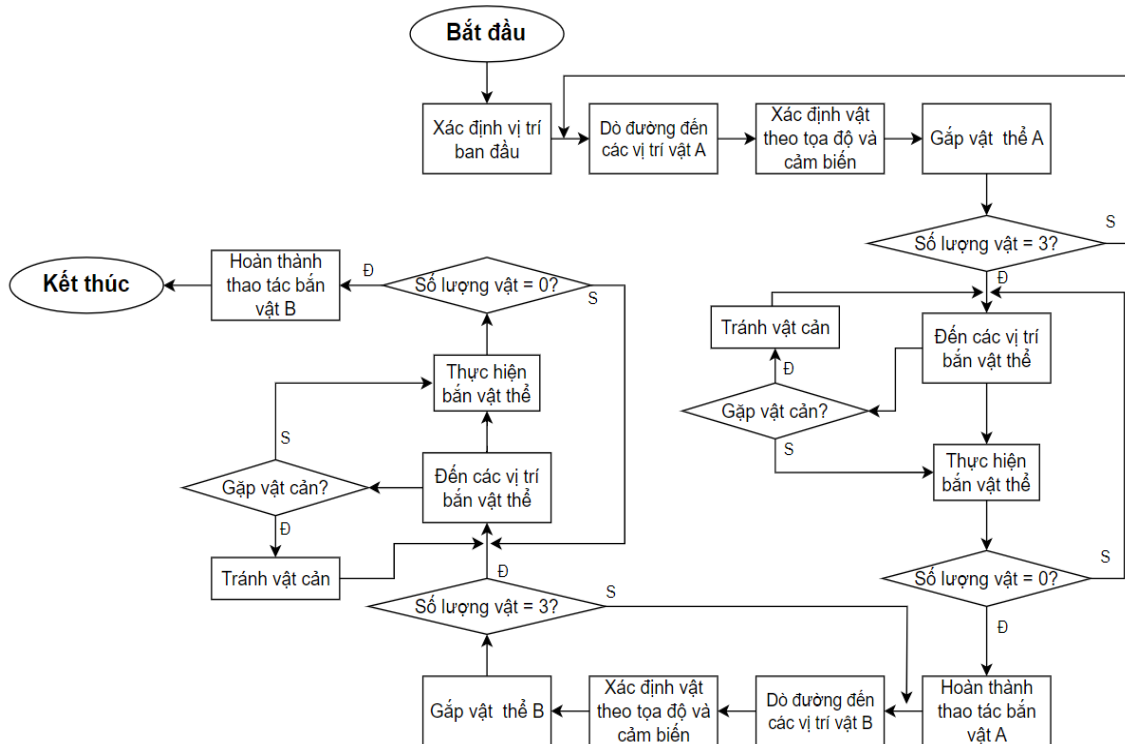
Truyền tín hiệu điều khiển: Thực chất đây là quá trình trao đổi thông tin giữa module STM32 và các động cơ. Tín hiệu điều khiển nhận từ các cảm biến được truyền tới STM32 thu tín hiệu đó, chuyển thành tín hiệu đó chuyển thành tín hiệu và gửi về các động cơ.

Khởi điều khiển: Nhận tín hiệu điều khiển từ STM32, điều khiển nguồn động lực cung cấp cho driver A4988 và BTS7960 và động cơ hoạt động.

Nhiệm vụ của từng khối:

- Khối Nguồn 5VDC: Nhận điện áp từ nguồn Pin qua 5V cung cấp điện áp cho toàn bộ mạch.
- Khối xử lý STM32: Nhận tín hiệu từ Input và điều khiển động cơ.
- Input: Đưa tín hiệu từ các cảm biến cần xử lý vào STM.
- Output: Nhận tín hiệu điều khiển từ STM32 điều khiển nguồn động lực cung cấp cho các động cơ.

3.5.3. Lưu đồ thuật toán điều khiển



Lưu đồ thuật toán:

- Để bắt đầu thực hiện, Robot sẽ được đặt vào đúng vị trí xuất phát để xác định vị trí ban đầu từ đó dựa vào tọa độ mà encoder của 4 động cơ thu được để xác định các vị trí tiếp theo.
- Robot thực hiện dò đường đến từng vị trí của vật thể A, xác định vị trí của từng vật thể theo tọa độ định sẵn và theo trạng thái của cảm biến vật cản hồng ngoại. Nếu cảm biến vật cản hồng ngoại phát hiện vật thể và tọa độ của Robot lệch với tọa độ định sẵn với sai số chấp nhận được, Robot sẽ tiến hành gắp vật thể và đưa lên kệ chứa vật.
- Thực hiện dò đường, xác định tọa độ, gắp từng vật thể và đưa lên kệ chứa đến khi đủ số lượng vật thể, Robot sẽ chuyển sang nhiệm vụ dò đường và tránh vật cản để đến các tọa độ bắn từng vật thể A.
- Robot thực hiện nhiệm vụ dò đường đến từng vị trí bắn vật thể A, nếu tọa độ lệch tọa độ định sẵn với độ lệch chấp nhận được, Robot sẽ thực hiện bắn 1 vật thể và đi đến các vị trí còn lại để bắn các vật thể còn lại. Nếu trên đường đi Robot gặp chướng ngại vật, Robot sẽ thực hiện tránh chướng ngại vật và tiếp tục đến các vị trí bắn vật thể tiếp theo.
- Sau khi hoàn tất quá trình bắn các vật thể A đến đúng vị trí, Robot thực hiện nhiệm vụ dò đường đến các vị trí của từng vật thể B.
- Robot thực hiện dò đường đến từng vị trí của vật thể B, xác định vị trí của từng vật thể theo tọa độ định sẵn và theo trạng thái của cảm biến vật cản hồng ngoại. Nếu cảm biến vật cản hồng ngoại phát hiện vật thể và tọa độ của Robot lệch với tọa độ

định sẵn với sai số chấp nhận được, Robot sẽ tiến hành gắp vật thể và đưa lên kệ chứa vật.

- Thực hiện dò đường, xác định tọa độ, gắp từng vật thể và đưa lên kệ chứa đến khi đủ số lượng vật thể, Robot sẽ chuyển sang nhiệm vụ dò đường và tránh vật cản để đến các tọa độ bắn từng vật thể B.
- Robot thực hiện nhiệm vụ dò đường đến từng vị trí bắn vật thể B, nếu tọa độ lệch tọa độ định sẵn với độ lệch chấp nhận được, Robot sẽ thực hiện bắn 1 vật thể và đi đến các vị trí còn lại để bắn các vật thể còn lại. Nếu trên đường đi Robot gặp chướng ngại vật, Robot sẽ thực hiện tránh chướng ngại vật và tiếp tục đến các vị trí bắn vật thể tiếp theo.
- Sau khi hoàn tất quá trình bắn các vật thể B đến đúng vị trí, Robot đã hoàn tất nhiệm vụ.

Kết luận chương 3

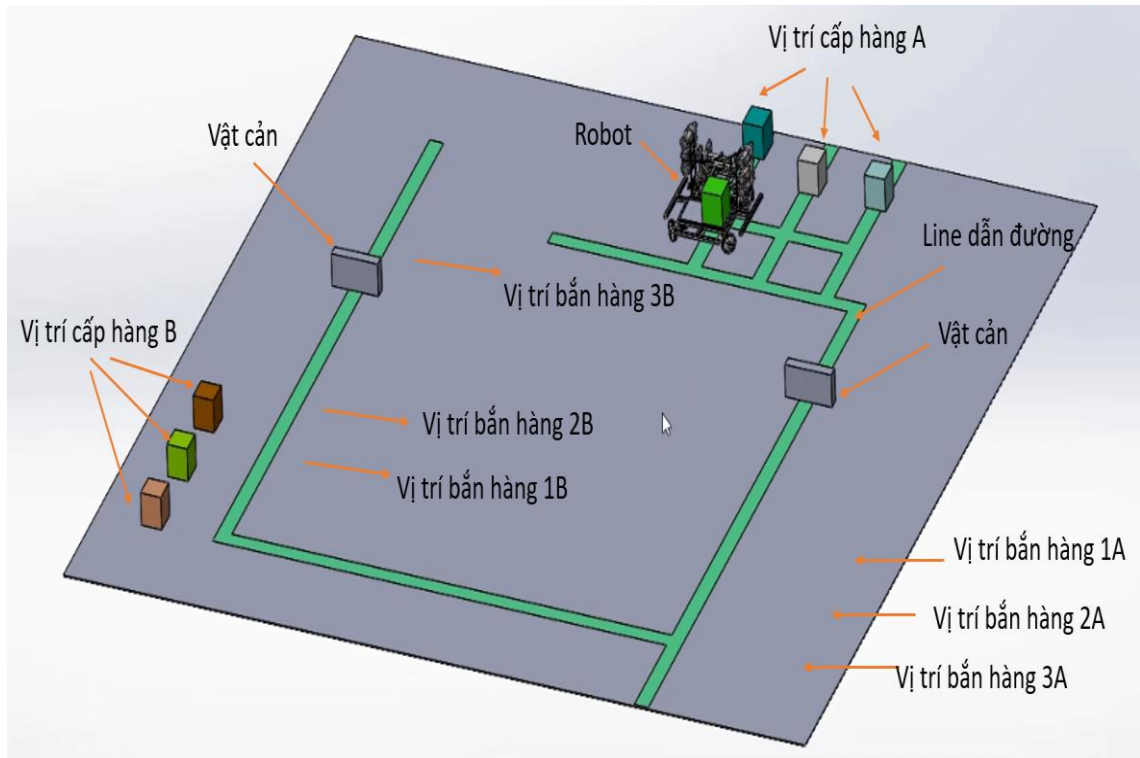
Ở chương 3, tôi đã lựa chọn mô hình kết cấu cơ khí, thiết kế các cụm hoạt động của robot như: cụm di chuyển 4 bánh, cụm cấp hàng và đẩy hàng. Ngoài ra, các tính toán kiểm tra bền giúp lựa chọn chính xác kích thước các chi tiết lắp ráp. Một số bộ truyền được lựa chọn như: bộ truyền vítme-đai ốc, bộ truyền xích.. Từ các hệ thống cơ khí đã thiết kế, liệt kê một số linh kiện của mạch điều khiển, lựa chọn các driver thích hợp, sau đó xây dựng mạch điện và hệ thống chương trình điều khiển phù hợp. Các kết quả mô phỏng bằng phần mềm SolidWorks sẽ được mô tả trong chương 4.

CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG

4.1. Thiết kế quỹ đạo chuyển động của robot

4.1.1. Không gian làm việc của robot

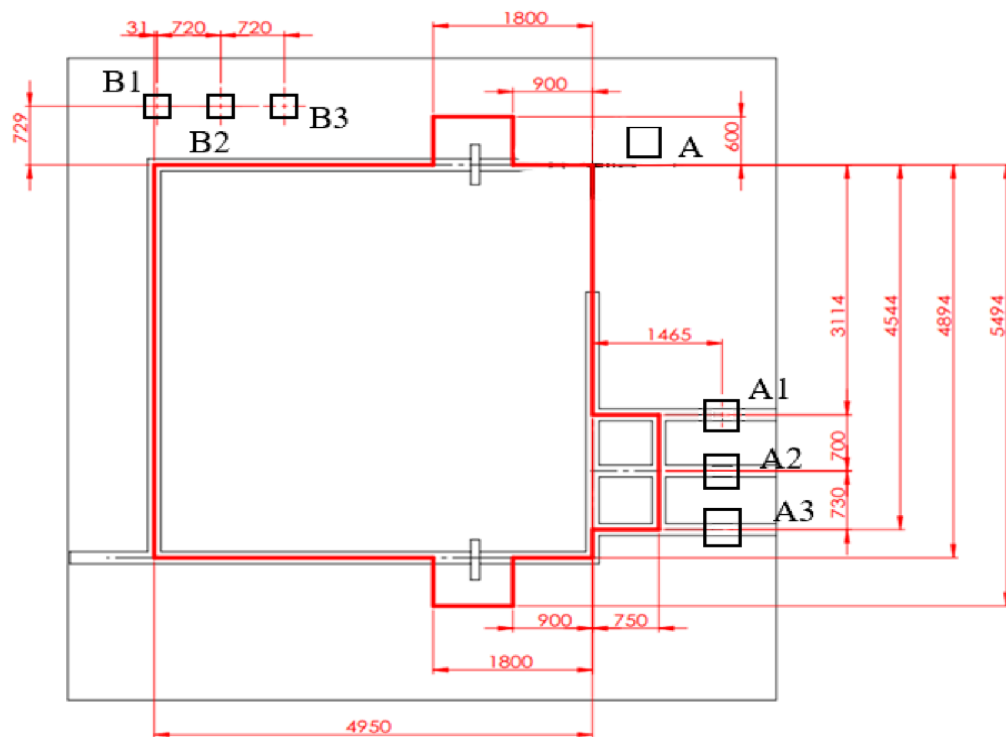
Sơ đồ không gian hoạt động của robot được mô tả trong hình 4.1, với không gian chứa hàng chiều dài 220 mm, chiều rộng 481 mm.



Hình 4-1: Sơ đồ không gian hoạt động của robot

4.1.2. Thiết kế quỹ đạo chuyển động cho robot

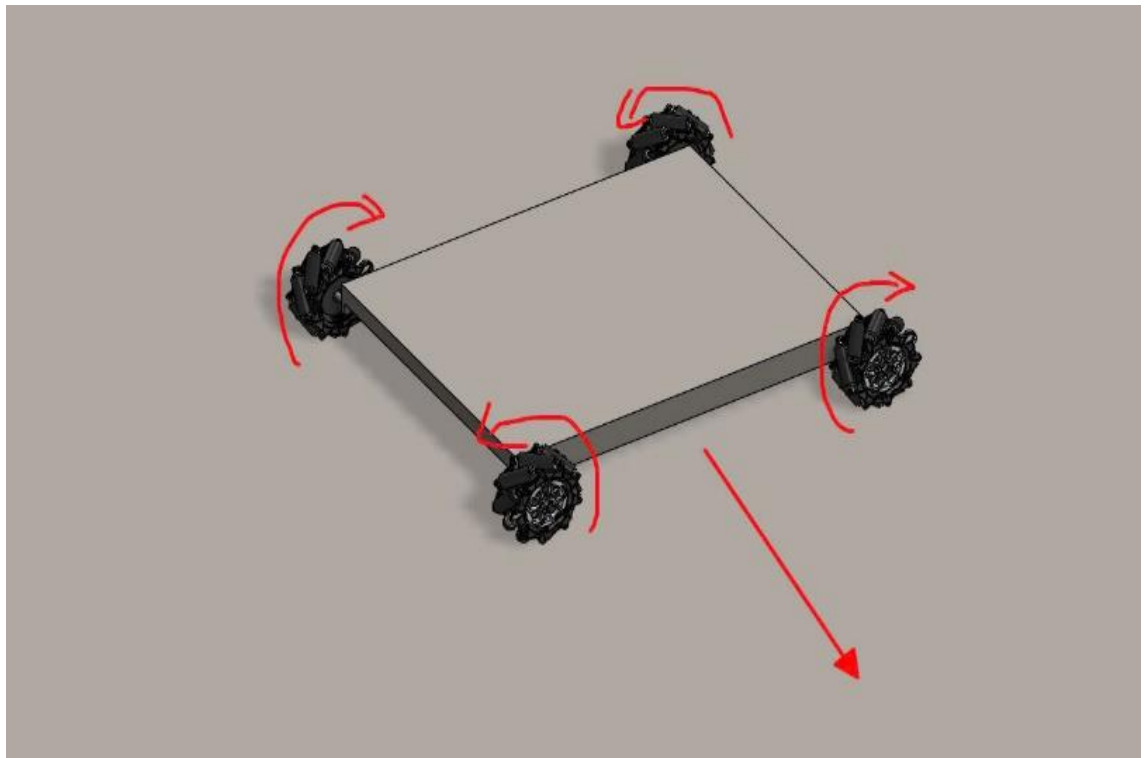
Robot xuất phát từ điểm A di chuyển tới 3 điểm A1, A2, A3 lấy hàng và tiếp tục di chuyển đến 3 điểm B1, B2, B3 bắn trả hàng trong quá trình di chuyển robot gặp vật cản và tự tránh vật cản để đến được các điểm bắn hàng. Trình tự lặp lại.



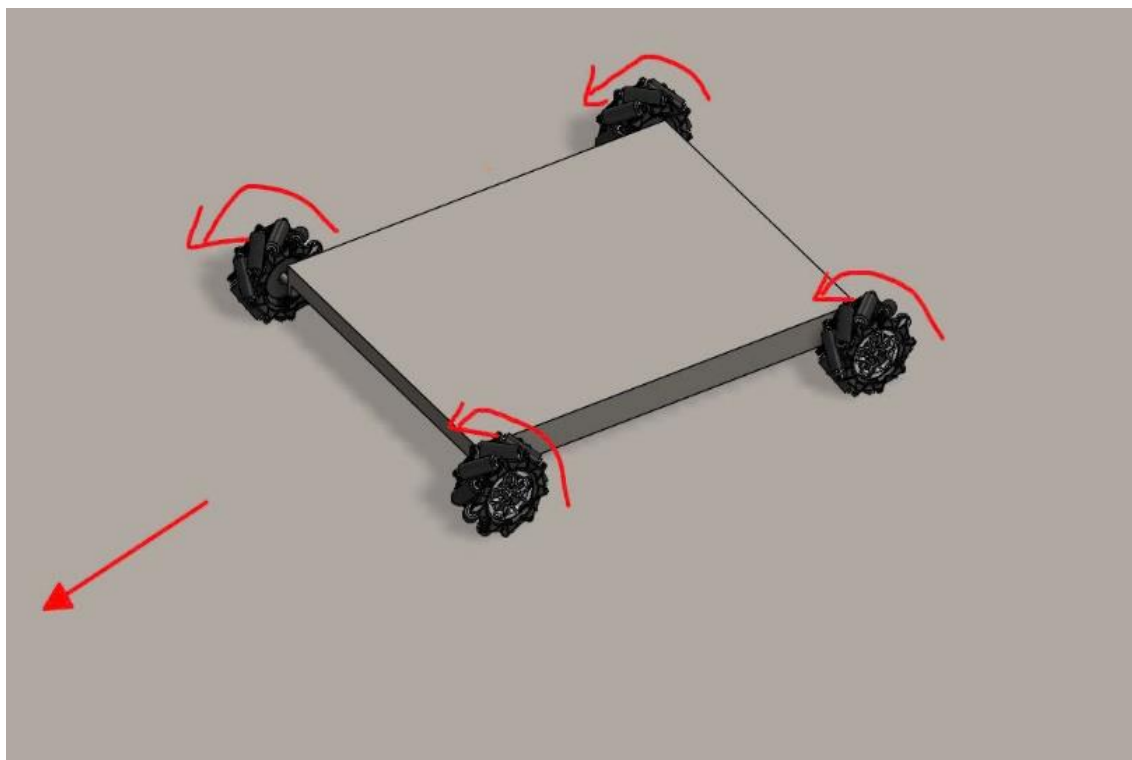
Hình 4-2: Quỹ đạo chuyển động của robot

4.2. Xây dựng thuật toán di chuyển

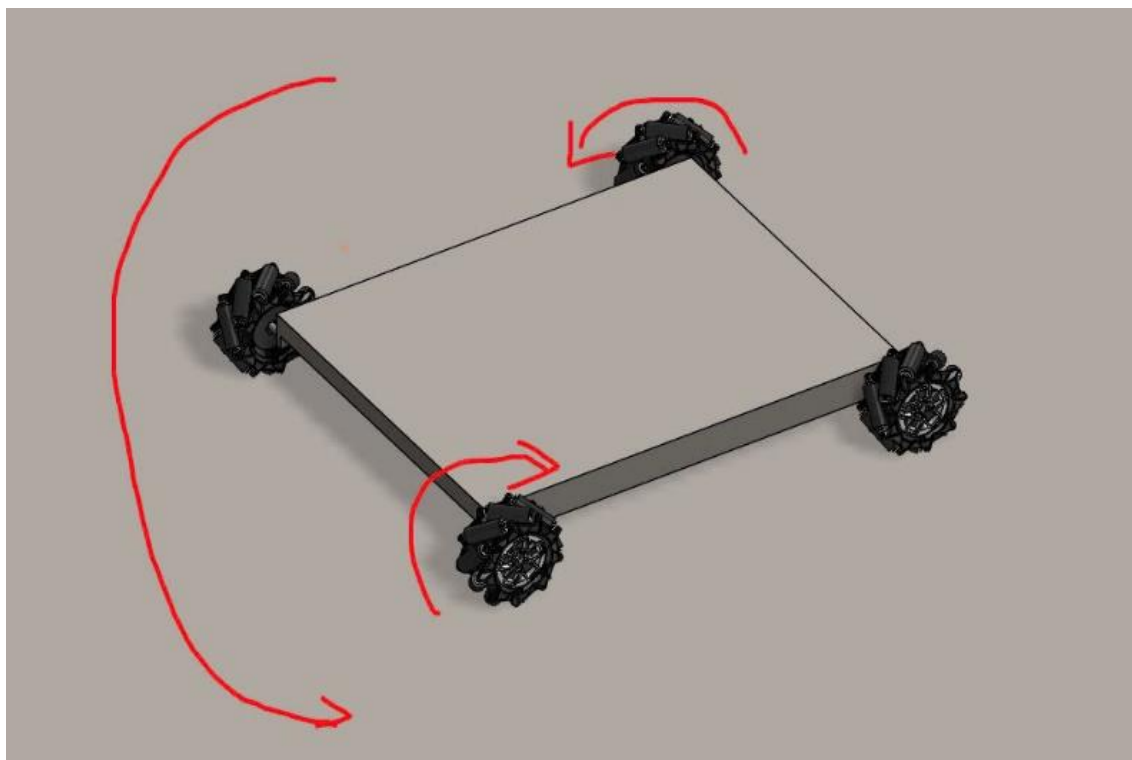
Robot di chuyển theo quỹ đạo trong hình 4.2 đến các vị trí cần lấy hàng và xếp hàng. Tại các vị trí chuyển hướng, robot thực hiện quay tại chỗ bằng cách phối hợp chuyển động của các bánh xe dẫn động như mô tả trong (hình 4.3,4.4,4.5).



