

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO ROBOT DELTA PHÂN LOẠI SẢN PHẨM

GVHD: THS. VÕ LÂM CHƯƠNG

SVTH: **MSSV**

TRẦN HỮU LONG 18125040

BÙI TRỌNG QUÝ 18144281

HÀ CÔNG HIỆP 18146115

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 01 năm 2023

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO ROBOT
DELTA PHÂN LOẠI SẢN PHẨM**

GVHD: ThS. VÕ LÂM CHƯƠNG

SVTH: MSSV

TRẦN HỮU LONG 18125040

BÙI TRỌNG QUÝ 18144281

HÀ CÔNG HIỆP 18146115

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 01 năm 2023

NHIỆM VỤ ĐÒ ÁN TỐT NGHIỆP

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Võ Lâm Chương

Sinh viên thực hiện: Trần Hữu Long MSSV: 18125040 ĐThoại: 0334847857

Bùi Trọng Quý MSSV: 18144281 ĐThoại: 0785479744

Hà công Hiệp MSSV: 18146115 ĐThoai: 0834308775

1. *Tên đê tài:*

Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo robot Delta phân loại sản phẩm.

2. Các số liệu, tài liệu ban đầu:

Số liệu ban đầu:

- Tốc độ robot tối đa: 60 sản phẩm / phút
 - Khối lượng tải: 1kg

Tài liệu ban đầu:

- Thiết kế và chế tạo robot song song dạng delta sử dụng trong việc phân loại sản phẩm (PGS.TS Nguyễn Trường Thịnh)
 - Lê Xuân Hoàng, Lê Hoài Nam, bài toán động học động lực học và phương pháp thiết kế hình học cho robot delta kiểu ba khớp quay, tạp chí khoa học và công nghệ đại học Bách Khoa Đà Nẵng, số 11(132).2018, quyển 1, pp.36-40, 2018.
 - X.-J. Liu, J. Wang, H. Zheng, “Workspace atlases for the computer aided design of the Delta robot”, Proc. IMECE part C: J. Mech. Engrg. Sci., vol. 217, pp. 861-869, 2003.
 - Robert L. Williams, “The Delta Parallel Robot: Kinematics Solutions”, Mechanical Engineering, Ohio University, October 2016.

3. Nội dung chính của đồ án:

- Thiết kế, xây dựng phần cơ khí và tính toán lựa chọn động cơ cho robot.
 - Điều khiển chuyển động của robot.
 - Sử dụng xử lý ảnh để nhận dạng màu sắc và góc xoay vật thể.

4. Các sản phẩm dự kiến:

Robot hoạt động tốt trong môi trường công nghiệp.

5. Ngày giao đồ án: 18/10/2022

6. Ngày nộp đồ án: 30/1/2023

7. Ngôn ngữ trình bày: Bản báo cáo:

Tiếng Anh *Tiếng Việt*

Trình bày bảo vệ: *Tiếng Anh* *Tiếng Việt*

TRƯỞNG KHOA
(Ký, ghi rõ họ tên)

TRƯỞNG NGÀNH
(Ký, ghi rõ họ tên)

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN
(Ký, ghi rõ họ tên)

PHIẾU NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Dành cho giảng viên hướng dẫn)

Họ và tên sinh viên: Trần Hữu Long MSSV: 18125040 Hội đồng:

Họ và tên sinh viên: Bùi Trọng Quý MSSV: 18144281 Hội đồng:

Họ và tên sinh viên: Hà Công Hiệp MSSV: 18146115 Hội đồng:

Tên đề tài: Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo robot Delta phân loại sản phẩm.

Ngành đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật Cơ Điện Tử

Họ và tên GV hướng dẫn: ThS. Võ Lâm Chương

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Nhận xét về tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên (không đánh máy)

.....
.....
.....
.....

2. Nhận xét về kết quả thực hiện của ĐATN (không đánh máy)

2.1. Kết cấu, cách thức trình bày ĐATN:

.....
.....
.....
.....

2.2. Nội dung đồ án:

(Cơ sở lý luận, tính thực tiễn và khả năng ứng dụng của đồ án, các hướng nghiên cứu có thể tiếp tục phát triển)

.....
.....
.....
.....

2.3. Kết quả đạt được

.....
.....

2.4. Những tồn tại (nếu có):

3. Đánh giá:

TT	Mục đánh giá	Điểm tối đa	Điểm đạt được
1.	Hình thức và kết cấu ĐATN	30	
	<i>Đúng format với đầy đủ cả hình thức và nội dung của các mục</i>	<i>10</i>	
	<i>Mục tiêu, nhiệm vụ, tổng quan của đề tài</i>	<i>10</i>	
	<i>Tính cấp thiết của đề tài</i>	<i>10</i>	
2.	Nội dung ĐATN	50	
	<i>Khả năng ứng dụng kiến thức toán học, khoa học và kỹ thuật, khoa học xã hội...</i>	<i>5</i>	
	<i>Khả năng thực hiện/phân tích/tổng hợp/dánh giá</i>	<i>10</i>	
	<i>Khả năng thiết kế chế tạo một hệ thống, thành phần, hoặc quy trình đáp ứng yêu cầu đưa ra với những ràng buộc thực tế</i>	<i>15</i>	
	<i>Khả năng cải tiến và phát triển</i>	<i>15</i>	
	<i>Khả năng sử dụng công cụ kỹ thuật, phần mềm chuyên ngành...</i>	<i>5</i>	
3.	Đánh giá về khả năng ứng dụng của đề tài	10	
4.	Sản phẩm cụ thể của ĐATN	10	
	Tổng điểm	100	

4. Kết luận:

- Được phép bảo vệ
 - Không được phép bảo vệ

TP.HCM, ngày tháng 01 năm 2023

Giảng viên hướng dẫn

(Ký, ghi rõ họ tên)

PHIẾU NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Dành cho giảng viên phản biện)

Họ và tên sinh viên: Trần Hữu Long MSSV: 18125040 Hội đồng: STT:

Họ và tên sinh viên: Bùi Trọng Quý MSSV: 18144281 Hội đồng: STT:

Họ và tên sinh viên: Hà Công Hiệp MSSV: 18146115 Hội đồng: STT:

Tên đề tài: Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo robot Delta phân loại sản phẩm.

Ngành đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật Cơ Điện Tử

Họ và tên GV phản biện:

Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Kết cấu, cách thức trình bày ĐATN:

.....
.....
.....

2. Nội dung đồ án:

(Cơ sở lý luận, tính thực tiễn và khả năng ứng dụng của đồ án, các hướng nghiên cứu có thể tiếp tục phát triển)

.....
.....
.....
.....

3. Kết quả đạt được:

.....
.....
.....
.....

4. Những thiếu sót và tồn tại của ĐATN:

.....
.....
.....
.....

5. Câu hỏi:

.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Đánh giá:

TT	Mục đánh giá	Điểm tối đa	Điểm đạt được
1.	Hình thức và kết cấu ĐATN	30	
	Đúng format với đầy đủ cả hình thức và nội dung của các mục	10	
	Mục tiêu, nhiệm vụ, tổng quan của đề tài	10	
	Tính cấp thiết của đề tài	10	
2.	Nội dung ĐATN	50	
	Khả năng ứng dụng kiến thức toán học, khoa học và kỹ thuật, khoa học xã hội...	5	
	Khả năng thực hiện/phân tích/tổng hợp/đánh giá	10	
	Khả năng thiết kế chế tạo một hệ thống, thành phần, hoặc quy trình đáp ứng yêu cầu đưa ra với những ràng buộc thực tế	15	
	Khả năng cải tiến và phát triển	15	
	Khả năng sử dụng công cụ kỹ thuật, phần mềm chuyên ngành...	5	
3.	Đánh giá về khả năng ứng dụng của đề tài	10	
4.	Sản phẩm cụ thể của ĐATN	10	
	Tổng điểm	100	

7. Kết luận:

- Được phép bảo vệ
- Không được phép bảo vệ

TP.HCM, ngày tháng 01 năm 2023

Giảng viên phản biện
(Ký, ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	i
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	i
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH	ii
LỜI CẢM ƠN	v
TÓM TẮT	vi
ABSTRACT	vii
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN	1
1.1. Tổng quan về đề tài	1
1.1.1. Đặt vấn đề	1
1.1.2. Lý do chọn đề tài.....	1
1.1.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.....	2
1.1.4. Phạm vi nghiên cứu của đề tài.....	2
1.1.5. Phương pháp nghiên cứu	2
1.2. Tình hình phát triển trong và ngoài nước.....	3
1.2.1. Ngoài nước	3
1.2.2. Trong nước	7
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO ROBOT.....	9
2.1. Mô hình hóa Robot.....	9
2.2. Các phương án thiết kế	10
2.2.1. Phương án thiết kế 1	11
2.2.2. Phương án thiết kế 2	12
2.3. Động học robot Delta.....	13
2.3.1 Động học thuận	13
2.3.1. Động học nghịch.....	15
2.4. Lựa chọn cơ cấu truyền động cho Robot.....	16
2.5. Tính toán chọn động cơ và thông số của bộ truyền.....	17
2.6. Thiết kế cơ khí của robot	20

2.6.1. Khung Robot	20
2.6.2. Thiết kế cánh tay robot	21
2.6.3. Cơ cấu gấp	22
2.6.4. Băng tải	22
2.6.5. Mô hình robot Delta hoàn chỉnh	23
CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỆN – ĐIỀU KHIỂN.....	24
3.1. Các linh kiện được sử dụng phục vụ đề tài.....	24
3.1.1. Kit Raspberry Pi 3 model B.....	24
3.1.2. Module điều khiển động cơ bước DRV8825.....	26
3.1.3. Động cơ bước Nema 17.....	27
3.1.4. Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.....	28
3.1.5. Bộ động cơ AC Servo Panasonic A4 MSMD012P1 100W	29
3.1.6. Băng tải	31
3.1.7. Động cơ bơm chân không ES-3910 24VDC.....	32
3.1.8. Camera Logitech C270.....	32
3.2. Ngôn ngữ Python và thư viện OpenCV	33
3.2.1. Ngôn ngữ Python	33
3.2.2. Thư viện OpenCV	34
3.3. Phương pháp phân loại màu sắc	34
3.3.1. Hệ màu RGB	34
3.3.2. Hệ màu HSV.....	35
3.4. Sơ đồ nguyên lý	36
3.4.1. Khối điều khiển	36
3.4.2. Khối toàn hệ thống.....	38
CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHÂN LOẠI MÀU VÀ XÁC ĐỊNH GÓC LỆCH VÀ ĐIỀU KHIỂN BẰNG RASBERRY PI	40
4.1. Phân loại màu.....	40
4.1.1. Xử lý ảnh.....	40
4.1.2. Các hệ màu	40

4.1.3. Lọc chói	41
4.1.4. Lọc nhiễu	42
4.1.5. Xác định góc lệch vật thể.....	43
4.1.6. Lưu đồ thuật toán xử lý ảnh	44
4.2. Điều khiển bằng Rasberry Pi.....	44
4.2.1. Sơ đồ mạch nguyên lý	44
4.2.2. Điều khiển động cơ bước.....	45
4.2.3. Lưu đồ tổng quát của hệ thống.....	46
CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PLC	48
5.1. Giới thiệu phần mềm giả lập GX Works 2.....	48
5.2. Quy trình cấu hình hệ thống.....	48
5.3. Cấu hình phần cứng	49
5.4. Tạo dự án.....	51
5.5. Chương trình điều khiển động cơ servo	55
5.6. Ứng dụng động học thuận và động học nghịch.....	58
5.6.1. Ứng dụng động học thuận để tìm vị trí ban đầu.....	58
5.6.2. Ứng dụng động học nghịch để xác định góc quay	59
5.7. Vận hành thử hệ thống.....	61
5.7.1. Vận hành thử chế độ chạy JOG	63
5.7.2. Vận hành thử chế độ chạy OPR	64
5.7.3. Vận hành thử chế độ định vị trí	65
5.8. Tiến hành nạp chương trình vào PLC.....	66
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	69
6.1. Kết luận	69
6.2. Hạn chế của đề tài.....	70
6.3. Hướng phát triển	70
TÀI LIỆU THAM KHẢO	71

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
RPI	Raspberry Pi	-
CPU	Central Processing Unit	Bộ xử lý trung tâm.
GPU	Graphics Processing Unit	Bộ xử lý đồ họa.
OEM	Original Equipment Manufacturer	Nhà sản xuất thiết bị gốc.
RAM	Random Access Memory	Bộ nhớ tạm thời.
GPIO	General purpose input/output	Cổng vào/ ra.
AC	Alternating Current	Điện xoay chiều.
DC	Direct Current	Điện một chiều.
PLC	Programmable Logic Controller	Bộ điều khiển lập trình logic.
CNC	Computer Numerical Control	Điều khiển bằng máy tính.
RPM	Revolutions per minute	Vòng trên phút.
OpenCV	Open Computer Vision	Thư viện mã nguồn mở.

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Ý nghĩa các thông số hình học của robot Delta	9
Bảng 3.1: Các thiết bị có trong khối điều khiển	37
Bảng 3.2: Các thiết bị trong toàn hệ thống	39
Bảng 4.1: Thiết lập vi bước	45
Bảng 5.1: Thiết bị điều khiển Servo	50
Bảng 5.2: Bảng địa chỉ input và output	66

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Cơ cấu robot Delta	4
Hình 1.2: Mô hình robot song song của Willard L. Polard được đăng ký bản quyền đầu tiên vào năm 1942.	4
Hình 1.3: Robot Delta của hãng Hitachi Seiki thực hiện chức năng nâng - đặt và khoan.	5
Hình 1.4: SurgiScope vận hành tại Surgical Robotics lab, Đại học Humboldt, Berlin.	6
Hình 1.5: Demaurex's Line-Placer để đóng gói trong công nghiệp bánh.....	6
Hình 1.6: Hai trong ba robot được SIGPack Systems giới thiệu, mã C33 và mã CE33.	7
Hình 1.7: Robot song song 3 bậc tự do hãng Tosy.	8
Hình 2.1: Các thông số hình học của robot Delta [2].....	9
Hình 2.2: Xem vùng hoạt động có dạng hình trụ tròn	11
Hình 2.3: Phương án thiết kế 1.....	11
Hình 2.4: Phương án thiết kế 2.....	12
Hình 2.5: Sơ đồ động học robot Delta	13
Hình 2.6: Sơ đồ robot Delta	14
Hình 2.7: Nguyên lý của hộp giảm tốc động cơ cho mỗi cánh tay	17
Hình 2.8: Lực do tải trọng tác dụng vào robot.	17
Hình 2.9: Trường hợp chịu tải lớn nhất trên mỗi cánh tay.....	18
Hình 2.10: Robot gấp thả tại vị trí biên.....	19
Hình 2.11: Động cơ AC Servo Panasonic Minas A4	20
Hình 2.12: Khung robot	20
Hình 2.13: Bệ đỡ robot.....	21
Hình 2.14: Cánh tay L	21
Hình 2.15: Cánh tay 1	22
Hình 2.16: Khớp nối liên kết các cánh tay và đế di động	22
Hình 2.18: Mô hình robot hoàn chỉnh.....	23
Hình 2.17: Giác hút vật thể	23
Hình 2.19: Băng tải	23
Hình 3.1: Raspberry Pi 3 Model B	24
Hình 3.2: Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 3 Model B.....	25
Hình 3.3: Thông tin cổng GPIO của Raspberry Pi 3 Model B.	26
Hình 3.4: Module điều khiển động cơ bước DRV8825.....	27
Hình 3.5: Thông tin cổng pinout Module DRV8825.	27

Hình 3.6: Động cơ bước Nema 17 KH42JM2B182A.....	28
Hình 3.7: Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.....	29
Hình 3.8: Động cơ AC servo Panasonic MSMD012P1 100W	30
Hình 3.9: Driver AC servo Panasonic Minas A4.....	30
Hình 3.11: Băng tải được sử dụng cho đè tài	31
Hình 3.10: Động cơ ZGB37-3530-24V 48RPM được sử dụng cho băng tải	31
Hình 3.12: Động cơ bơm chân không ES-3910 24VDC.....	32
Hình 3.13: Camera Logitech C270	33
Hình 3.14: Mô hình không gian màu RGB	35
Hình 3.15: Mô hình không gian màu HSV	35
Hình 3.16: Mô hình khối điều khiển	36
Hình 3.17: Mô hình toàn hệ thống	38
Hình 4.1: Ảnh màu RGB.....	40
Hình 4.2: Ảnh xám	40
Hình 4.3: Không gian màu HSV	41
Hình 4.4: Ảnh nhị phân	41
Hình 4.5: Ví dụ về lọc chói	42
Hình 4.6: Ví dụ về lọc nhiễu hạt.....	43
Hình 4.7: Lọc màu RGB	43
Hình 4.8: Ví dụ về xác định góc lệch vật thể	43
Hình 4.9: Lưu đồ xử lý ảnh	44
Hình 4.10: Sơ đồ mạch nguyên lý	45
Hình 4.11 Lưu đồ tổng quát hệ thống điều khiển bởi Rasberry Pi.....	47
Hình 5.1: Chu trình hoạt động.....	48
Hình 5.2: Cấu hình phần cứng	49
Hình 5.3: Cấu hình phần cứng	51
Hình 5.4: Giao diện trong GX Works 2	51
Hình 5.5: Giao diện tạo mới dự án.....	52
Hình 5.6: Kết nối máy tính với PLC	52
Hình 5.7: Kết nối bằng cổng USB	53
Hình 5.8: Parameter Setting	53
Hình 5.9: Thông số cài đặt	54
Hình 5.10: Cài đặt thông số vị trí	55
Hình 5.11: Lưu đồ chương trình PLC	57
Hình 5.12: Chương trình bắt đầu định vị trí.....	57
Hình 5.14: Tìm vị trí bằng phương trình động học thuận trên Matlab	58

Hình 5. 15: Sô xung 3 vị trí của 1 trục	59
Hình 5. 16: Ứng dụng động học nghịch để tính số xung và góc quay của từng trục	60
Hình 5.13: Chỉ lệnh bắt đầu điều khiển vị trí	61
Hình 5.17: Các bước mở Positioning Test	62
Hình 5.18: Cửa sổ Module Selection	62
Hình 5.19: Cửa sổ Positioning Test	63
Hình 5.20: Giao diện chạy JOG	64
Hình 5.21: Thiết lập tham số OPR trong Parameter	64
Hình 5.22: Giao diện chạy OPR	65
Hình 5.23: Chạy chế độ định vị	66
Hình 5.24: Biên dịch chương trình	67
Hình 5.25: Giao diện nạp chương trình vào PLC	68

LỜI CẢM ƠN

Sau bốn năm học tập và rèn luyện dưới mái trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh, chúng em nhận được sự chỉ dạy tận tình và giúp đỡ của các thầy cô. Nhóm muốn bày tỏ sự biết ơn đến quý thầy cô, đặc biệt là các thầy cô trong khoa đào tạo chất lượng cao và khoa cơ khí chế tạo máy đã nhiệt tình hướng dẫn, truyền đạt những kiến thức quý báu trong bốn năm học. Giờ đây, việc hoàn thành khóa luận tốt nghiệp là một bước ngoặt đối với nhóm chúng em. Với tất cả lòng cảm mến, em muốn bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc đến:

Giáo viên hướng dẫn ThS. Võ Lâm Chương, là người trực tiếp hướng dẫn và tận tình chỉ bảo cho nhóm trong suốt quá trình thực hiện đề tài này. Nhóm cảm ơn thầy đã hướng dẫn cách làm bài, đôn đốc và chỉnh sửa bài để đồ án hoàn thành tốt nhất.

Với điều kiện thời gian có hạn cũng như kinh nghiệm còn hạn chế nên bài viết sẽ không tránh khỏi những thiếu sót. Nhóm rất mong nhận được sự chỉ bảo, đóng góp ý kiến của thầy cô để đồ án tốt nghiệp của nhóm được hoàn thiện hơn.

Nhóm xin chân thành cảm ơn!

Nhóm sinh viên thực hiện.

Trần Hữu Long

Bùi Trọng Quý

Hà Công Hiệp

TÓM TẮT

Robot Delta (hay còn gọi là robot song song) nói riêng và robot công nghiệp nói chung được sử dụng ngày càng nhiều trong các nhà máy, dây chuyền sản xuất tự động để thay thế con người. Chúng được dùng cho các ứng dụng gấp thả tốc độ cao như lắp ráp, phân loại sản phẩm với độ chính xác là tuyệt đối... Với nhu cầu tiết kiệm vật liệu và chi phí trong quá trình thiết kế và chế tạo nhưng vẫn đảm bảo được các khả năng làm việc của robot như độ cứng và độ bền.

Với tính ưu việt cao, các robot song song ngày càng thu hút được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi các loại robot trong nhiều lĩnh vực.

Chính vì lý do đó nhóm quyết định chọn đề tài cho đồ án tốt nghiệp: “**Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo robot Delta phân loại sản phẩm**” ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất dùng để vận chuyển các sản phẩm trong dây chuyền.

Trình bày về quá trình nghiên cứu, tính toán và thiết kế, cũng như ứng dụng phương pháp tối ưu hóa hình học để tái thiết kế một phần của cánh tay robot song song. Sản phẩm được thiết kế có khối lượng nhẹ, tốn ít vật liệu hơn nhưng vẫn đảm bảo được đặc tính cơ khí và khả năng làm việc như yêu cầu được đề ra.

Nhóm đã tập trung nghiên cứu về cách sử dụng PLC điều khiển 3 trục động cơ, lấy tín hiệu từ Raspberry Pi gửi về INPUT của PLC để khiển được 3 động cơ của Robot. Sử dụng phương pháp xử lý ảnh dùng camera để nhận dạng màu sắc và góc xoay vật thể.

Nhóm đã nghiên cứu và chế tạo thành công “**Robot Delta 4 trục động cơ**” với chức năng chính là sắp xếp và phân loại sản phẩm từ băng truyền.

Xây dựng với 7 chương chính. Cụ thể:

- Chương 1: TỔNG QUAN
- Chương 2: THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO ROBOT
- Chương 3: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỆN – ĐIỀU KHIỂN
- Chương 4: XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHÂN LOẠI MÀU VÀ XÁC ĐỊNH GÓC LỆCH VÀ ĐIỀU KHIỂN BẰNG RASPBERRY PI
- Chương 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PLC
- Chương 6: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

ABSTRACT

Delta robots (also known as parallel robots) in particular and industrial robots in general are increasingly used in factories and automatic production lines to replace humans. They are used for high-speed pick-and-drop applications such as assembly, product classification with absolute precision... With the need to save materials and costs in the design and manufacturing process but still ensure get the robot's working capabilities such as rigidity and durability.

With their high superiority, parallel robots are attracting more and more scientists to research and widely apply robots in many fields.

For that reason, the team decided to choose the topic for the graduation project: "**Research, design, develop Delta robot prototype for product classification**" applied in production lines used for transportation. transferring products.

Presents the research, calculation and design process, as well as the application of the geometry optimization method to redesign a part of the parallel robot arm. The redesigned product is lighter in weight, uses less material, but still ensures the mechanical properties and workability as required.

The team has focused on researching how to use PLC to control 3 motor axes, take signals from Raspberry Pi 3 and send to INPUT of PLC to control 3 motors of Robot. Using image processing using the camera to identify the color and angle of the object.

The team has successfully researched and manufactured "**Robot Delta 4-axis motor**" with the main function of sorting and classifying products from the conveyor belt.

Ours thesis is written with 7 main chapters:

- Chapter 1: OVERVIEW
- Chapter 2: ROBOT MECHANICAL DESIGN
- Chapter 3: CONSTRUCTION OF OPTICAL ELECTRICAL CONTROL
- Chapter 4: BUILDING COLOR CLASSIFICATION, DIFFERENT ANGELS AND CONTROL WITH RASBERRY PI
- Chapter 5: PLC CONSTRUCTION CONTROL
- Chapter 6: ARGUMENT AND DEVELOPMENT

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về đề tài

1.1.1. Đặt vấn đề

Trong công cuộc quá trình hiện đại cũng công nghiệp hóa, robot góp phần quan trọng trong cuộc cách mạng để phục vụ để mang lại nhiều thành quả giúp ích trong cuộc sống. Với những yêu cầu giảm rủi ro, cân bằng khối lượng công việc trong các nhà máy xí nghiệp, nghiên cứu phục vụ cho nhà khoa học và trong giảng dạy. Cùng với quá trình phát triển robot cho ra nhiều loại robot mới với đặc thù và có tính chất riêng khác nhau phù hợp với nhu cầu cần thiết dần thay thế các loại robot trước đây. Hiện nay robot song song mang cho mình đặc tính vượt trội và thay thế nhiều robot cổ điển với ưu điểm ưu việt hơn.