Hình 4-3: Robot rẽ phải



Hình 4-4: Robot tiến



Hình 4-5: Robot xoay

Quá trình hoạt động thực hiện nhiệm vụ của robot tạo xung lực đẩy vật vào tọa độ định sẵn được mô tả như sau:

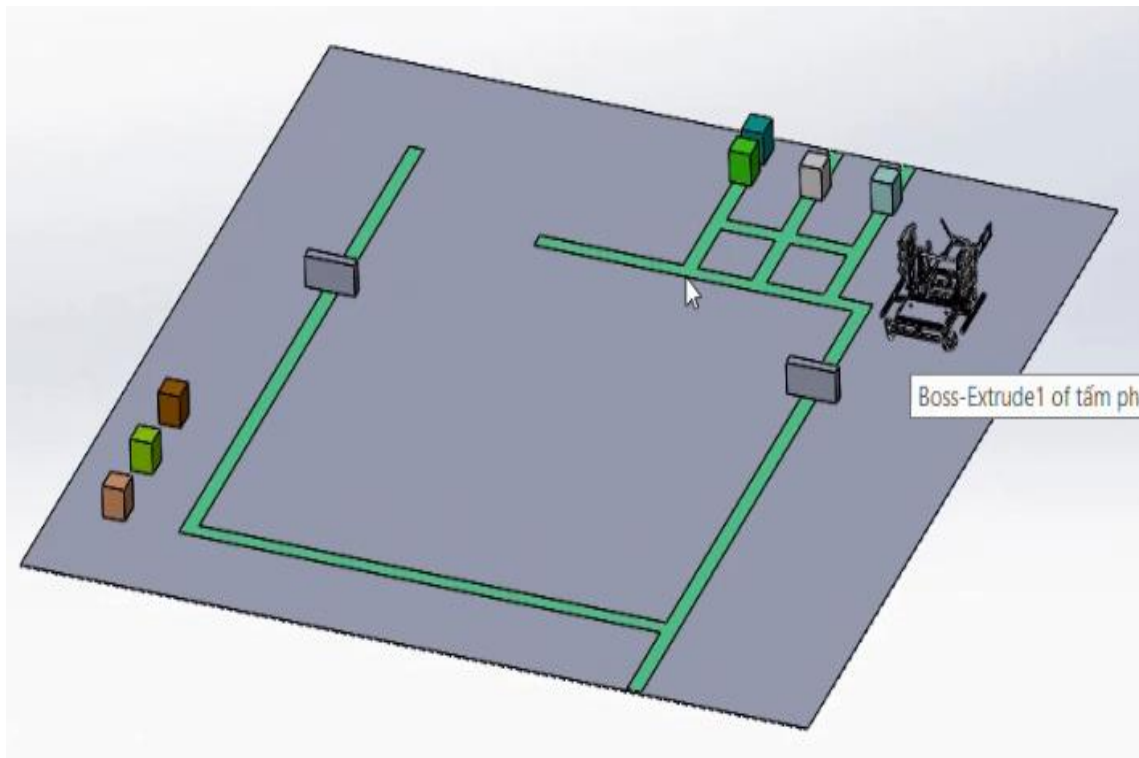
- Quá trình cấp phôi: Phôi dạng hộp được đặt vị trí tọa độ xác định. Tọa độ này được thiết lập tùy vào người lập trình, nhưng nó phải thỏa mãn nằm trong không gian làm việc của robot.

- Quá trình tay gấp tiếp cận với phôi: sau khi có tín hiệu là có phôi ở vị trí cần thiết. robot thực hiện các di chuyển, chuyển động các bánh theo đường line dẫn hướng để đến vị trí phôi. Tay gấp hạ xuống gấp phôi và bộ truyền xích đưa phôi vào vị trí chờ đẩy hàng.

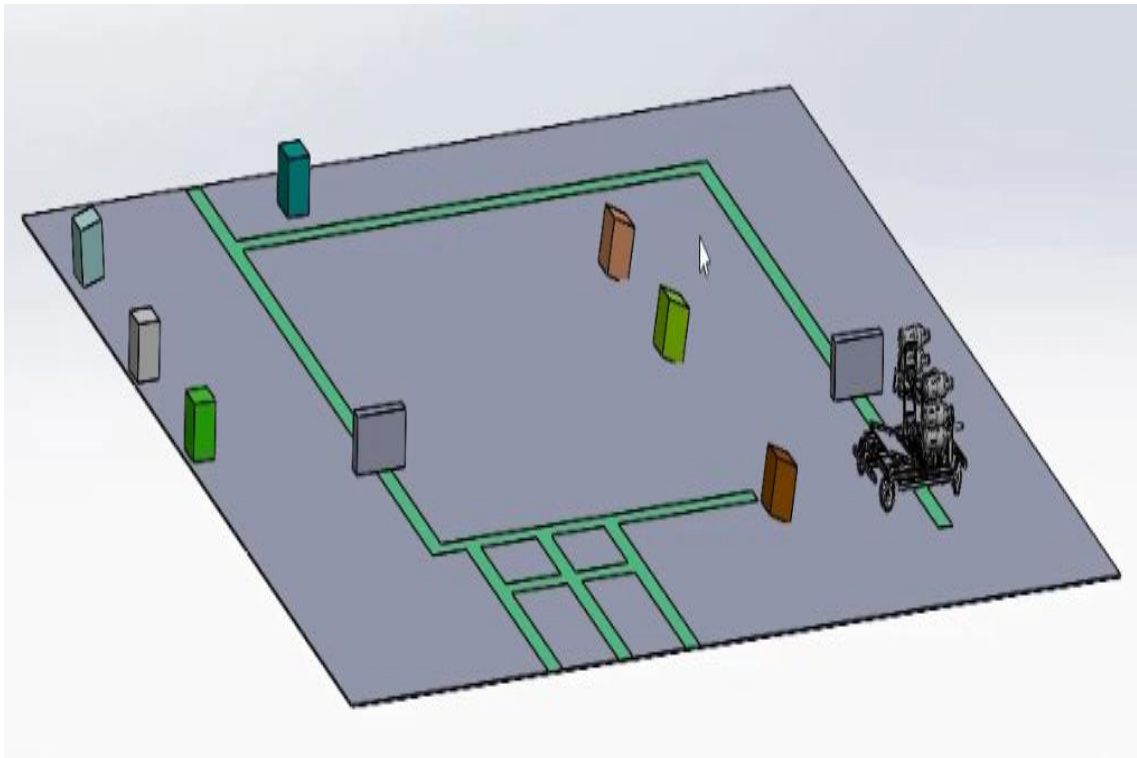
- Lặp lại quá trình gấp với các vị trí khác (vị trí có hàng), khi đủ 3 hộp hàng. Robot di chuyển đến vị trí đẩy hàng, bắn lần lượt các hộp hàng vào vị trí như cài đặt sẵn.

- Tiếp tục di chuyển đến các vị trí hộp hàng cần được gấp và di chuyển đến tọa độ bắn hàng như các bước trên.

Video minh họa (xem Phụ lục 1, Hình3.2).



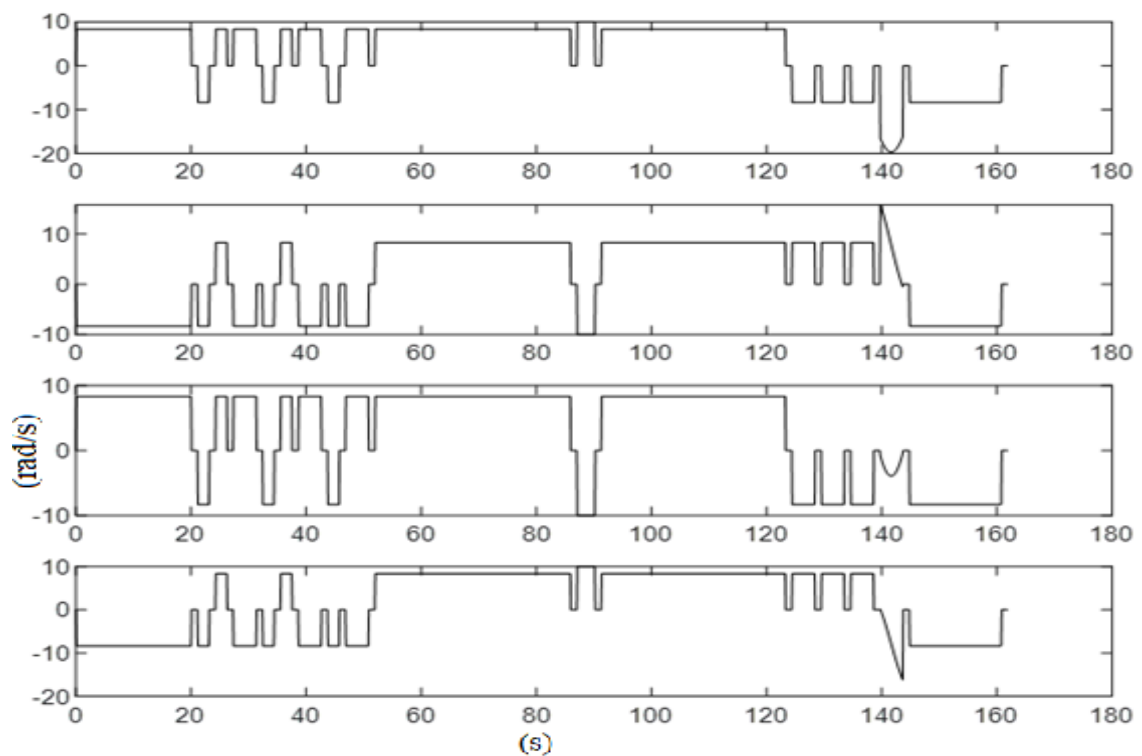
Hình 4-6: Vị trí các gói hàng ban đầu



Hình 4-7: Vị trí các gói hàng sau khi xếp

4.3. Kết quả mô phỏng

Với vận tốc đặt cho robot bằng $v = 0,3 \text{ m/s}$, vận tốc góc tại các bánh xe được mô tả trong Hình 4.8 dưới đây.