Để nghiên cứu thiết kế làm ra một con robot rất là tốn kém, với nhu cầu tiết kiệm vật liệu và chi phí trong quá trình thiết kế và chế tạo nhưng vẫn đảm bảo được các khả năng làm việc linh hoạt và bền bỉ của robot. Bài báo trình bày về quá trình nghiên cứu, tính toán và thiết kế, cũng như ứng dụng phương pháp tối ưu hóa hình học để tái thiết kế một phần của cánh tay robot Delta. Sản phẩm được thiết kế lại có khối lượng nhẹ hơn, tốn ít vật liệu hơn nhưng vẫn đảm bảo được đặc tính cơ khí và khả năng làm việc như yêu cầu được đề ra.

1.1.2. Lý do chọn đề tài

Robot Delta (hay còn gọi là robot song song) nói riêng và robot công nghiệp nói chung được sử dụng ngày càng nhiều trong các nhà máy, dây chuyền sản xuất tự động để thay thế con người. Robot song song được dùng cho ứng dụng trong môi trường có nhịp độ sản suất cao, tốc độ làm việc với độ chính xác là tuyệt đối... Với các đặc tính vượt trội so với các robot khác, robot song song có cấu tạo giản kết hợp với kết cấu hình học cho ra kết cấu vững chắc cũng như khối lượng của robot vừa phải. Trong khi vận hành, robot có thể tự do di chuyển linh hoạt trong vùng hoạt động cho phép thao tác phức tạp do tính chất công việc với độ chính xác cao trong môi trường làm việc có nhịp độ lớn có tính liên tục mà có thể đáp ứng được trong một dây truyền sản xuất. Chính vì vậy robot song song cho ra năng suất làm việc cao có thể đáp ứng được nhiều môi trường làm việc, tránh được rủi ro và chi phí nhân công.

Với tính ưu việt cao, các robot song song ngày càng thu hút được nhiều nhà khoa học nghiên cứu, trong giảng dạy cũng như ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.

Chính vì lý do đó nhóm quyết định chọn đề tài cho luận văn tốt nghiệp: **“Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo robot Delta phân loại sản phẩm”** ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất dùng để phân loại sản phẩm trong dây chuyền.

Bài báo trình bày về quá trình nghiên cứu, tính toán và thiết kế, cũng như ứng dụng phương pháp tối ưu hóa hình học để tái thiết kế một phần của cánh tay robot song song. Sản phẩm được thiết kế có khối lượng nhẹ, tốn ít vật liệu nhưng vẫn đảm bảo được đặc tính cơ khí và khả năng làm việc như yêu cầu được đề ra.

1.1.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Đề tài mang nhiều ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

- Tạo tiền đề cho việc chế tạo các robot Delta ứng dụng vào thực tế: thiết bị gia công các biên dạng bề mặt phức tạp, tạo biên dạng theo đường cong bất kỳ, robot lắp ráp sản phẩm trong các hệ thống sản xuất linh hoạt, robot nâng chuyển....
- Góp phần xây dựng mô hình dạy học về điều khiển tự động đối với Robot công nghiệp tại các trường Cao đẳng và Đại học.

1.1.4. Phạm vi nghiên cứu của đề tài

- Tìm hiểu khái quát về robot Delta.
- Tính toán thông số, thiết kế và chế tạo robot.
- Xây dựng chương trình điều khiển robot trên PLC và thuật toán phân loại sản phẩm.

1.1.5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài kết hợp nghiên cứu giữa phương pháp lý thuyết và thực nghiệm:

- + Nghiên cứu lý thuyết:

- Tổng hợp tài liệu về tính toán động học thuận và ngược của robot Delta, từ đó xây dựng thuật toán giải bài toán động học thuận và động học ngược
 - Tính toán thiết kế mô hình cơ khí cho robot đảm bảo độ chính xác và độ cứng vững cần thiết, đáp ứng nhu cầu điều khiển chính xác.
 - Tìm hiểu các phương pháp điều khiển, lựa chọn mạch điều khiển, xây dựng thuật toán và chương trình điều khiển.
- + Nghiên cứu thực nghiệm: Chế tạo mô hình thực nghiệm robot Delta và điều khiển thực hiện các công việc yêu cầu.

1.2. Tình hình phát triển trong và ngoài nước

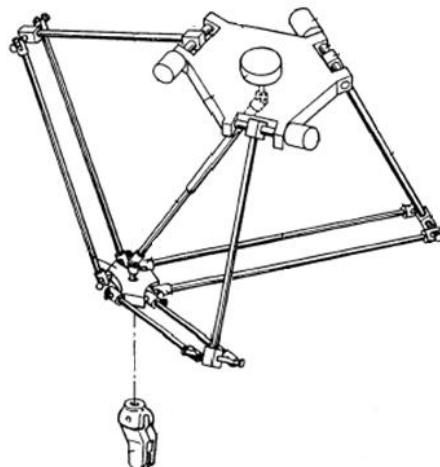
1.2.1. Ngoài nước

Robot song song sử dụng cơ cấu Delta được các nhà khoa học nghiên cứu chế tạo và phát triển từ giữa thế kỷ XX. Đặc biệt là các nhà khoa học tiên phong trong việc nghiên cứu cơ cấu robot là: Willard L. Polard, Eric Gough, Stewart, Klaus Cappel, Reymind Cakavel.

Robot Delta lần đầu được chế tạo vào tháng 1 năm 1986 bởi Reymond Clavel (giáo sư của Đại học EPFL) và nhóm ông. Vào đầu thập niên 80, trong một chuyến thăm nhà máy chế biến sô-cô-la để tìm kiếm các thao tác lao động liên tục lặp đi lặp lại cho việc áp dụng chế tạo robot, họ nhận thấy quy trình đóng gói sô-cô-la là một khởi đầu lý tưởng. Reymond Clavel đã nảy ra một ý tưởng độc đáo là sử dụng cơ cấu hình bình hành để tạo ra một robot song song có ba bậc tự do tịnh tiến và một bậc tự do quay ở băng sáng chế Hoa Kỳ số 4,976,582 (hình 1.1). 6 tháng sau chuyến đi, họ đã cho ra một nguyên mẫu Robot với hình dáng như con nhện với trọng lượng nhẹ và tốc độ cao đầu tiên tại EPFL. Hai năm sau đó, Robot Delta được công nghiệp hóa và thương mại hóa trên toàn thế giới. Năm 1999, tiến sĩ Clavel đã nhận được giải thưởng Golden Robot Award được tài trợ bởi ABB Flexible Automation, để tôn vinh những hoạt động sáng tạo của ông về robot song song Delta.

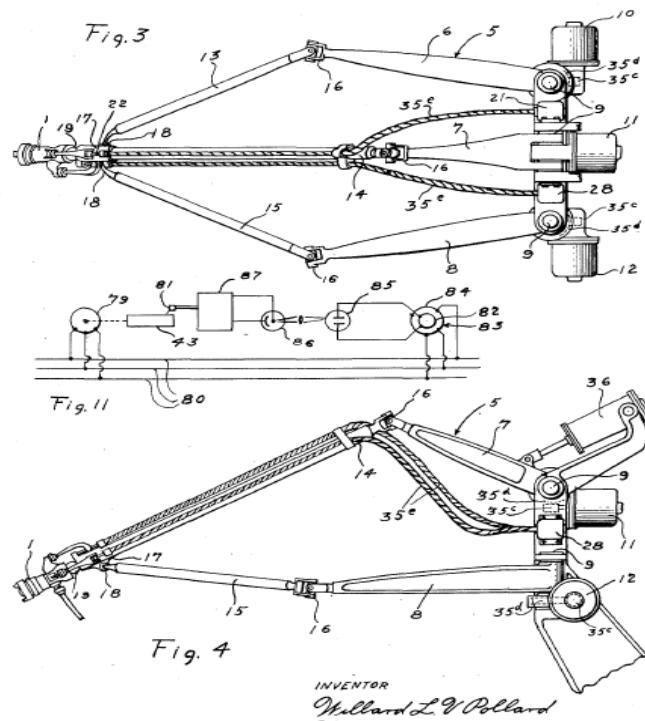
Ý tưởng căn bản của thiết kế robot Delta là sử dụng các hình bình hành. Các hình bình hành cho phép khâu ra duy trì một hướng cố định tương ứng với khâu vào. Việc sử dụng ba hình bình hành hoàn toàn giữ chặt hướng của bệ di động duy trì chỉ với ba bậc tự do tịnh tiến. Các khâu vào của 3 hình bình hành được gắn với các cánh tay quay bằng các khớp quay. Các khớp quay của tay quay được truyền động theo 2 cách: hoặc sử dụng các động cơ quay (DC hoặc AC servo), hoặc bằng

các bộ tác động tuyến tính. Cuối cùng, cánh tay thứ tư được dùng để truyền chuyển động quay từ đế đến khâu tác động cuối gắn trên tấm dịch chuyển.



Hình 1.1: Cơ cấu robot Delta

June 16, 1942. W. L. V. POLLARD 2,286,571
 POSITION CONTROLLING APPARATUS
 Original Filed April 22, 1938 4 Sheets-Sheet 2



Hình 1.2: Mô hình robot song song của Willard L. Polard được đăng ký bản quyền đầu tiên vào năm 1942.

Việc sử dụng các bộ tác động gắn trên đế và các khâu có khối lượng nhẹ cho phép tầm dịch chuyển đạt được gia tốc lên đến 50 G trong phòng thí nghiệm và 12 G trong các ứng dụng công nghiệp. Chính điều này làm cho robot Delta trở thành một ứng cử viên sáng giá cho các hoạt động gấp – đặt đối với các đối tượng nhẹ. Vùng làm việc của nó là sự giao nhau của 3 đường gờ tròn, nhưng robot Delta trên thị trường có thể hoạt động trong vùng làm việc hình trụ với đường kính là 1 m và có chiều cao là 0,2 m. Vào năm 1983 khi mà hai anh em người Thụy Sĩ là marc-Olivier và Pascal Demaurex thành lập công ty Demaurex đóng tại Romanel-sur-Lausanne, Thụy Sĩ. Năm 1987, họ mua giấy phép sử dụng bản quyền robot Delta và đặt ra mục tiêu chính là thương mại hóa robot này vào ngành công nghiệp đóng gói. Sau vài năm, Demaurex đã thành công trong việc giữ vai trò trọng yếu trong thị trường mới mẻ đầy khó khăn này. Và họ cũng đã tiến hành một vài cải tiến sản phẩm của họ. Bốn phiên bản khác cũng đã được đưa ra thị trường với tên gọi là Pack-Placer, Line-Placer, Top-Placer và Presto. Đến thời điểm hiện nay, Demaurex tuyên bố đã bán được hơn 500 robot Delta trên toàn thế giới (Hình 1.3).



Hình 1.3: Robot Delta của hãng Hitachi Seiki thực hiện chức năng nâng - đặt và khoan.

Khi mới bắt đầu Công ty Demaurex sản xuất robot Delta cỡ nhỏ từ những nghiên cứu của EPFL còn có Công ty DeeMed sản xuất robot Delta dùng để nâng đỡ kính hiển vi có khối lượng lớn (20 kg), sản phẩm này có tên gọi là SurgiScope (Hình 1.4), Công ty ABB sản xuất robot Delta với các kích cỡ lớn. và hiện nay Công ty Demaurex đã bắt tay sản xuất robot có kích cỡ lớn hơn (khoảng từ 1.200 mm trở lên). Ngoài ra còn có Công ty Đức GROB-Werke sản xuất TRIAGLIDE 5g, và Mikron

Technology Group sản xuất robot Triaglide, cả 2 robot này đều là loại robot Delta được trang bị động cơ tuyến tính.



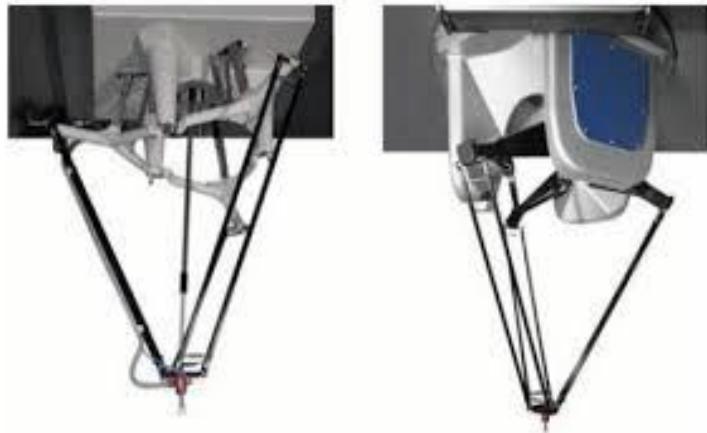
Hình 1.4: SurgiScope vận hành tại Surgical Robotics lab, Đại học Humboldt, Berlin.



Hình 1.5: Demaurex's Line-Placer để đóng gói trong công nghiệp bánh.

Demaurex đã bán giấy phép tới công ty Nhật Bản Hitachi Seiki cho việc sản xuất các robot Delta nhỏ hơn để cho máy khoan (Hình 1.5). Trong thực tế, công ty Hitachi Seiki đại diện cho Demaurex ở Nhật Bản.

Gần đây, 3 robot Delta khác cũng đã được SIG Pack Systems giới thiệu là do Demaurex sản xuất và CE33 do SIG Pack Systems sản xuất (hình 1.6).



Hình 1.6: Hai trong ba robot được SIGPack Systems giới thiệu, mã C33 và mã CE33.

1.2.2. Trong nước

Đánh giá tình hình nghiên cứu trong nước: Qua tổng hợp những công bố nghiên cứu và triển khai trong nước hiện nay về robot song song, nhóm nghiên cứu thấy rằng với robot song song dạng 6 chân hexapod được nghiên cứu khá nhiều và được công bố khá rộng rãi trong và ngoài nước, tuy nhiên có thể nhận thấy đều là robot song song thực hiện các tác vụ như máy gia công CNC với quá trình điều khiển phức tạp, chứ không phải là thực hiện các tác vụ như gấp nhặt, đặt vật. Về robot dạng song song ứng dụng cho việc gấp, đặt vật chưa có đơn vị nghiên cứu nào quan tâm giải quyết những vấn đề rất cơ bản trong tính toán thiết kế hệ thống, xác định các thông số cấu trúc và động học tối ưu cho hệ thống được thực hiện. Và gần đây vào năm 2012, Công ty Tosy có đưa ra thông tin về robot song song (Hình 1.7), tuy nhiên nhóm nghiên cứu không thể nào xác định được các thông số và thông tin về robot này do đó khó mà có thể so sánh hay đối chiếu được những gì mà nghiên cứu này đã làm được. Ngoài ra ở các trường đại học, cũng có những nghiên cứu mang tính rời rạc về robot dạng Delta, tuy nhiên chưa đáp ứng được yêu cầu về mức độ học

Do đó, việc làm chủ công nghệ, tiếp cận cùng với ứng dụng những công nghệ mới, hiện đại vào việc nghiên cứu robot vào trong các dây chuyền sản xuất và chế biến thực phẩm là việc làm khá cần thiết hiện nay của các nhà khoa học, làm sao ứng dụng những công nghệ mới và tiên tiến để giảm giá thành sản phẩm, tăng năng suất, hiệu quả, chất lượng, an toàn là việc làm cấp thiết hiện nay. Việc tăng năng suất, tăng hiệu quả và giảm giá thành là yếu tố sống còn của doanh

nghiệp cùng với ứng dụng công nghệ mới là bước đi cần thiết của các doanh nghiệp sản xuất trong nước nếu muốn bước ra khỏi biên giới Việt Nam. Một trong những công nghệ mới nhằm tăng hiệu quả, tăng năng suất, cải tiến chất lượng và giảm giá thành là việc ứng dụng tự động hóa vào trong công nghiệp, đặc biệt là công nghiệp sản xuất thực phẩm khi nó đòi hỏi vệ sinh an toàn thực phẩm cho người sử dụng. Từ trước tới nay tại Việt Nam hầu như chưa có đơn vị nào ứng dụng robot vào quá trình sản xuất thực phẩm do giá thành cao từ việc nhập khẩu thiết bị của nước ngoài. Việc ứng dụng robot vào trong các dây chuyền sản xuất là yếu tố quan trọng cho sự phát triển thị trường của các doanh nghiệp.



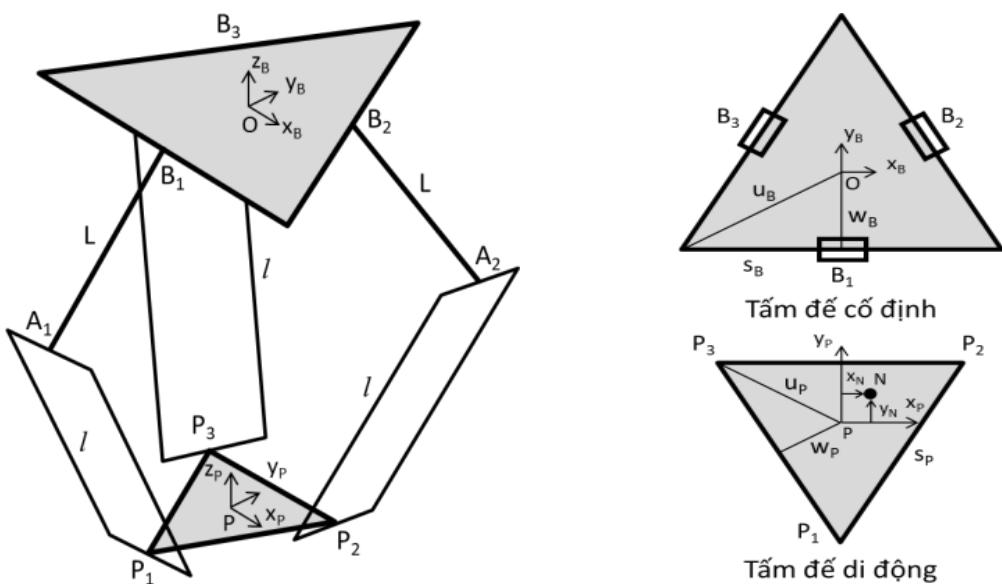
Hình 1.7: Robot song song 3 bậc tự do hãng Tosy.

Hiện nay, các ứng dụng về robot trong công nghiệp sản xuất thực phẩm ở nước ta còn rất ít. Nguyên nhân là các thiết bị này đều là ngoại nhập nên khá đắt (robot IRB 360/1 FLEX PICKER ROBOT 3 bậc tự do giá tới trên 500 triệu). Vì vậy, việc đầu tư cho các dây chuyền sản xuất với những robot loại này thì không phải là vấn đề dễ giải quyết, trong khi không có đơn vị nào trong nước tổ chức nghiên cứu, thiết kế các thiết bị loại này phù hợp với yêu cầu sản xuất đặc thù trong nước. Có thể nói, vấn đề thiết kế, chế tạo tay máy song song trong nước còn khá mới lạ. Do đó, việc thiết kế chế tạo tay máy song song phục vụ trong các dây chuyền sản xuất thực phẩm trong nước là rất cần thiết do chưa có đơn vị nghiên cứu và thực hiện.

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO ROBOT

2.1. Mô hình hóa Robot

Để thuận tiện cho các phần sau, ta sẽ sử dụng lại mô hình hóa đã được xây dựng bởi Williams [3] (Hình 2.1). Robot Delta gồm 3 cánh tay được liên kết với nhau thông qua các khớp nhằm duy trì chuyển động của tâm đế di động luôn song song với tâm đế cố định, mỗi cánh tay gồm một trục xoay (Revolute joint) là khớp dẫn động (đặt tại các điểm B_i với $i = 1, 2, 3$) và hai khớp các đăng (Universal joint) là hai khớp gắn với cơ cấu hình bình hành (đặt tại các điểm A_i và P_i với $i = 1, 2, 3$), hệ tọa độ $\{B\}$ gắn với tâm đế cố định và hệ $\{P\}$ gắn với tâm đế di động; các biến khớp là $\theta = [\theta_1, \theta_2, \theta_3]^T$, tọa độ điểm P trong hệ tọa độ $\{B\}$ là $B_P = [x \ y \ z]^T$.



Hình 2.1: Các thông số hình học của robot Delta [2]

Bảng 2.1: Ý nghĩa các thông số hình học của robot Delta

Kí hiệu	Ý nghĩa
P_i	điểm nối giữa cánh tay hình bình hành và tâm đế di động ($i = 1, 2, 3$)
s_B	chiều dài cạnh tam giác đều tâm đế cố định
w_B	khoảng cách từ tâm O đến cạnh của tâm đế cố định
u_B	khoảng cách từ tâm O đến đỉnh của tâm đế cố định
s_P	chiều dài cạnh tam giác đều tâm đế di động

w_P	khoảng cách từ tâm P đến cạnh của tám đế di động
u_P	khoảng cách từ tâm P đến đỉnh P_i ($i = 1,2,3$) của tám đế di động
L	chiều dài cánh tay $B_i A_i$ ($i = 1,2,3$)
l	chiều dài của mỗi cánh tay hình bình hành

2.2. Các phương án thiết kế

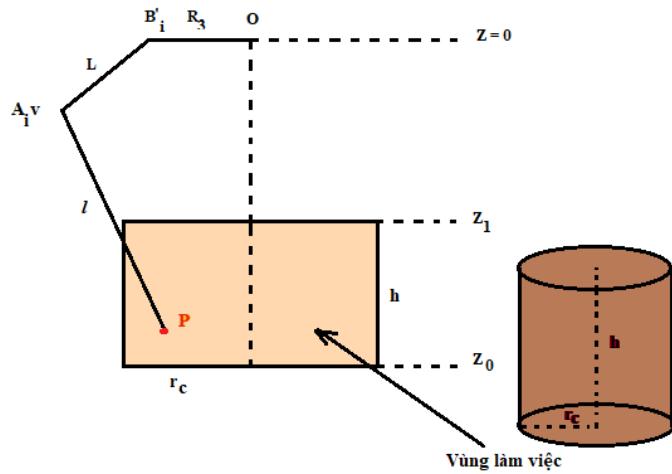
Với yêu cầu thiết kế robot Delta hoạt động trong vùng làm việc cho trước. Cùng với đó phải đảm bảo về sự nhỏ gọn để tránh chiếm quá nhiều diện tích, nhóm đã tham khảo nhiều phương pháp khác nhau. Trong đó, nhóm tác giả Liu và các cộng sự [2] đã đề ra mười vùng làm việc bao gồm $I_a, I_b, II_a, II_b, II_c, II_d, II_e, II_f, III_a, III_b$. Thông qua mô phỏng trên phần mềm SolidWorks, nhóm tác giả xác định bốn vùng I_b, II_e, II_f, III_b có diện tích vùng hoạt động lớn hơn các vùng còn lại và tìm ra hệ bất phương trình (2.1).

$$\begin{aligned}
 &Ib \left\{ \begin{array}{l} 1,5 < r_1 < 3 \\ 0 < r_2 < 1,5 \\ 0 \leq |r_3| < 0,75 \\ r_1 > r_2 \geq 3 \end{array} \right. & IIe \left\{ \begin{array}{l} 0,75 < r_1 < 1,5 \\ 1 < r_2 < 1,5 \\ 0 < |r_3| < 1 \\ r_2 > r_1 \geq |r_3| \\ r_1 = |r_3| = 0,75; r_2 = 1,5 \end{array} \right. \\
 &IIf \left\{ \begin{array}{l} 1 < r_1 \leq 1,5 \\ 0,75 < r_2 < 1,5 \\ 0 < |r_3| < 1 \\ r_1 \geq r_2 > |r_3| \\ r_1 = r_2 = 1,5; |r_3| = 0 \end{array} \right. & IIIb \left\{ \begin{array}{l} 0 < r_1 < 1,5 \\ 1,5 \leq r_2 < 3 \\ 0 \leq |r_3| < 0,75 \\ r_2 > r_1 \geq |r_3| \end{array} \right.
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Trong đó:

$$r_1 = \frac{L}{D} \quad r_2 = \frac{l}{D} \quad R_3 = w_B - u_P \quad r_3 = \frac{R_3}{D} \quad D = \frac{L+l+|R_3|}{3}$$

Vùng làm việc của robot Delta được mô tả ở hình 2.2. Trong đó, vùng làm việc của robot được mô tả bằng hình trụ tròn bao gồm hai thông số là bán kính đường tròn đáy r_c và chiều cao h . Hình trụ có giới hạn trên và dưới lần lượt là hai mặt phẳng là z_1 và z_0 với $z_1 > z_0$.