Hình 4-8: Đồ thị vận tốc góc các bánh xe $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$

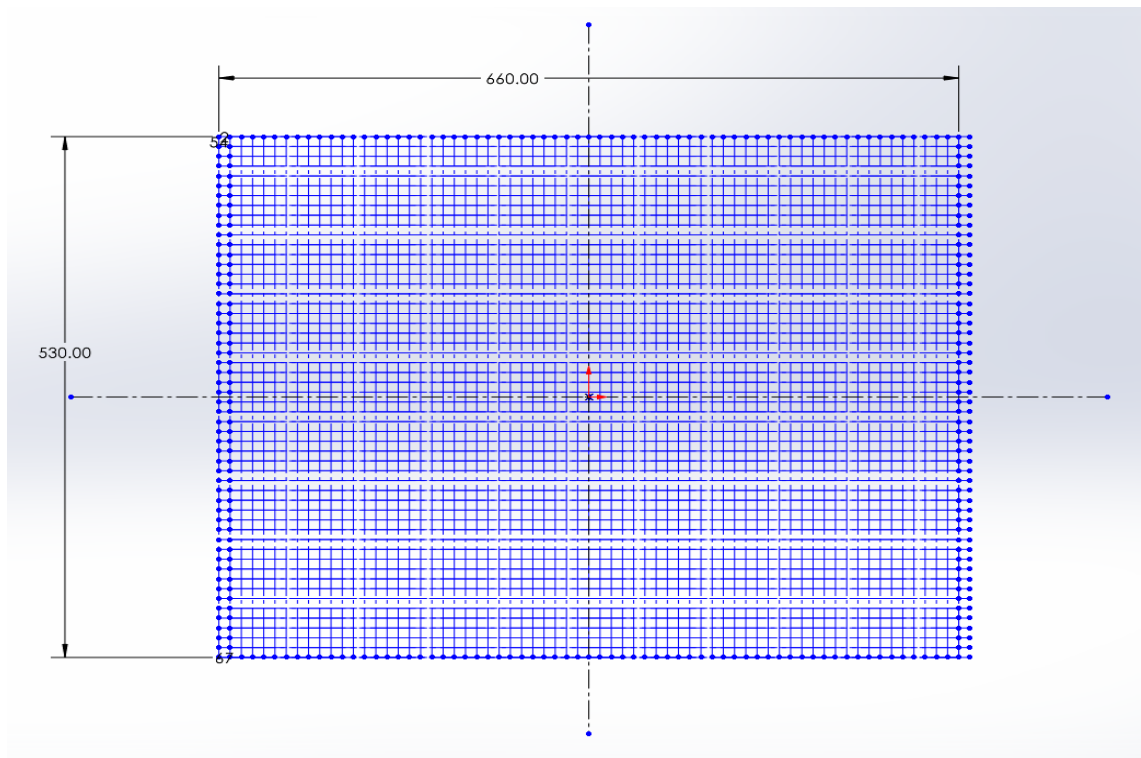
4.4. Đánh giá

4.4.1. Phương pháp kiểm tra độ chính xác của robot tại điểm đích

Cho robot thực hiện di chuyển liên tục từ điểm A (vị trí bắt đầu) đến điểm B (điểm đích). Tính toán sai lệch trung bình của tâm robot so với điểm đích ban đầu được lưu tọa độ trong bản đồ tĩnh để đưa vào chương trình điều khiển robot di chuyển từ A đến B.

Cách kiểm tra sai lệch vị trí tâm của robot tại điểm đích:

Do không nhìn thấy tâm của robot nên khó có thể đo chính xác được sai số của robot so với vị trí ban đầu. Nhưng robot tự hành cũng không quá cần chính xác trong việc di chuyển tới điểm đích. Vì thế, tôi quyết định đo tương đối độ sai lệch vị trí bằng cách quan sát đường viền của khung robot có chiều rộng là 530, 660mm. Sử dụng một hệ tọa độ có 2 trục x, y, và một số vòng tròn để quan sát vị trí của đường viền của khung robot. Đường bao có kích thước 53cm, 66cm, độ chia nhỏ nhất là 1cm (Hình 4.9).



Hình 4-9: Hệ tọa độ quan sát sai lệch vị trí của robot ở điểm đích

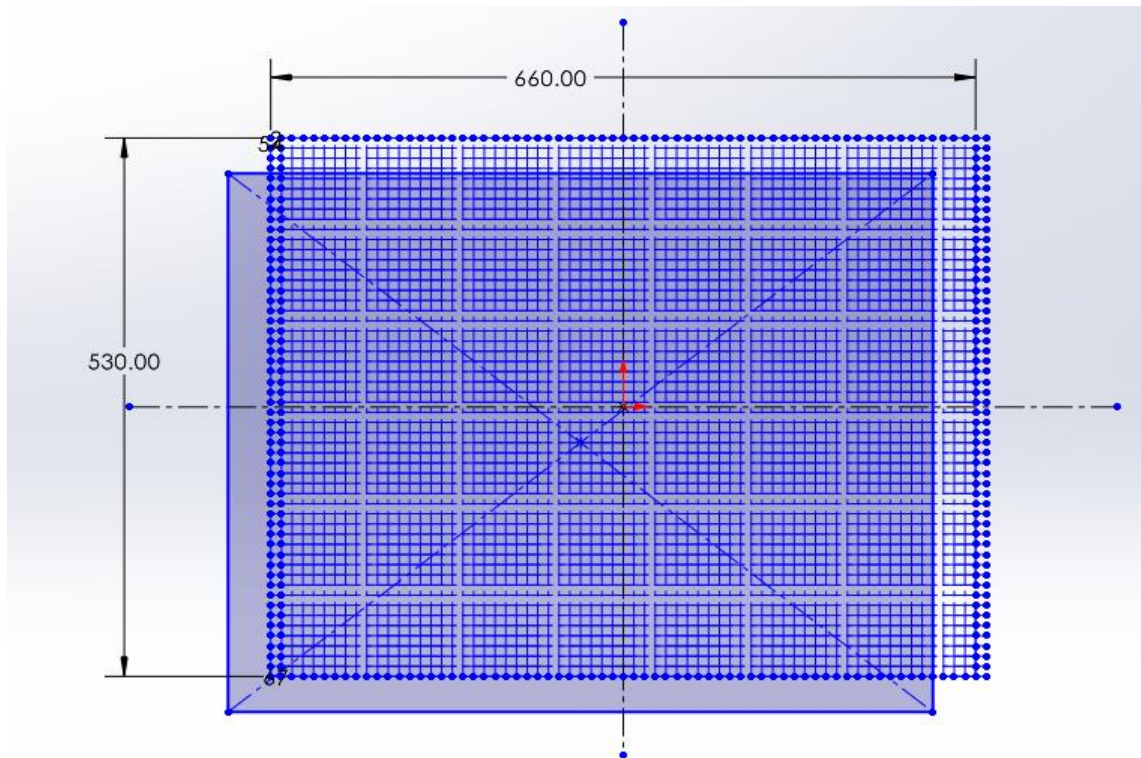
Bước đầu ta sẽ điều khiển robot di chuyển vào chính giữa của hệ tọa độ (sao cho nhìn từ trên xuống sẽ không nhìn thấy đường bao hình chữ nhật 53cm, 66cm). Lúc này có thể coi tâm của robot trùng với điểm $O(0;0)$. Sau đó lưu tọa độ của điểm này trên bản đồ tĩnh để đưa vào chương trình điều khiển robot di chuyển.

Khi robot sai lệch xuống dưới, nhìn từ trên xuống ta sẽ nhìn được tọa độ của đường bao của khung robot là các giá trị x, y dương. Khi đó tọa tâm của robot trong hệ tọa độ kiểm tra sai lệch vị trí là $(X_{robot}; Y_{robot})$.

$$X_{robot} = X - R_{robot}$$

$$Y_{robot} = Y - R_{robot}$$

Tương tự với trường hợp robot bị lệch tâm lên trên, thì ta sẽ nhìn thấy tọa độ x, y âm, khi đó tọa độ tâm robot là ($X_{robot} = X + R_{robot}; Y_{robot} = Y + R_{robot}$).



Hình 4-10: Hình ảnh quan sát từ trên xuống khi tâm robot bị lệch xuống dưới điểm góc tọa độ

Quá trình thực hiện đánh giá:

- Đánh dấu 2 điểm trên mặt đất bằng hệ tọa độ kiểm tra độ chính xác khi robot đến điểm đích (gọi hệ tọa độ này là hệ tọa độ đo). Hệ tọa độ đo được in trên khổ giấy A2 và dán cố định trên mặt đất.
- Lưu tọa độ của từng điểm trong bản đồ tĩnh và đưa vào chương điều khiển robot tự di chuyển qua 2 điểm này.
- Cho robot tự động di chuyển đến 2 điểm liên tục khoảng 10 đến 20 lần, ghi lại giá trị x, y quan sát được.
- Đặt một vật cản gần điểm đích để robot đi theo một quỹ đạo mới, sau đó cũng cho robot di chuyển đến 2 điểm 10 đến 20 lần, ghi lại các giá trị x, y quan sát được.

Với điểm $O(0;0)$ trên hệ tọa độ đo nên sai lệch vị trí tâm của robot trong quá trình di chuyển với vị trí được lưu lại chính là tọa độ tâm của robot trên hệ tọa độ đo.

4.4.2. Đánh giá khả năng tránh vật cản chuyển động của robot

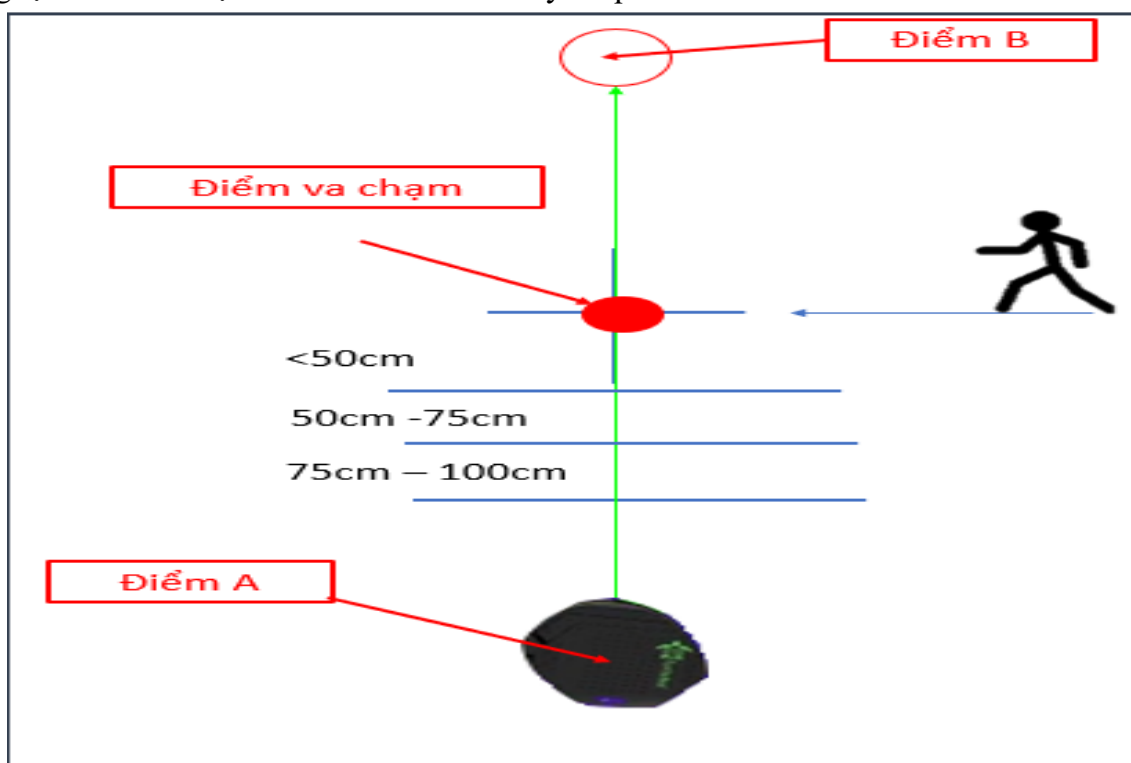
Phương pháp đánh giá:

Điều khiển robot di chuyển cố định từ điểm A đến điểm B. Trong khi Robot đang di chuyển thì người thực hiện bài đánh giá sẽ đi bộ vào quỹ đạo của Robot và dừng lại

tại một điểm đã xác định từ trước. Khi dừng lại sẽ quan sát xem vị trí dừng lại cách robot một khoảng là bao nhiêu.