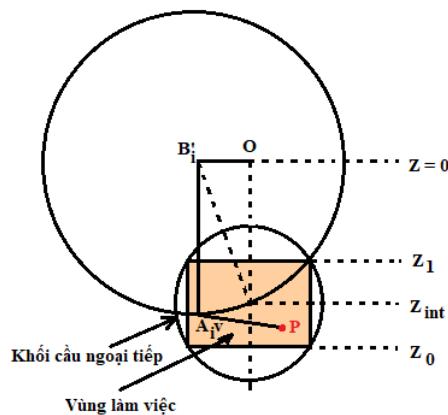
Hình 2.2: Xem vùng hoạt động có dạng hình trụ tròn

Sau khi xác định các bất phương trình (2.1) của vùng hoạt động, nhiệm vụ của bài toán thiết kế là tìm các kích thước l , L , R_3 sao cho tối ưu và thỏa mãn các vùng làm việc cho ở trên và hai thông số gần nhau nhất thỏa mãn:

$$\begin{aligned} r_{1i+1} &= r_{1i} + 0,1 \\ r_{2i+1} &= r_{2i} + 0,1 \\ |r_{3i+1}| &= |r_{3i}| + 0,1 \end{aligned} \quad (2.2)$$

2.2.1. Phương án thiết kế 1

Theo nhóm tác giả Lê Xuân Hoàng, Lê Hoài Nam [1] đề xuất phương án thiết kế 1 với tâm khối cầu ngoại tiếp trùng tâm hình trụ với các kích thước r_c và h được cho trước.



Hình 2.3: Phương án thiết kế 1

Sau khi lập bảng các tham số thiết kế, có thể xác định

- Bán kính khối cầu ngoại tiếp: $l = \sqrt{(\frac{h}{2})^2 + r_c^2}$ (2.3)

- Giá trị trung bình D : $D = \frac{l}{r_2}$ (2.4)

- Lập bảng các kích thước còn lại: $L = r_1 \times D$; $|R_3| = r_3 \times D$ (2.5)

- Xác định z_1 : $z_1 = z_{int} + \frac{h}{2}$ (2.6)

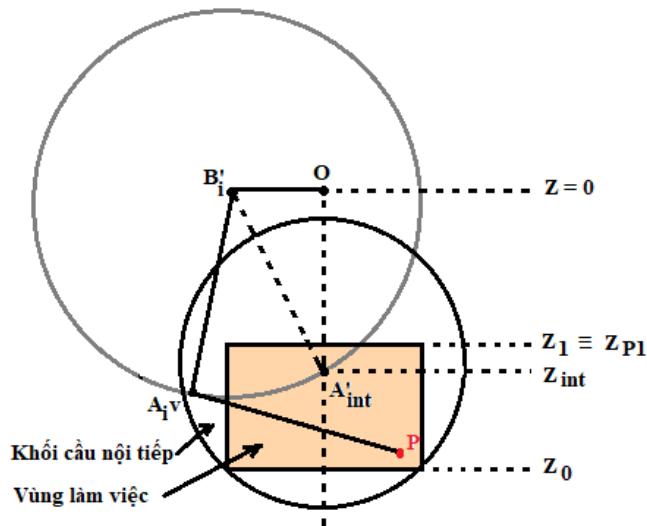
- $Z_{int} = -\sqrt{L^2 - R_3^2}$ (2.7)

Với z_{int} là tọa độ trục z của điểm A_{iv} khi nằm trên trục z

Chọn các kích thước thỏa mãn điều kiện $z_1 \leq z_{p1}$. Kích thước L không quá lớn gây ảnh hưởng đến truyền động. Chọn z_1 thích hợp để có không gian cho các cơ cấu gá.

2.2.2. Phương án thiết kế 2

Phương án thiết kế 2 như trong trình bày của nhóm tác giả Lê Xuân Hoàng, Lê Hoài Nam [1] sẽ cho trước 3 thông số r_c , h , z_1 . Tìm kích thước tối ưu L , l , R_3 . Chọn mặt phẳng z_{p1} trùng với mặt phẳng z_1 . Phương án này chỉ áp dụng cho vùng II_e, III_b (Hình 2.4).



Hình 2.4: Phương án thiết kế 2

Sau khi lập bảng các tham số thiết kế, có thể xác định

- Tính giá trị trung bình D: $D = \frac{l-L}{r_2-r_1} = \frac{-z_{p1}}{r_2-r_1}$ (2.8)

- Lập bảng các kích thước L = $r_1 \times D$; $l = r_2 \times D$; $|R_3| = r_3 \times D$ (2.9)

$$\bullet z_{p1} = L - l \quad (2.10)$$

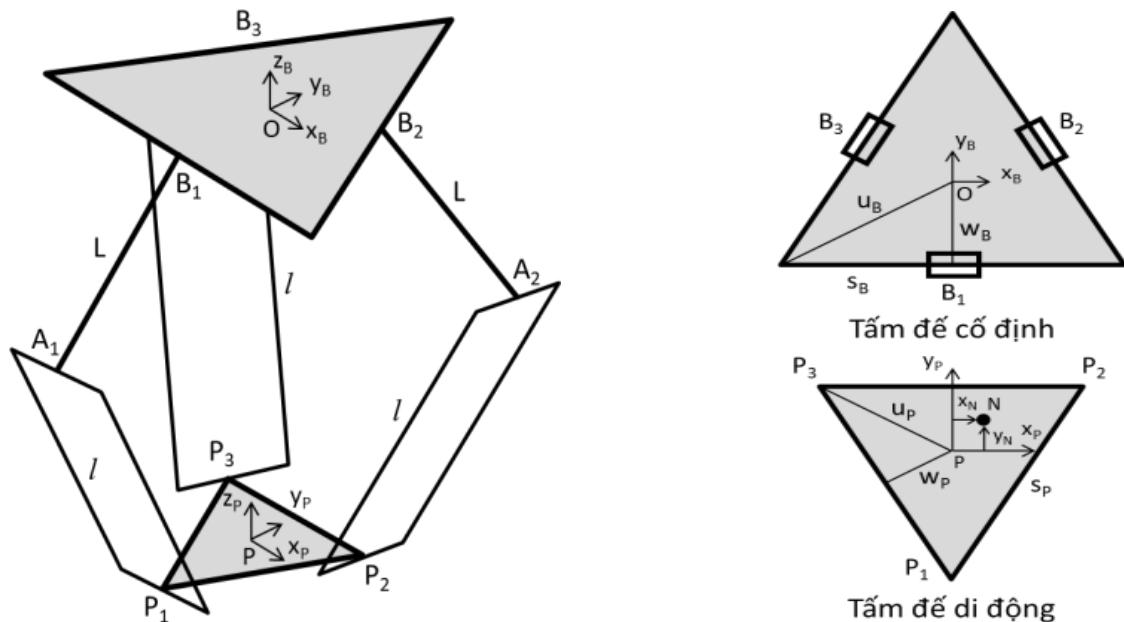
Để hình trụ chiếm thể tích lớn nhất của phần còn lại của khối cầu nội tiếp, hình trụ phải có z_1 trùng với mặt phẳng z_{p1} , đồng thời đường tròn đáy phải tiếp xúc với mặt cầu nội tiếp lớn nhất, điều kiện l phải gần với giá trị l_t tối ưu.

$$lt = \sqrt{r_c^2 + (z_1 - h - z_{int})^2} \quad (2.11)$$

Với yêu cầu vùng hoạt động hình trụ có kích thước bán kính đáy $r_c = 30$ cm và chiều cao $h = 15$ cm. Qua thử nghiệm tính toán, nhóm đã đến kết luận sử dụng phương án thiết kế 2 trong vùng III_b với $L = 28,57$ cm ≈ 30 cm, $l = 48,57$ cm ≈ 50 cm và $R_3 = 8,57$.

2.3. Động học robot Delta

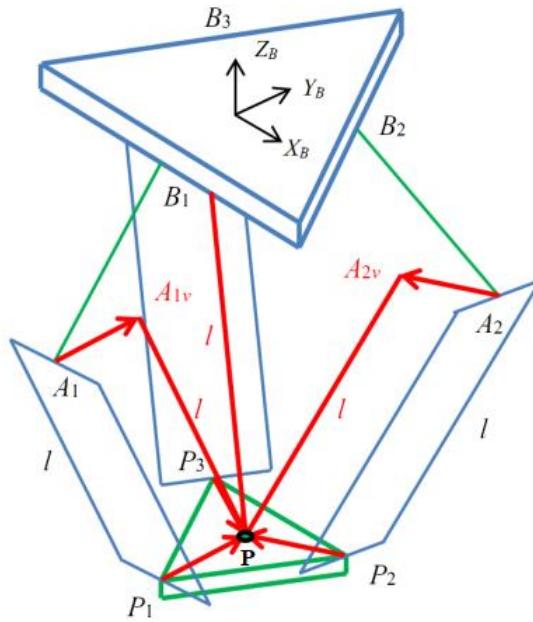
Để điều khiển chuyển động của robot Delta, việc thiết lập các phương trình động học là điều cần thiết để robot có thể di chuyển theo mong muốn. Với phạm vi của đề tài là nghiên cứu, thiết kế và robot Delta, nhóm sẽ trích dẫn kết quả từ nghiên cứu của L.Williams [3].



Hình 2.5: Sơ đồ động học robot Delta

2.3.1 Động học thuận

Phương trình động học thuận cung cấp cho chúng ta biết với góc quay 3 trực động cơ ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$) sẽ xác định được vị trí robot $\mathbf{P} = (x, y, z)$. Gọi A_{iv} với $i = 1, 2, 3$ là các tâm mặt cầu ảo. Do đó, điểm \mathbf{P} có thể xác định bởi điểm giao của các mặt cầu ảo như hình dưới.



Hình 2.6: Sơ đồ robot Delta

Tâm của các mặt cầu ảo được xác định như sau [3]:

$$\begin{aligned}
 B_{A_1v} &= \begin{cases} 0 \\ -w_B - L\cos\theta_1 + u_p \\ -L\sin\theta_1 \end{cases} \\
 B_{A_2v} &= \begin{cases} \frac{\sqrt{3}}{2}(w_B + L\cos\theta_2) - \frac{s_p}{2} \\ \frac{1}{2}(w_B + L\cos\theta_2) - w_p \\ -L\sin\theta_2 \end{cases} \\
 B_{A_3v} &= \begin{cases} -\frac{\sqrt{3}}{2}(w_B + L\cos\theta_3) + \frac{s_p}{2} \\ \frac{1}{2}(w_B + L\cos\theta_3) - w_p \\ -L\sin\theta_3 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Gọi ba mặt cầu ảo là (c_i, r_i) với tâm $c_i = (x_i, y_i, z_i)$. Vì tất cả các chiều cao tâm mặt cầu z đều bằng nhau nên ta có $z_1 = z_2 = z_3 = z_n$. Ta có phương trình ba mặt cầu như sau:

$$\begin{aligned}
 (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_n)^2 &= r_1^2 \\
 (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_n)^2 &= r_2^2 \\
 (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_n)^2 &= r_3^2
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

Gọi:

$$a = 2(x_3 - x_1)$$

$$b = 2(y_3 - y_1)$$

$$c = r_1^2 - r_3^2 - x_1^2 - y_1^2 + x_3^2 + y_3^2$$

$$d = 2(x_3 - x_2)$$

$$e = 2(y_3 - y_2)$$

$$f = r_2^2 - r_3^2 - x_2^2 - y_2^2 + x_3^2 + y_3^2$$

$$A = 1$$

$$B = -2z_n$$

$$C = z_n^2 - r_1^2 + (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2$$

Ta xác định được ba tọa độ x, y, z như sau:

$$\begin{aligned} x &= \frac{ce - bf}{ae - bd} \\ y &= \frac{af - cd}{ae - bd} \\ z &= \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2} \end{aligned} \tag{2.14}$$

Tọa độ z có 2 nghiệm vì có dấu \pm . Vì robot luôn nằm dưới tầm để cố định vậy nên ta luôn lựa chọn nghiệm z âm.

2.3.1. Động học nghịch

Phương trình động học nghịch là phương trình cho biết ba góc quay cần thiết ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$) của 3 trục động cơ để robot di chuyển tới vị trí đặt trước $\mathbf{P} = (x, y, z)$. Theo L.Williams [3], để giải bài toán động học nghịch thì ta cần đi tìm nghiệm của phương trình:

$$E_i \cos \theta_i + F_i \sin \theta_i + G_i = 0 \quad i = 1, 2, 3 \tag{2.15}$$

Trong đó:

$$E_1 = 2L(y + a)$$

$$F_1 = 2zL$$

$$G_1 = x^2 + y^2 + z^2 + a^2 + L^2 + 2ya - l^2$$

$$E_2 = -L(\sqrt{3}(x + b) + y + c)$$

$$F_2 = 2zL$$

$$G_2 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(xb + yc) - l^2$$

$$E_3 = -L(\sqrt{3}(x - b) - y - c)$$

$$F_3 = 2zL$$

$$G_3 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(-xb + yc) - l^2$$

$$a = w_B - u_P$$

$$b = \frac{s_P}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} w_B$$

$$c = w_P - \frac{w_B}{2}$$

$$\text{Nếu gọi: } t_i = \tan \frac{\theta_i}{2} \quad \text{ta có: } \cos \theta_i = \frac{1 - t_i^2}{1 + t_i^2} \text{ và } \sin \theta_i = \frac{2t_i}{1 + t_i^2}$$

Ta có thể viết lại phương trình (2.15) như sau:

$$E_i \cdot \frac{1 - t_i^2}{1 + t_i^2} + F_i \cdot \frac{2t_i}{1 + t_i^2} + G_i = 0 \quad (2.16)$$

$$\Rightarrow t_i = \frac{-F_i \pm \sqrt{E_i^2 + F_i^2 - G_i^2}}{G_i - E_i} \quad (2.17)$$

Phương trình (2.17) có 2 nghiệm vì có dấu ±. Cả 2 nghiệm đều hợp lệ và từ (2.17) ta có thể xác định góc quay $\theta_i = 2 \tan^{-1}(t_i)$ với $i = 1, 2, 3$

2.4. Lựa chọn cơ cấu truyền động cho Robot

Với phương án chuyển động tối ưu của robot đã được chọn như trên, ta cần có ba động cơ tạo chuyển động quay các khớp quay cánh trên cùng.

Việc cho phép truyền động trực tiếp từ động cơ qua cánh tay thì không có được momen phù hợp cho việc chuyển động và vận hành của robot. Chính vì thế ta cần có một bộ giảm tốc phù hợp cho mỗi động cơ nhằm tăng momen cho cánh tay, nhưng chính vì thế cũng sẽ làm giảm tốc độ của robot, đổi lại điều đó việc điều khiển robot sẽ dễ dàng hơn, tránh được phản lực tác động trực tiếp lên động cơ và nhằm bảo vệ tuổi thọ động cơ.

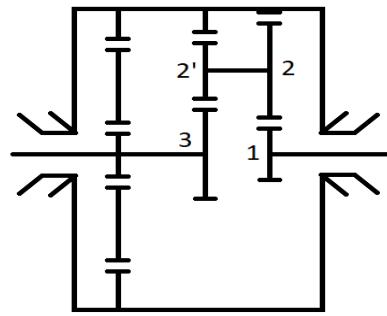
Hộp giảm tốc được sử dụng ở các cánh tay có sơ đồ nguyên lý của một hệ thống bánh răng thông thường có được tỉ số truyền mong muốn của cả hộp số như hình 2.7 là:

$$\mu_{13} = (-1)^k \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2}, \quad (2.18)$$

Với :

k: là số cặp bánh răng ăn khớp ngoài

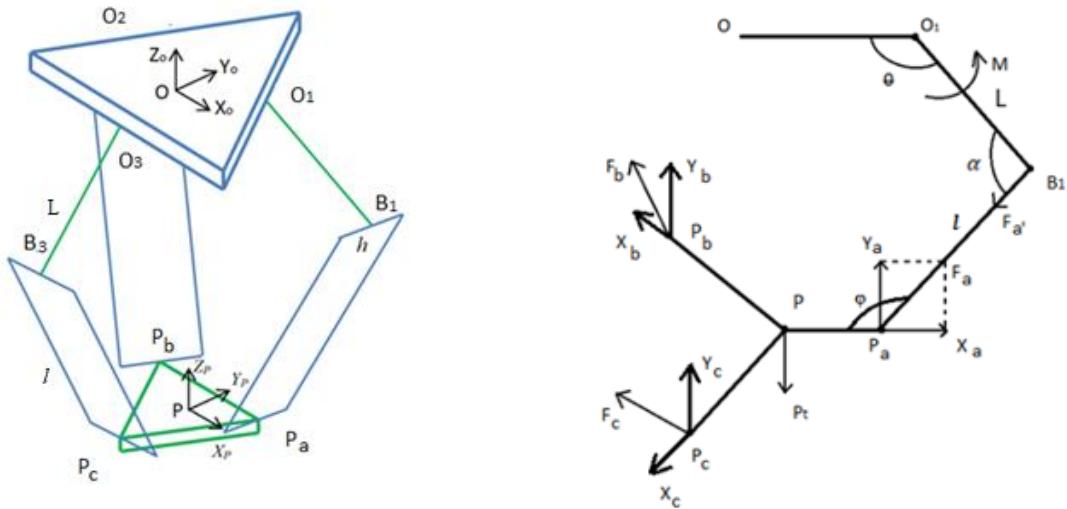
z_2, z_3, z_1, z_2' : là kí hiệu số răng của các bánh răng tương ứng như hình 2.7.



Hình 2.7: Nguyên lý của hộp giảm tốc động cơ cho mỗi cánh tay

2.5. Tính toán chọn động cơ và thông số của bộ truyền

Lực tử tải trọng tác dụng lên phần cánh tay $O_1A_1P_1$ như hình 2.8.



Trong đó :

Hình 2.8: Lực do tải trọng tác dụng vào robot.

M là momen động cơ

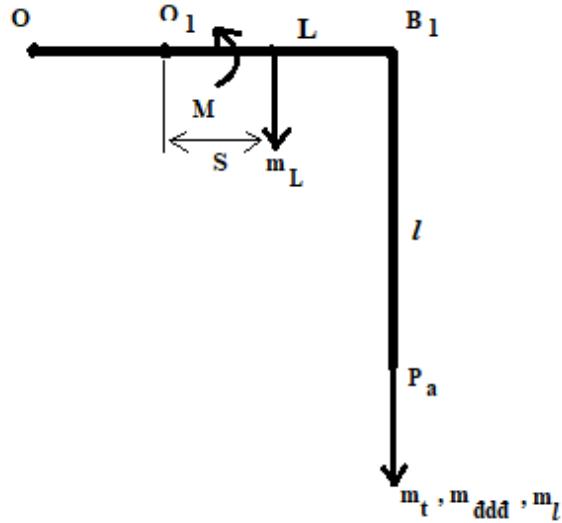
F_a, F_b, F_c là lực động từ các cánh tay lên để di động

F_a , là phản lực liên kết của để di động với cánh tay robot

P_t là trọng lượng của tải

Y_a, X_a là thành phần lực F_1 theo phương đứng và phương ngang

Với khối lượng tải lớn nhất mà robot có thể nâng là 1kg \Rightarrow khối lượng lớn nhất trên mỗi cánh tay là 1kg (Hình 2.9)



Hình 2.9: Trường hợp chịu tải lớn nhất trên mỗi cánh tay

Với phân tích lực cho trường hợp cánh tay chịu lực lớn nhất như hình 2.9, ta có thể xác định momen động cơ M trong trường hợp tĩnh như sau:

$$\begin{aligned} M &= (m_t + m_{\text{đđđ}} + m_l) \cdot g \cdot L + m_L \cdot g \cdot S \\ &= (1 + 0,2 + 0,3) \cdot 9,8 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 9,8 \cdot 0,13 = 4,79 \text{ N.m} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Trong đó:

m_t là khối lượng tải. $m_t = 1\text{kg}$

$m_{\text{đđđ}}$ là khối lượng tâm đế di động. $m_{\text{đđđ}} = 200\text{g}$

g là gia tốc trọng trường. $g = 10 \text{ m/s}^2$

m_l là khối lượng cánh tay l . $m_l = 300\text{g}$

m_L là khối lượng cánh tay L . $m_L = 300\text{g}$

S là khoảng cách từ trục động cơ tới trọng tâm cánh tay L . $S = 130\text{mm}$

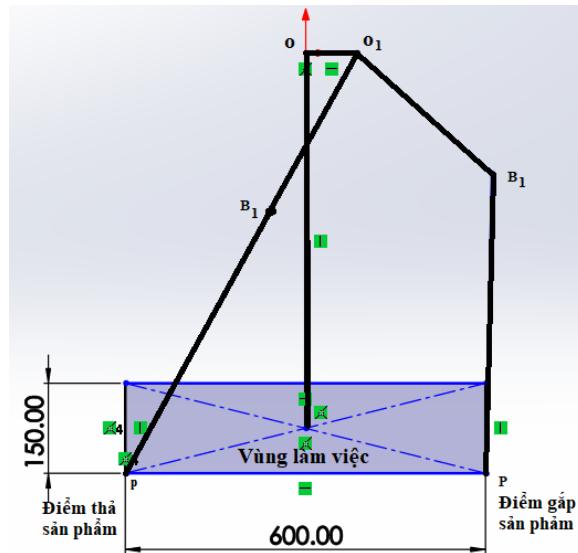
Xét trường hợp robot gấp thả sản phẩm ở vị trí biên của vùng làm việc, khi này tốc độ gấp thả là chậm nhất (Hình 2.10).

Ta có thể tìm ra góc quay biến thiên của trục động cơ từ đó tìm ra tốc độ động cơ cần thiết. Gọi $\Delta\theta$ là góc quay biến thiên khi robot gấp thả sản phẩm tại biên, thông qua mô phỏng 2D trên phần mềm SolidWorks, ta xác định được $\Delta\theta = 138^\circ$. Với yêu cầu tốc độ gấp thả sản phẩm tối đa là 60 sản phẩm trong 1 phút, do đó 1 chu kỳ gấp thả sản phẩm là 1s.

=> Tốc độ quay trung bình của động cơ là:

$$v = \frac{2\Delta\theta}{360.t} \cdot 60 = \frac{2.138}{360.1} \cdot 60 = 46 RPM \quad (2.20)$$

Vậy động cơ phải có momen tối thiểu là $M = 4,79 N.m$ và vận tốc tối thiểu là 46 RPM.



Hình 2.10: Robot gấp thả tại vị trí biên

$$\text{Công suất tối thiểu: } P = M \cdot \omega = M \cdot \frac{v}{60} \cdot 2\pi = 4,79 \cdot \frac{46}{60} \cdot 2\pi \approx 23 W \quad (2.21)$$

Nếu truyền động trực tiếp từ động cơ tới cánh tay L sẽ không có được momen phù hợp nên ta cần 1 bộ hộp giảm tốc để tăng momen quay đồng thời giảm vận tốc động cơ để tăng khả năng điều khiển chính xác.

Với hiệu suất chung của chuyển động bánh răng $\eta_{hs} = 0,9$

=> Công suất cần thiết của động cơ là

$$P_{ct} = \frac{P}{0,9} = \frac{23}{0,9} \approx 26 W \quad (2.22)$$

Qua tìm hiểu các loại động cơ AC servo các hãng sản xuất trên thị trường, thì động cơ AC Servo Panasonic Minas A4 có công suất 100W, momen là 0,95 N.m và tốc độ 3000 RPM (Hình 2.11) là nhỏ nhất và đảm bảo thỏa mãn với thông số động cơ như đã tính.