Quá trình test:

- Chọn 2 điểm A, B bất kì, lưu lại tọa độ trong bản đồ tĩnh của robot. Sau đó viết một chương trình điều khiển robot di chuyển từ điểm A đến điểm B.
- Khi robot di chuyển đánh dấu một vị trí nằm trên quỹ đạo di chuyển của robot (gọi là điểm va chạm). Đánh dấu thêm các vạch cách điểm vừa đánh dấu các khoảng: nhỏ hơn 50cm, lớn hơn 50cm và nhỏ hơn 75cm, lớn hơn 75cm và nhỏ hơn 100cm.
- Khi robot đang di chuyển, người làm bài đánh giá sẽ đi bộ đến điểm va chạm theo hai quỹ đạo. Quỹ đạo thứ nhất vuông góc với đường thẳng nối hai điểm A, B. Quỹ đạo thứ hai song song với đường thẳng AB và có chiều từ B đến A.
- Khi đến điểm va chạm, người thực hiện bài đánh giá sẽ quan sát xem robot đang nằm trong khoảng nào trong các khoảng kích thước đã được vạch từ trước. Ghi lại khoảng kích thước này vào bảng kết quả. Sau đó người thực hiện bài đánh giá tiếp tục đứng tại điểm va chạm đến khi robot di chuyển qua.



Hình 4-10: Sơ đồ đánh giá khả năng tránh vật cản động của robot

Kết luận chương 4

Trong chương 4 của luận văn đã thực hiện thiết kế mô phỏng hoạt động của mô hình robot tạo xung lực đẩy vật vào tọa độ định sẵn. Quy trình hoạt động được mô tả chi tiết, rõ ràng, từ lúc robot di chuyển đến vị trí gấp hàng, cũng như lúc robot di chuyển và thực hiện xong quá trình gấp hàng vào vị trí có tọa độ cho trước. Ngoài ra, nội dung chương còn đề xuất một số bài toán và phương pháp tính toán sai lệch khi robot di chuyển giữa các vị trí và trong các trường hợp có vật cản trên đường đi. Qua các bài

toán kiểm thử trên, nhận thấy một số yếu tố có thể ảnh hưởng tới độ chính xác của robot như: chất lượng hệ thống cảm biến, sai số cơ khí, sai số của hệ thống điều khiển. Để cải thiện những yếu tố này, cần có các phương án giải quyết thích hợp lý để cân đối giữa yếu tố kỹ thuật và chi phí sản xuất.

III. KẾT LUẬN

Luận văn thạc sĩ **Thiết kế robot tạo xung lực để đẩy vật di chuyển đến các tọa độ định trước** là một đề tài có tính thực tế cao, trong thời đại công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước, ngày càng phát triển với sự cạnh tranh không ngừng từ các nước trên thế giới. Đòi hỏi năng suất và chất lượng phải được cải thiện nhờ dây chuyền máy móc hiện đại thay thế lao động thủ công của con người. Luận văn đã từ tìm hiểu chung về các hệ thống robot vận chuyển trong nhà máy, trên cơ sở đó xây dựng được một mô hình robot tạo xung lực để đẩy vật di chuyển đến các tọa độ định trước, tính toán thiết kế hệ thống cơ khí đến lập trình điều khiển robot hoạt động. Công việc hoàn thành bao gồm:

- Tổng quan về robot thông minh, vận chuyển hàng hoá;
- Xây dựng kết cấu, mô hình của robot tạo xung lực để đẩy vật, vận chuyển hàng hóa bằng phần mềm kỹ thuật;
- Tính toán các thông số cơ khí;
- Xây dựng sơ đồ khối và sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển, lựa chọn linh kiện điện tử;
- Lập trình điều khiển robot tự hoạt động.

Kiến nghị:

- Nghiên cứu thêm về tốc độ vận chuyển hàng giữa các điểm;
- Tăng thêm tải trọng chịu được để mở rộng khả năng vận chuyển của robot.

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bhargava, A., Suhaib, M., & Singholi, A. S. (2024). A review of recent advances, techniques, and control algorithms for automated guided vehicle systems. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 46(7), 419.
- [2] Moshayedi, A. J., Li, J., Sina, N., Chen, X., Liao, L., Gheisari, M., & Xie, X. (2022). Simulation and validation of optimized pid controller in agv (automated guided vehicles) model using pso and bas algorithms. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 7799654.
- [3] Yang, X., Hu, H., Cheng, C., & Wang, Y. (2023). Automated guided vehicle (agv) scheduling in automated container terminals (acts) focusing on battery swapping and speed control. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(10), 1852.
- [4]. Nguyen Hong Thai, et al., “Obstacle Avoidance Algorithm for Autonomous Mobile Robots in the Indoor Environment,” in *International Conference on Engineering Research and Applications*, 2022.
- [5]. P. E. Hsu, Y. L. Hsu, J. M. Lu., “An intelligent robotic wheelchair integrated with advanced robotic and telehealth solutions,” in *1st Asia Pacific eCare and TeleCare Congress*, Taiwan, 2011.
- [6]. Nguyen Hong Thai, Trinh Thi Khanh Ly, “NURBS Curve Trajectory Tracking Control for Differential-Drive Mobile Robot by a Linear State Feedback Controller,” in *International Conference on Engineering Research and Applications*, 2021.
- [7] Reis, W. P. N. D., Couto, G. E., & Junior, O. M. (2023). Automated guided vehicles position control: a systematic literature review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(4), 1483-1545.
- [8] Rashidi, H., Matinfar, F., & Parand, F. (2021). Automated guided vehicles-a review on applications, problem modeling and solutions. *International journal of transportation engineering*, 8(3), 261-278.
- [9]. N. Zijie, L. Qiang, C. Yonjie, S. Zhijun, “Fuzzy Control Strategy for Course Correction of Omnidirectional Mobile Robot,” *International Journal of Control Automation and Systems*, 17, 2354–2364, 2019.

- [10]. Trinh Thi Khanh Ly, et al., "Determination of Kinematic Control Parameters of Omnidirectional AGV Robot with Mecanum Wheels Track the Reference Trajectory and Velocity," International Conference on Engineering Research and Applications, 2020.
- [11]. T. Giurgiu, C. Puică, C. Pupăză, F. A. Nicolescu, M. Zapciu, "Mecanum wheel modeling for studying roller-ground contact issues," U.P.B. Sci. Bull, 79, 2, 2017.
- [12]. Nguyen Thi Thanh, et al., "Dynamics simulation of a mecanumwheeled omnidirectional mobile robots," in 6th International Conference on Engineering and Research Applications - ICERA, 2023.
- [13]. Trinh Thi Khanh Ly, et al., "Dynamic modelling and numerical simulation of industrial AGVs when taking into account the payload and friction between the wheel and the road surface," Conference of 1st Asia Meeting on Environment and Electrical Engineering, 2023.
- [14]. T. T. K. Ly, et al., "A Neural Network Controller Design for the Mecanum Wheel Mobile Robot," Eng. Technol. Appl. Sci. Res. 13, 2, 2023.
- [15]. S. Ransom, O. Krömer, M. Lückemeier, "Planetary rovers with mecanum wheels," 16th ISTVS Intl Conf, Torino, 2008.
- [16]. P. S. Yadav, V. Agrawal, J. C. Mohanta, M. F. Ahmed, "A robust sliding mode control of mecanum wheel-chair for trajectory tracking," Materials Today: Proceedings, 56, 2, 623-630, 2022.
- [17]. R. Zhang, H. Hu, Y. Fu, "Trajectory tracking for omnidirectional mecanum robot with longitudinal slipping," MATEC Web of Conferences, 256, 2019.
- [18] Nguyễn Trọng Hiệp, Giáo trình Chi tiết máy, Nhà xuất bản Giáo dục, 2009.
- [19] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, Tính toán thiết kế Hệ dẫn động cơ khí tập 1, 2, Nhà xuất bản Giáo dục, 2006.
- [20] Nguyễn Doãn Phước, Cơ sở lý thuyết Điều khiển tuyến tính, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội, 2023.
- [21] TS. Nguyễn Mạnh Tiến, năm 2007, *Điều khiển robot công nghiệp*, nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