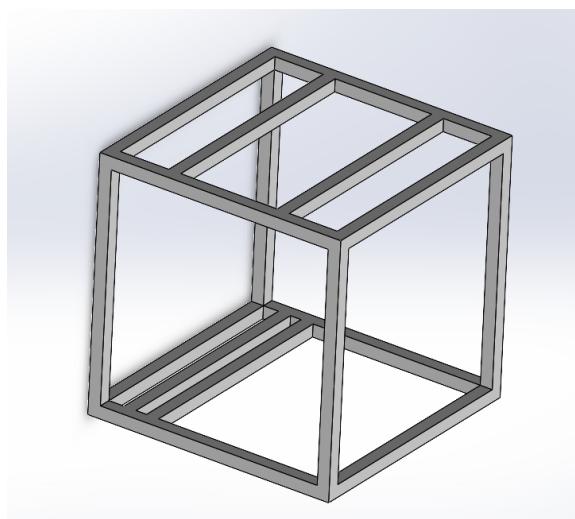
Hình 2.11: Động cơ AC Servo Panasonic Minas A4

Với momen lớn nhất của động cơ là 0,95 N.m và momen tính toán là 4,79 N.m thì ta cần hộp số có tỉ số truyền nhỏ nhất là $\frac{0,95}{4,79} \approx 5$. Qua khảo sát các loại hộp số trên thị trường, ta chọn được hộp số có tỉ số truyền 1:12

2.6. Thiết kế cơ khí của robot

2.6.1. Khung Robot

Khung robot là thành phần quan trọng giúp nâng đỡ toàn bộ robot và gá đặt vào vị trí làm việc. Vì tính chất ứng dụng linh hoạt nên nhóm sử dụng nhôm định hình kích thước 40x40 giúp robot đủ chắc chắn và có thể gá đặt thuận tiện. Khung có kích thước dài x rộng x cao lần lượt là 80 x 80 x 80 cm. Thiết kế của khung được trình bày trong hình 2.12.



Hình 2.12: Khung robot

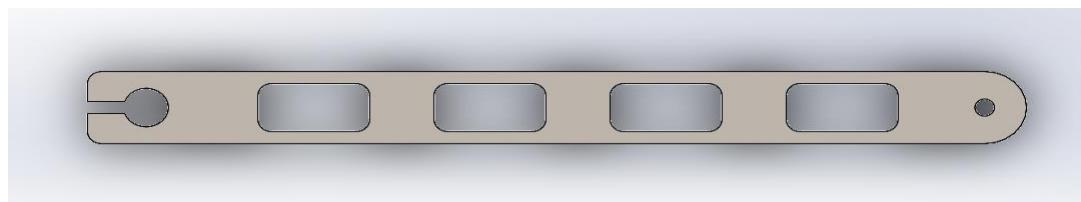
Để năng đỡ phần khung chính cũng như robot, nhóm sử dụng bệ đỡ (Hình 2.13) để tiện di chuyển robot và chứa tủ điện.



Hình 2.13: Bệ đỡ robot

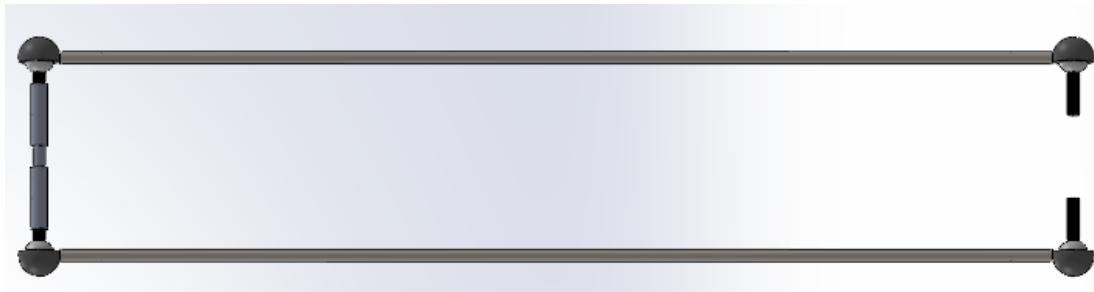
2.6.2. Thiết kế cánh tay robot

Robot hoạt động dựa vào chuyển động của hai cánh tay L và l. Với cánh tay L (Hình 2.14) được làm từ nhôm giúp giảm khối lượng đồng thời vẫn đảm bảo độ chắc chắn.



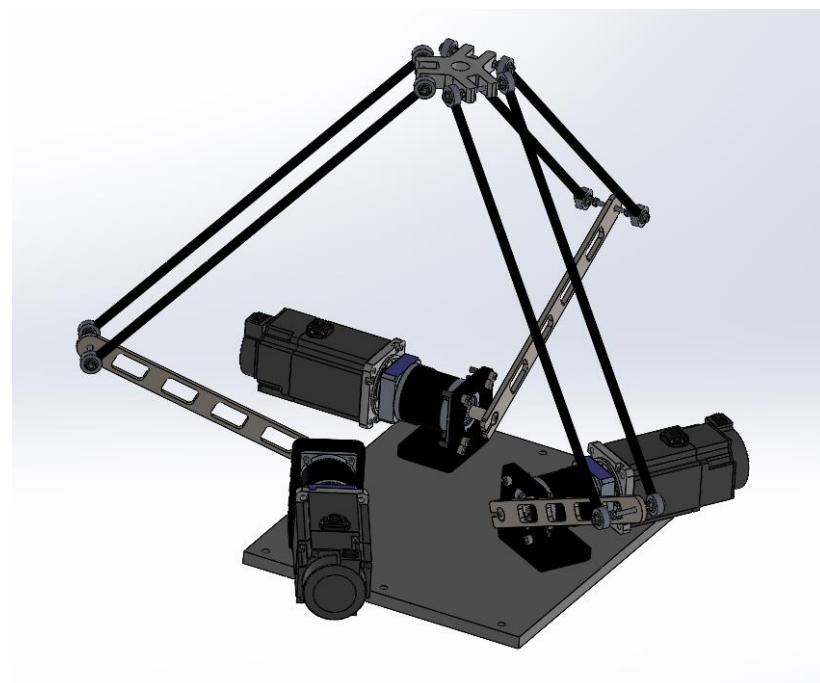
Hình 2.14: Cánh tay L

Với cánh tay l (Hình 2.15) được làm từ cacbon giúp robot nhẹ hơn, chuyển động linh hoạt hơn.



Hình 2.15: Cánh tay l

Các cánh tay và đế di động được kết nối với nhau thông qua khớp chuyển động như trong hình 2.16.



Hình 2.16: Khớp nối liên kết các cánh tay và đế di động

2.6.3. Cơ cấu gấp

Nhóm sử dụng giác hút kèm động cơ hút chân không giúp gấp vật dễ dàng (Hình 2.17).

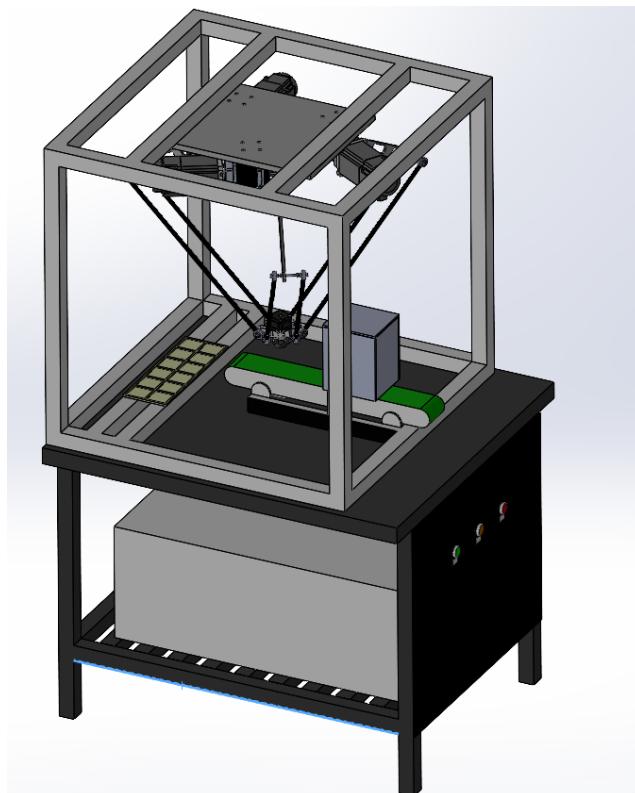
2.6.4. Băng tải

Với yêu cầu thiết kế robot có khả năng phân loại 30 sản phẩm trong 1 phút và các sản phẩm được đặt cách đều 10 cm, ta lựa chọn băng truyền có tốc độ 5 cm/s.

Qua tham khảo trên thị trường, nhóm quyết định sử dụng băng truyền có kích thước dài x rộng là 500 x 60 như trong hình 2.18.

2.6.5. Mô hình robot Delta hoàn chỉnh

Dựa vào phần mềm SolidWorks, nhóm đã thiết kế ra mô hình robot hoàn chỉnh (Hình 2.19) với các thông số lấy từ quá trình tính toán đảm bảo robot hoạt động chắc chắn, chính xác.



Hình 2.17: Mô hình robot hoàn chỉnh



Hình 2.18: Giác hút vật thể



Hình 2.19: Băng tải

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỆN – ĐIỀU KHIỂN

3.1. Các linh kiện được sử dụng phục vụ đề tài.

3.1.1. Kit Raspberry Pi 3 model B.

3.1.1.1. Giới thiệu chung về Raspberry Pi và Raspberry Pi 3 model B.

Raspberry Pi là từ để chỉ các máy tính chỉ có board mạch đơn (hay còn gọi là máy tính nhúng) kích thước chỉ bằng một thẻ tín dụng, được phát triển bởi Raspberry Pi Foundation tại Anh với mục đích ban đầu là thúc đẩy việc giảng dạy về khoa học máy tính cơ bản trong các trường học và các nước đang phát triển.

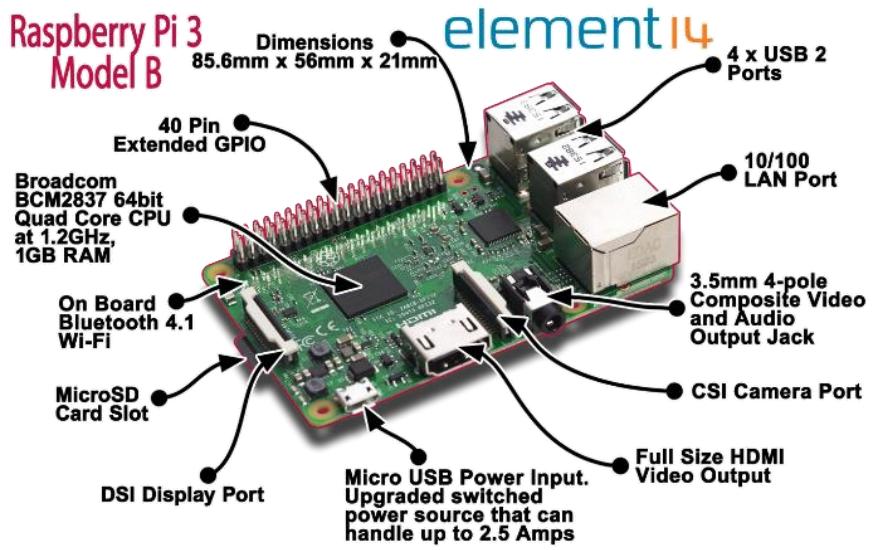
Raspberry Pi 3 Model B nổi bật khi được sử dụng chip có lượng nhân lên đến 4 nhân 64-bit và có tốc độ xử lý tối đa 1.2GHz cao khoảng gấp 10 lần tốc độ chạy của Pi 1. Phiên bản mới Raspberry Pi 3 Model B+ còn hỗ trợ Wifi Dual-band 2.4GHz và 5GHz, Ethernet gigabit qua cổng USB 2.0 có tốc độ lên đến 300Mbps cao hơn gấp 3 lần so với Raspberry Pi 3 Model B.