PHỤ LỤC

1. Code mô phỏng động học của robot:

```
clc; clear all; close all;

v_set = 0.3; % m/s

dt = 0.1;

r = 0.03;

l = 0.3;

p = 0.3;

%% Tao quy dao chuyen dong

%% Tao x, y, th

xp = [ 0, 0, -0.5, 0, 0, -0.5, 0, 0, -0.5, -0.5, 8, 8, 8, 7, 6, 5, 4, 0];
yp = [ 0, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 8, 0, 0, 0, 0, 0, 0];
thp = [pi, pi, pi, pi, pi, pi, pi, pi, pi, pi, pi/2, pi/2, pi/2, pi/2, pi/2, pi, pi];
v_max_set = 0.25;
o_max_set = 0.5;

len = length(xp);

t = 0;

x = 0;

y = 0;

th = 0;

vx = 0;

vy = 0;

oz = 0;

for i = 1 : len-1

    dx = xp(i+1) - xp(i);
    dy = yp(i+1) - yp(i);
    dth = thp(i+1) - thp(i);
    s = sqrt(dx*dx + dy*dy);
    ts = abs(s)/v_max_set;
    to = abs(dth)/o_max_set;
    if (ts > to)
```

```

        t_set = ts;
    else
        t_set = to;
    end
    full_time_set = t(end) + t_set;
    while (t(end) < full_time_set)
        t_add = dt;
        if (t(end) + dt > full_time_set)
            t_add = full_time_set - t(end);
        end
        t = [t, t(end) + t_add];
        x = [x, x(end)+dx/t_set*t_add];
        y = [y, y(end)+dy/t_set*t_add];
        th = [th, th(end)+dth/t_set*t_add];
        vx = [vx, dx/t_set];
        vy = [vy, dy/t_set];
        oz = [oz, dth/t_set];
    end
    for j = 0: 1/dt
        t = [t, t(end) + dt];
        x = [x, x(end)];
        y = [y, y(end)];
        th = [th, th(end)];
        vx = [vx, 0];
        vy = [vy, 0];
        oz = [oz, 0];
    end
end
figure;
hold on; axis equal; grid on;
plot(xp, yp, 'g-*');

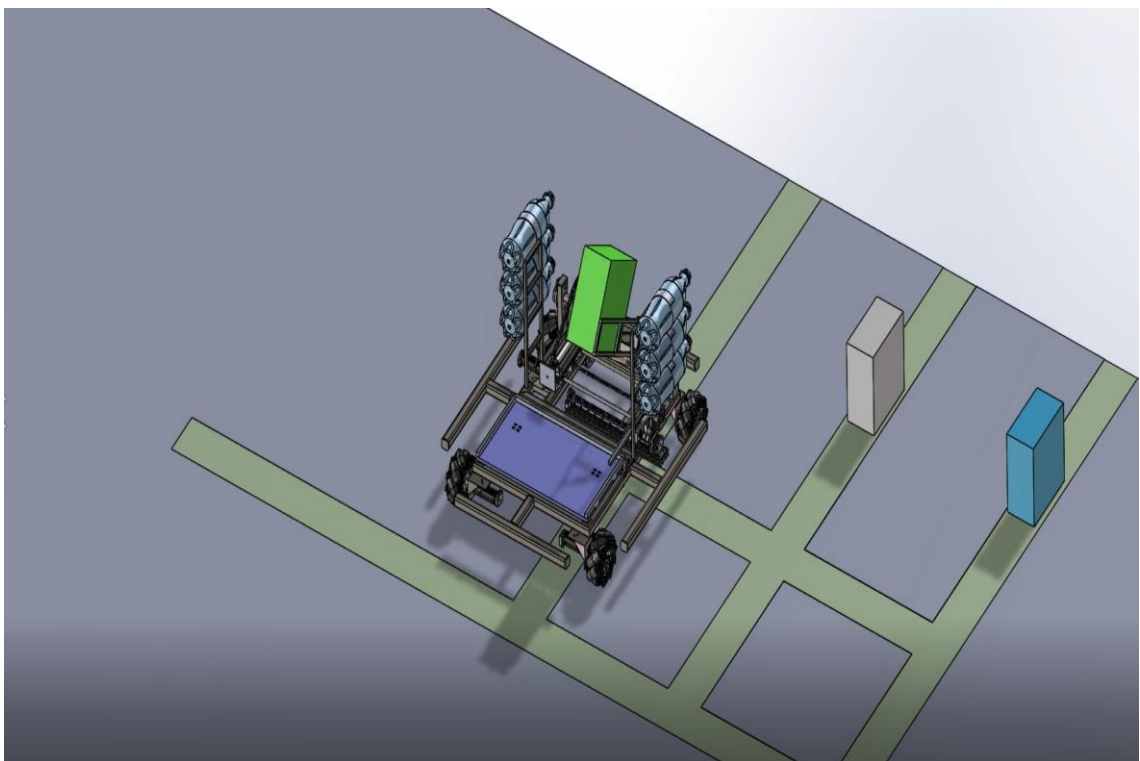
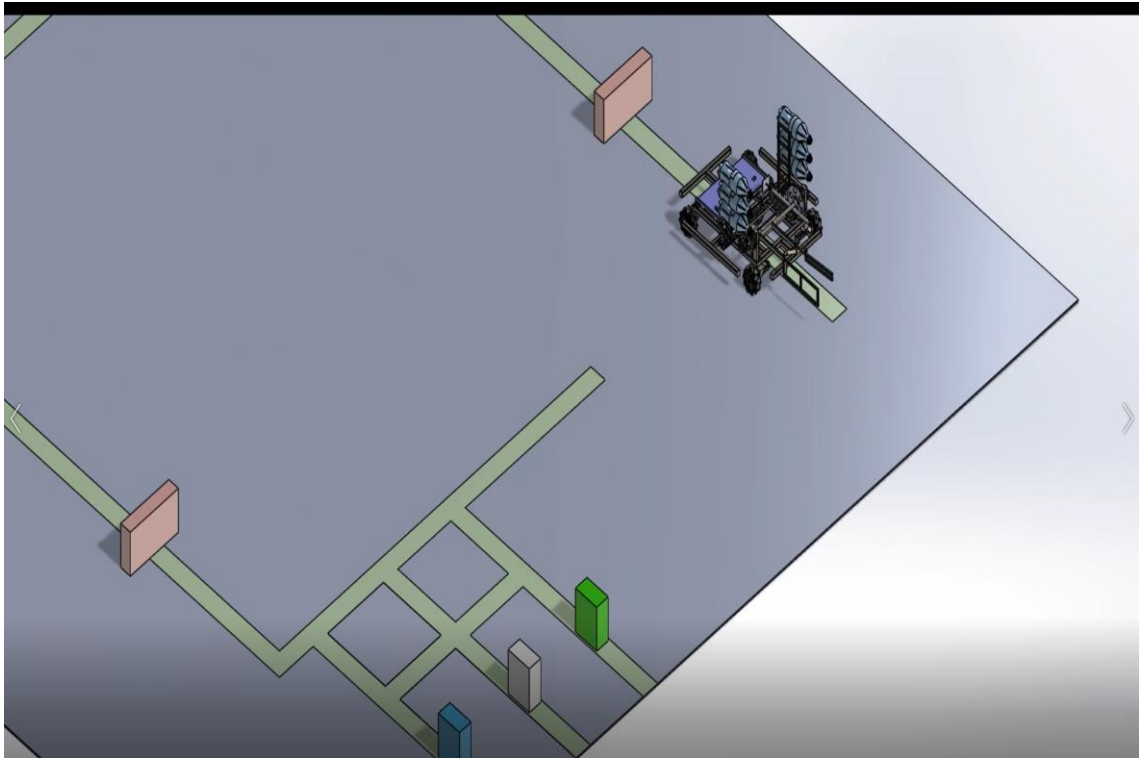
```

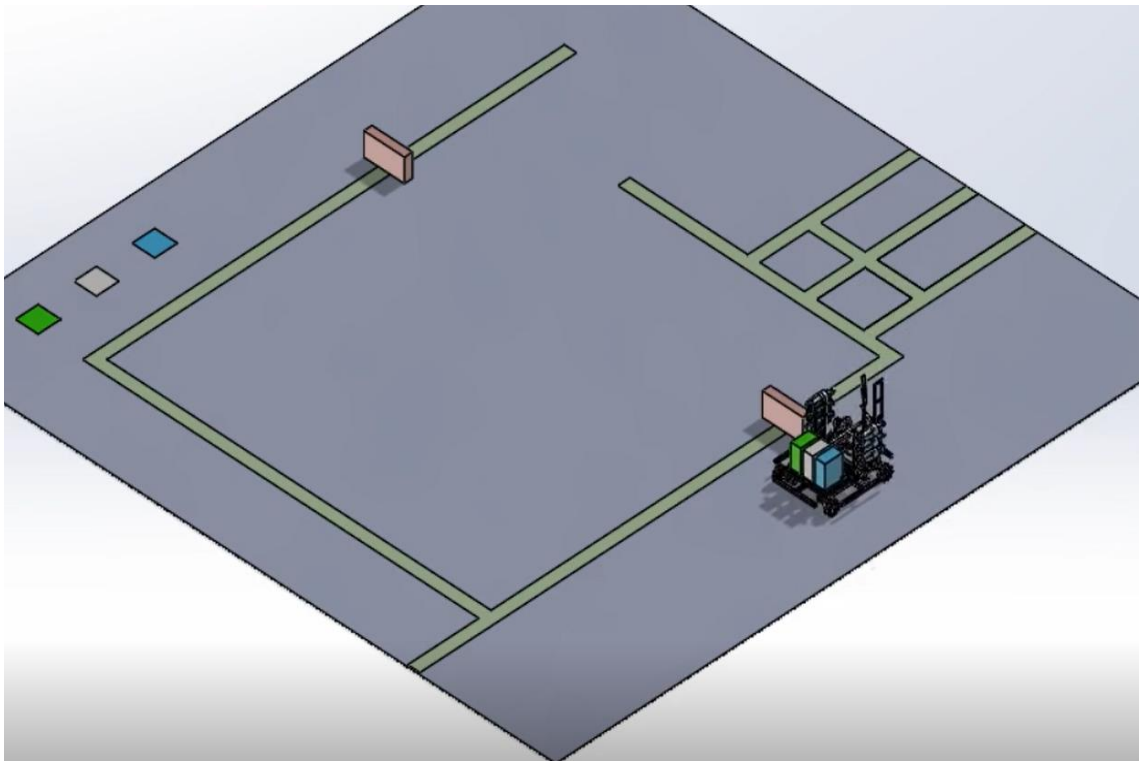
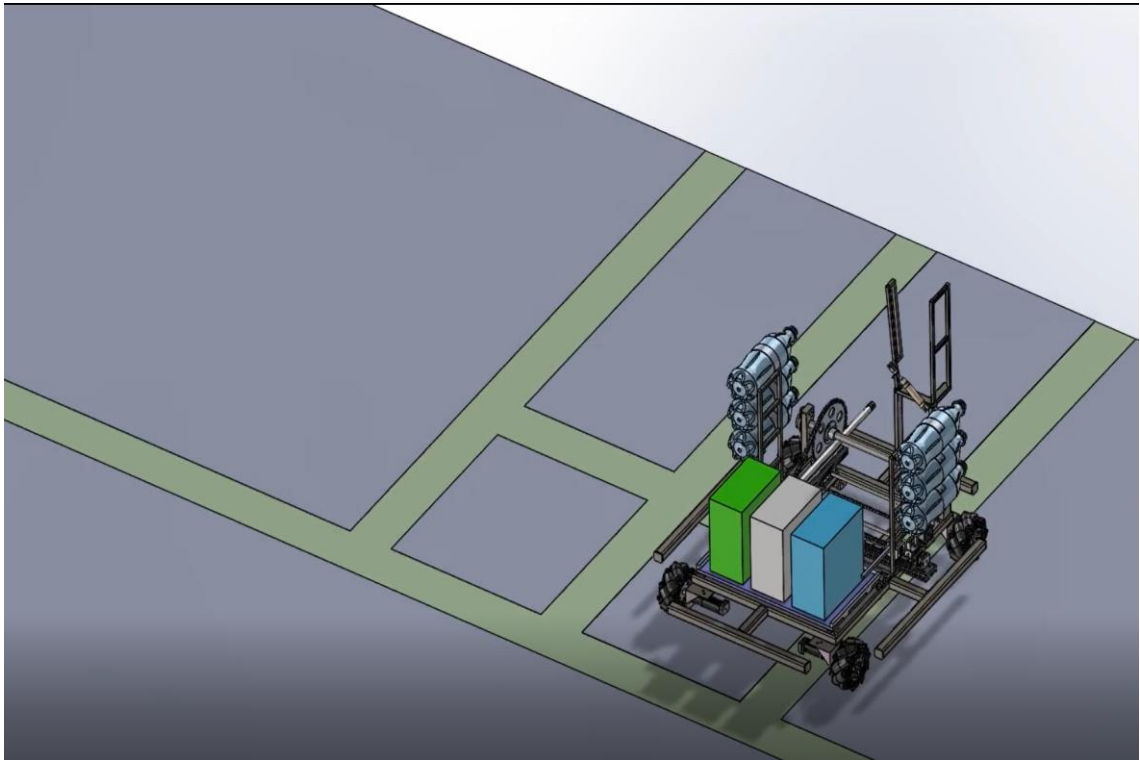
```

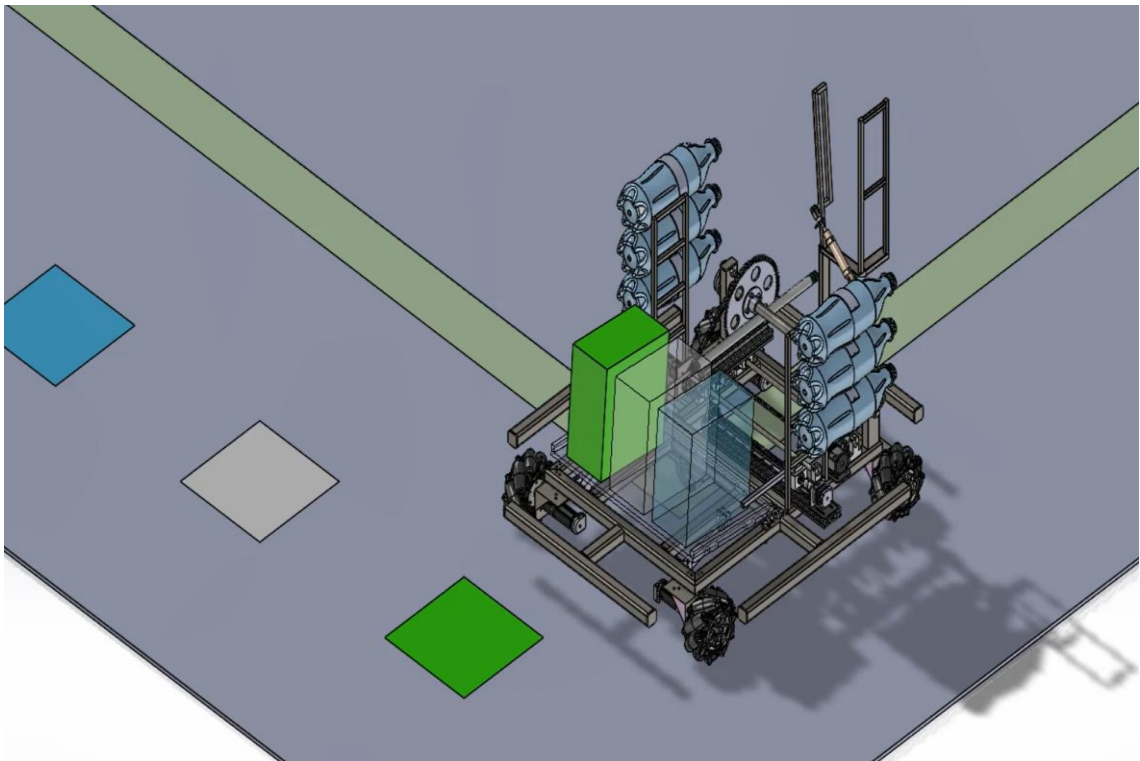
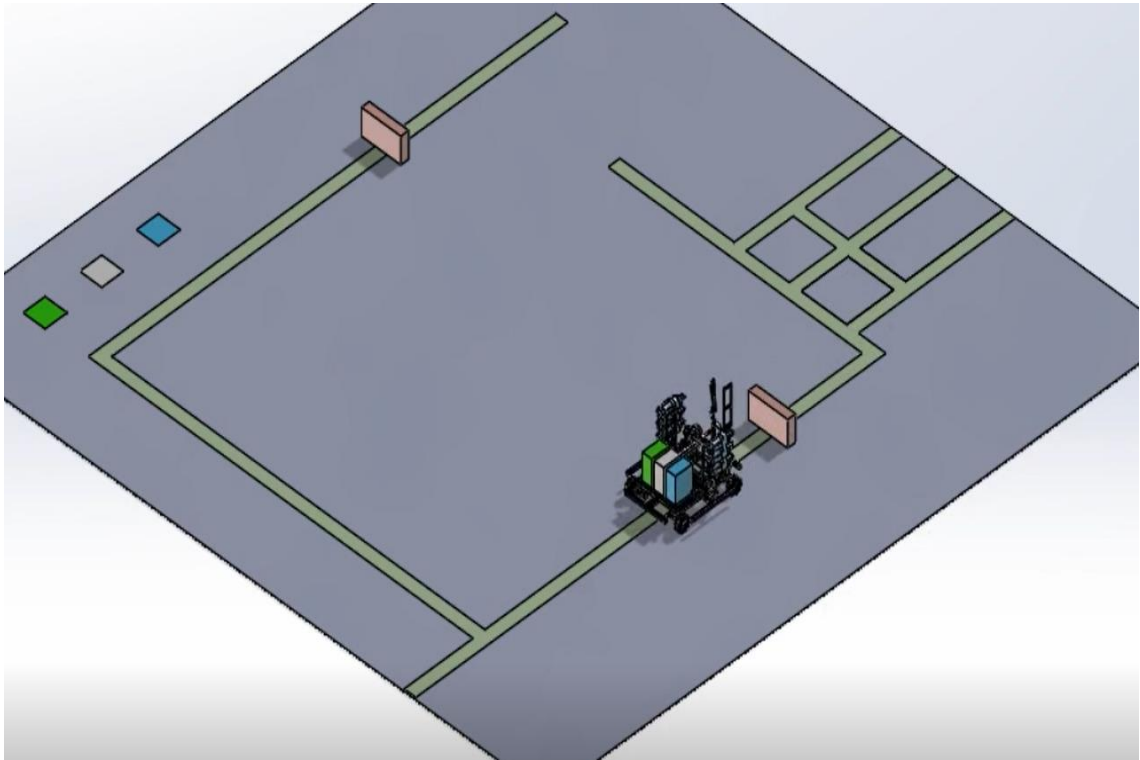
figure;
subplot(2, 1, 1);
hold on;
plot(t, vx, 'r');
plot(t, vy, 'b');
subplot(2, 1, 2);
hold on;
plot(t, oz, 'k');
%% Mo phong dong hoc
w1 = 1/r * ((cos(th) - sin(th)).*vx + (cos(th) + sin(th)).*(vy) - (1+p)*(oz));
w2 = 1/r * ((cos(th) + sin(th)).*vx - (cos(th) - sin(th)).*(vy) + (1+p)*(oz));
w3 = 1/r * ((cos(th) - sin(th)).*vx + (cos(th) + sin(th)).*(vy) + (1+p)*(oz));
w4 = 1/r * ((cos(th) + sin(th)).*vx - (cos(th) - sin(th)).*(vy) - (1+p)*(oz));
figure;
subplot(4, 1, 1);
plot(t, w1, 'k');
subplot(4, 1, 2);
plot(t, w2, 'k');
subplot(4, 1, 3);
plot(t, w3, 'k');
subplot(4, 1, 4);
plot(t, w4, 'k');

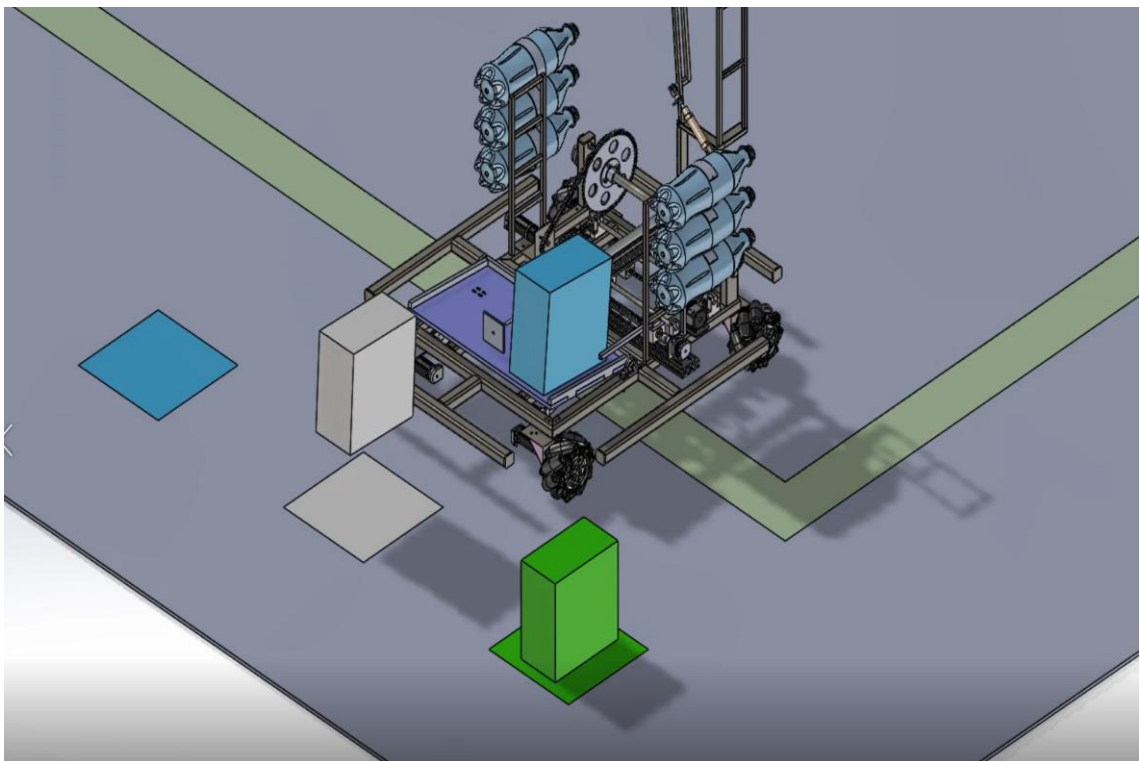
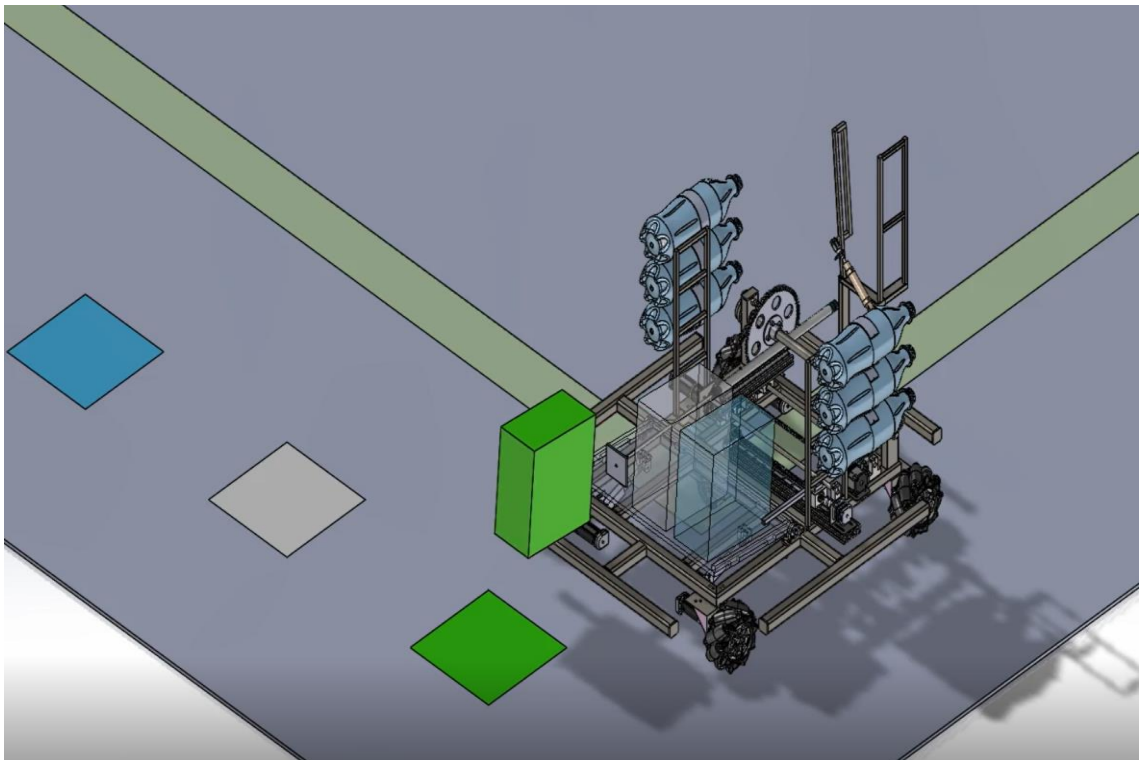
```

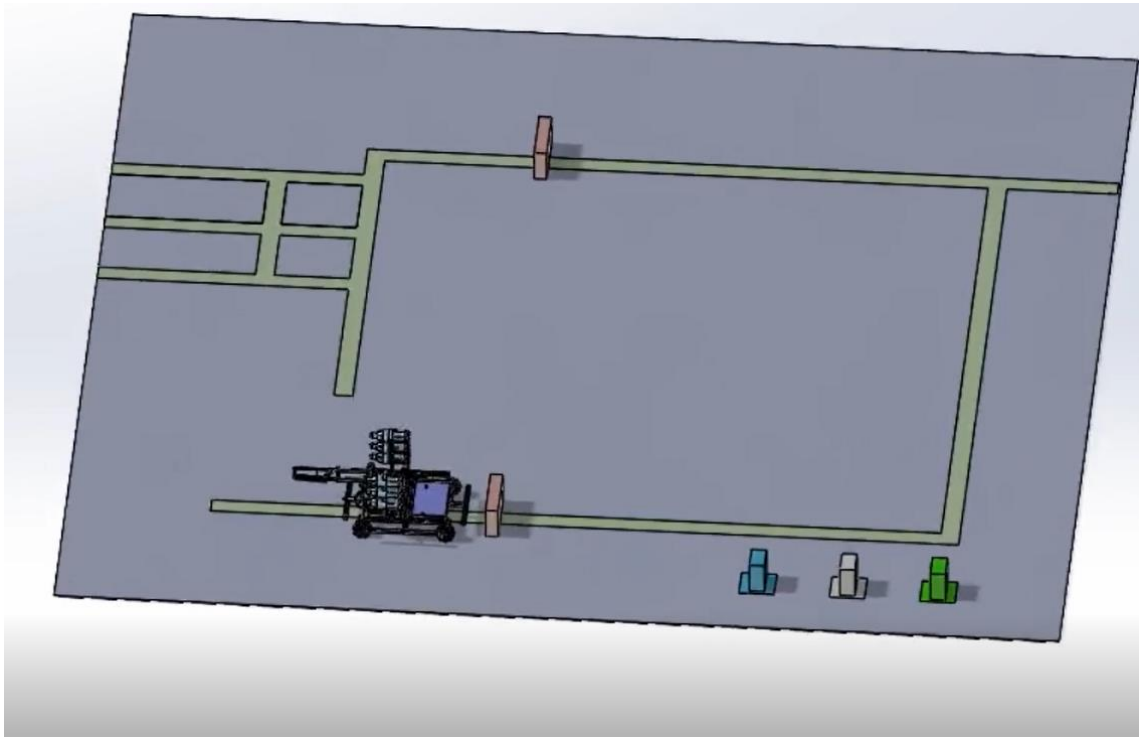
2. Hình ảnh mô phỏng chuyển động của robot:



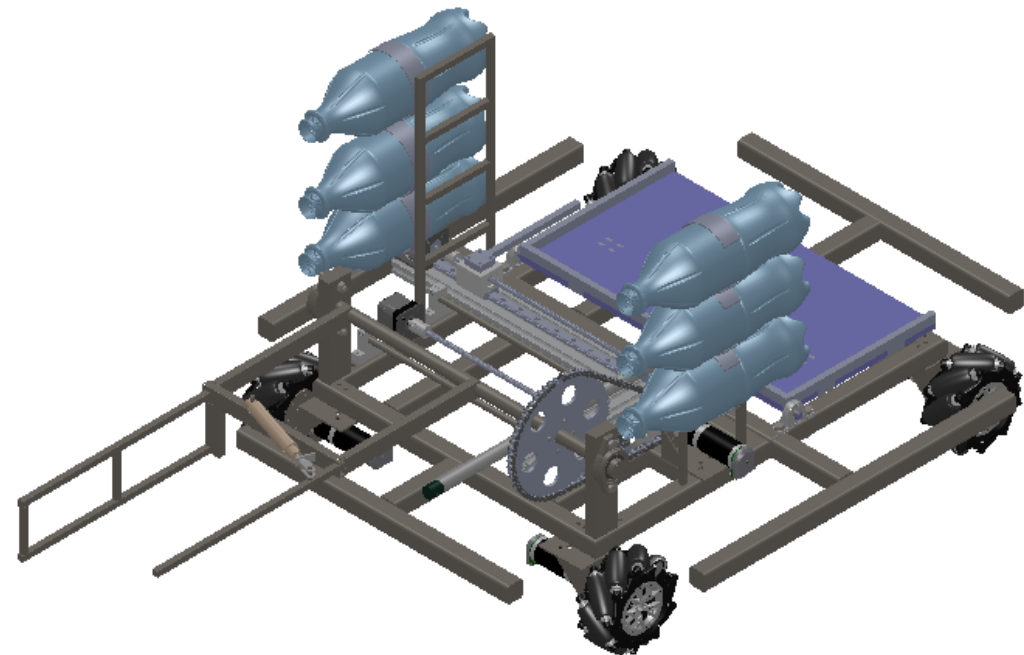
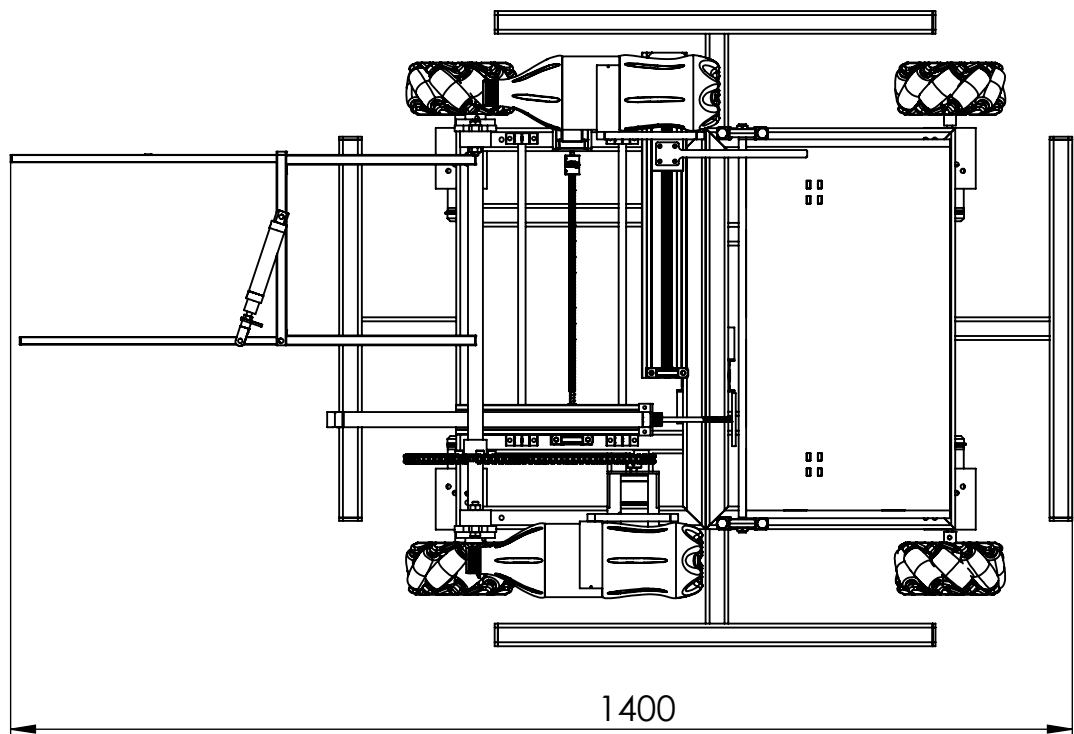
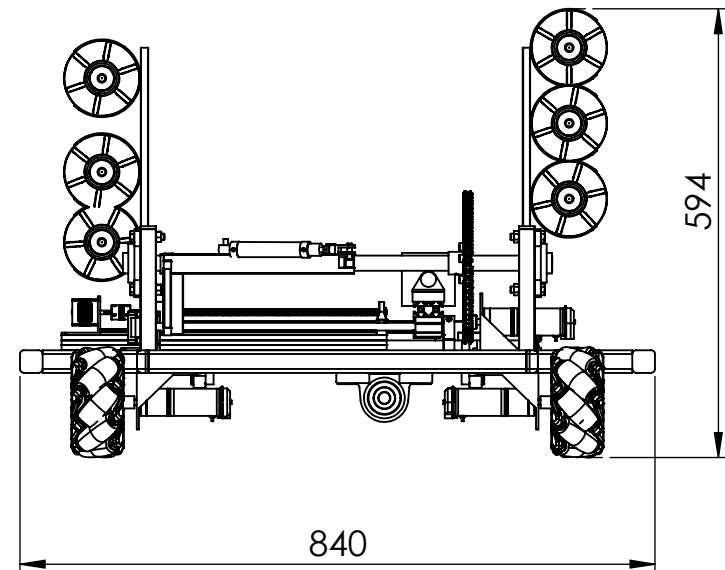
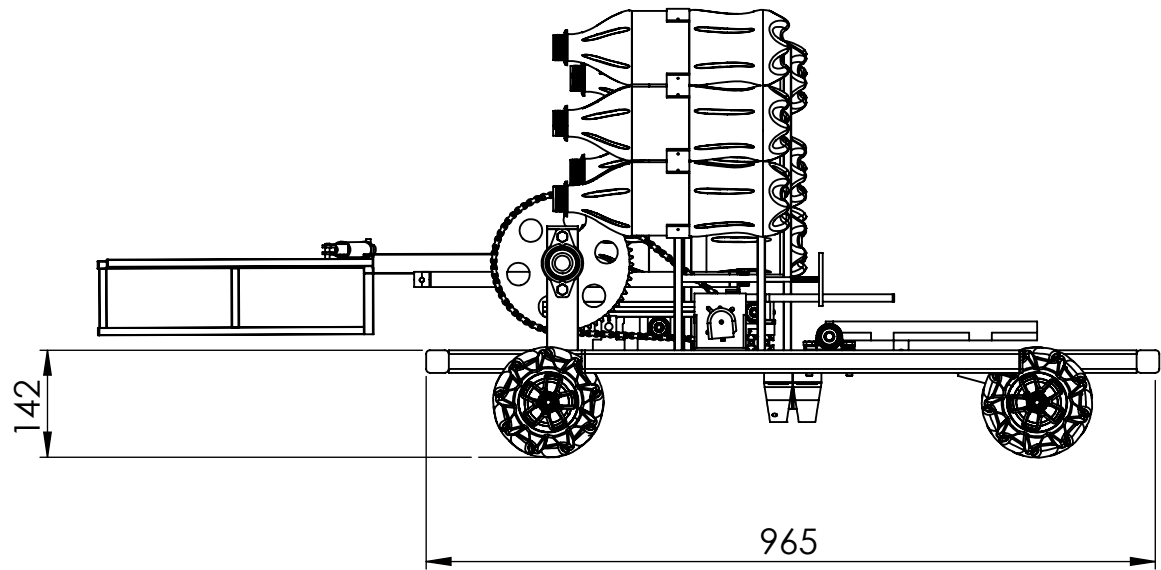








+ Bản vẽ thiết kế robot:



		TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC		ROBOT TẠO XUNG LỰC				
CHỨC NĂNG	HỌ VÀ TÊN	CHỮ KÝ	NGÀY	BẢN VẼ THIẾT KẾ ROBOT		Ký hiệu:RB 00.00		
THIẾT KẾ	TRẦN THẾ ANH					Số lượng: 01		A3
VẼ	TRẦN THẾ ANH			Tỷ lệ : 1:10				
KIỂM TRA						BẢN VẼ TỔNG THỂ		Ngày: 01/03/2025
DUYỆT								