Ngoài những thông số thay đổi nhưng kích thước bề ngoài cũng như phần mềm của Raspberry Pi 3 Model B không thay đổi. Nghĩa là vẫn hoàn toàn có thể sử dụng các phụ kiện cũ, các phần mềm đang chạy vận hành trên Raspbian hoặc Ubuntu hiện tại.



Hình 3.1: Raspberry Pi 3 Model B

3.1.1.2. Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 3 Model B.

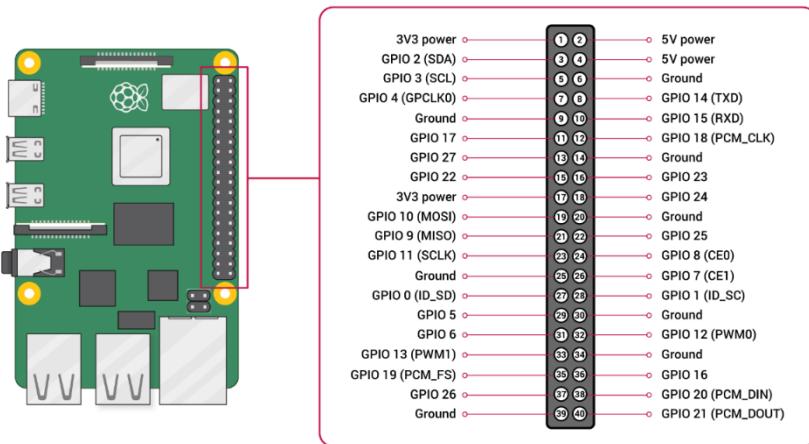


Hình 3.2: Thông số kỹ thuật Raspberry Pi 3 Model B

Thông số kỹ thuật:

- Vi xử lý: BCM2837 64-bit 1.2GHz quad-core ARM Cortex-A53 processor.
- RAM: 1GB.
- Kết nối: Ethernet 10/100Mbps, Bluetooth 4.1 và Wireless LAN - 2.4 GHz 802.11 b/g/n.
- Cổng USB: 4 x USB 2.0.
- Bộ nhớ Flash eMMC: 4GB (chỉ dành cho CM3, không dành cho CM3L)
- Mở rộng: 40 chân GPIO.
- Video và âm thanh: 1 cổng full-sized HDMI, cổng CSI Camera, Cổng DSI Display, cổng âm thanh analog 3.5mm 4 chân.
- Lưu trữ: MicroSD.
- Nguồn điện sử dụng: 5V/2.5A DC cổng microUSB 5V, DC trên chân GPIO.

Thông tin cổng GPIO:



Hình 3.3: Thông tin cổng GPIO của Raspberry Pi 3 Model B.

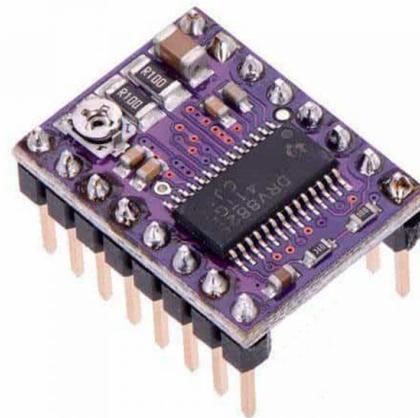
3.1.2. Module điều khiển động cơ bước DRV8825.

Mạch điều khiển động cơ bước DRV8825 là một mạch ra chân cho driver điều khiển động cơ bước lưỡng cực DRV8825 của TI. Module hoạt động ở dải điện áp cao từ 8.2V đến 45V và có thể đạt được xấp xỉ 1,8A trên mỗi pha mà không cần tản nhiệt cho phép điều khiển động cơ bước lưỡng cực với dòng ra tối đa là 2.5A. Module điều khiển bước và hướng đơn giản cùng năm bước khác nhau là 1 bước, 1/2 bước, 1/4 bước, 1/8 bước, 1/16 bước và có thể xuống tới 1/32 bước. Điều chỉnh dòng điện theo dòng định mức của động cơ, dòng điện cực đại khi điều chỉnh chiết áp, cho phép bạn sử dụng điện áp cao hơn điện áp định mức của động cơ bước để đạt được tốc độ bước cao hơn. Điều khiển băm xung thông minh tự động chọn chế độ di chuyển chính xác (di chuyển nhanh hoặc di chuyển chậm). Ngắt điện khi quá nhiệt, quá dòng, khóa điện áp ngược và bảo vệ ngắn mạch và quá tải.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp định mức: 8.2 VDC.
- Điện áp cực đại: 45 VDC.
- Dòng trung bình: 1.5 A.
- Dòng cực đại: 2.5 A.
- Điện áp hoạt động tối thiểu: 3.3 V.
- Điện áp hoạt động định mức: 5 V.
- Độ phân giải bước khác nhau : 1 step, 1/2 step, 1/4 step, 1/8 step, 1/16 step và 1/32 step.
- Kích thước: 0.6 x 0.8”.

Thông tin pinout:



Hình 3.4: Module điều khiển động cơ bước DRV8825.



Hình 3.5: Thông tin cổng pinout Module DRV8825.

3.1.3. Động cơ bước Nema 17

Động cơ bước Nema 17 thường được sử dụng nhiều trong các máy in, máy CNC, máy cắt laser,... Nema 17 là một động cơ bước lưỡng cực và sở hữu góc bước 1.8° với 200 bước/vòng. Động cơ bước Nema 17 có kích thước nhỏ gọn, chính vì thế không sở hữu được chức năng phải hồi tín hiệu và độ chính xác sẽ thấp hơn những động cơ servo khác tùy vào nhu cầu sử dụng.

Thông số kỹ thuật:

- Chiều dài: 40mm.
- Kích thước mặt bích: 42×42 mm.
- Dòng chịu tải: 0.9A.
- Góc bước: $1.8^\circ/\text{step}$.
- Điện áp định mức: 2.52VDC.



Hình 3.6: Động cơ bước Nema 17 KH42JM2B182A

3.1.4. Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.

Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4 là dòng điều khiển phát xung dành cho các ứng dụng servo, module hỗ trợ tính toán chính xác đến µm và có mức độ chịu nhiễu tốt. Module QD75D4 có thể kết nối các bộ điều khiển servo 1 trục, 2 trục, 4 trục bên thứ 3 tùy theo yêu cầu sử dụng. Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4 có thể định được địa chỉ cho sẵn mỗi trục lên tới 600 điểm trong quá trình vận hành, module QD75D4 sẽ dựa trên tham số và dữ liệu định vị trí, các lệnh đầu ra được gửi đến bộ điều khiển servo tương ứng và tính toán chiều quay cũng như cấp số xung tương ứng để đáp ứng được yêu cầu bài toán được đề ra.

Thông số:

- Module vị trí: QD75D4
- Số lượng trục điều khiển: 4
- Loại Ngõ ra: Differential driver
- Tín hiệu Ngõ ra: Pulse chain
- Tần số Ngõ ra kHz: 1-1000
- Tốc độ định vị: 1- 1000000 pulse/s, 0.01 – 20000000.00 mm/min, 0.001- 200000.000 degree/min, 0.001- 200000.000 inch/min
- Chiều dài tối đa cho Cáp Servo motor: 10 m
- Tuyến tính nội suy 2/3/4 trục, 2 trục nội suy tròn
- Dữ liệu định vị: 600 điểm / trục
- Đơn vị điều khiển: mm, inch, degree, pulse
- Chân kết nối: 40-Pin
- Khối lượng (kg) : 0.16
- Kích cỡ(W x H x D) mm: 27.4 x 98 x 90



Hình 3.7: Module điều khiển vị trí Mitsubishi QD75D4.

3.1.5. Bộ động cơ AC Servo Panasonic A4 MSMD012P1 100W

3.1.5.1. Khái niệm động cơ servo

Động cơ servo là một bộ truyền động quay, tuyến tính cho phép điều khiển chính xác vị trí góc hoặc tuyến tính, vận tốc và gia tốc. Nó bao gồm một động cơ phù hợp được ghép nối với cảm biến để phản hồi vị trí. Nó cũng đòi hỏi một bộ điều khiển tương đối tinh vi, thường là một mô-đun chuyên dụng được thiết kế đặc biệt để sử dụng với động cơ servo. Động cơ servo nhận tín hiệu từ bộ điều khiển và cung cấp lực chuyển động cần thiết cho các thiết bị máy móc khi vận hành với tốc độ và độ chính xác cực kỳ cao.

Động cơ servo được chia thành 2 loại: động cơ servo AC, động cơ servo DC. AC servo có thể xử lý các dòng điện cao hơn và có xu hướng được sử dụng trong máy móc công nghiệp. DC servo không được thiết kế cho các dòng điện cao và thường phù hợp hơn cho các ứng dụng nhỏ hơn.

Thông số Servo Panasonic MSMD012P1:

- Điện áp cung cấp: 1 pha 200V
- Công suất: 100 W
- Tốc độ vòng quay: 3000- 5000 vòng/phút
- Encoder 17 bit, độ phân giải 131072 xung/ vòng
- Mô men xoắn: 0.32 Nm, Max 0.95 Nm
- Tương thích với Servo Driver: MADDT1205, MADDT1205P- Frame A
- Cấp độ bảo vệ: IP65
- Ứng dụng trong điều khiển tốc độ, vị trí

3.1.5.2. Bộ điều khiển Driver



Hình 3.8: Động cơ AC servo Panasonic MSMD012P1 100W

3.1.5.3. AC servo Panasonic Minas A4

Bộ điều khiển (Servo drive) có nhiệm vụ nhận tín hiệu lệnh điều khiển (xung/analog) từ PLC hoặc module và truyền lệnh đến động cơ servo để điều khiển động cơ servo hoạt động theo lệnh, đồng thời nhận tín hiệu phản hồi liên tục về vị trí và tốc độ hiện tại của động cơ servo từ encoder.



Hình 3.9: Driver AC servo Panasonic Minas A4.

3.1.5.4. Ứng dụng với ưu điểm của hệ thống AC servo vào đề tài.

Hệ thống AC servo phù hợp với hầu hết các ứng dụng trong công nghiệp như máy công cụ, máy đóng gói, các loại máy in, trực vít, máy cắt, các ứng dụng thu xả cuộn, các ứng dụng cần chạy đúng vị trí, dây chuyền lắp ráp, máy CNC, cánh tay robot... với những ưu điểm là lợi thế :

- Khả năng điều khiển tốc độ, vị trí và mo-men cực kì chính xác.

- Tốc độ đáp ứng và phản hồi nhanh, quán tính thấp (gần như không có quán tính).
- Hiệu suất hoạt động cao tới hơn 90%, ít sinh nhiệt và hầu như không dao động.
- Tốc độ cao và tần suất làm việc thay đổi nhanh, liên tục.
- Hoạt động êm ái, nhẹ, tiết kiệm điện năng.

3.1.6. Băng tải

Băng tải hay được gọi là băng chuyền hiệu đơn giản là một thiết bị máy cơ khí dùng để vận chuyển các đồ vật từ điểm này sang điểm khác. Với phương thức chuyển sản phẩm thủ công băng công nhân sẽ gây ra tiêu hao, tiêu tốn nhiều sức lực, phải chi phí nhiều hơn, hiệu quả lần hiệu suất sẽ không được cao so với sử dụng hệ thống băng chuyền.



Hình 3.11: Băng tải được sử dụng cho đè tài



Hình 3.10: Động cơ ZBG37-3530-24V 48RPM được sử dụng cho băng tải

Thông số động cơ ZBG37-3530-24V 48RPM:

- Điện áp: 24VDC.
- Loại: có chổi than.
- Tốc độ không tải: 48RPM (48 vòng 1 phút).
- Đường kính trục: 6mm.
- Chiều dài trục: 14mm.

3.1.7. Động cơ bơm chân không ES-3910 24VDC.

Nguyên lý để vận hành bơm chân không khi động cơ được cấp nguồn 24VDC chạy động cơ nhỏ chuyển động cơ học bên trong gây ra chuyển động lệch tâm bên trong pit-tong màng từ đó có sự chênh lệch áp suất so với môi trường giữ 2 đầu hút và xả. Động cơ bơm mini được sử dụng nhiều trong các ngành y tế, hóa chất, thiết bị gia dụng và nhiều lĩnh vực khác.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp định mức: 12 ~ 24VDC
- Dòng định mức: 900~1500mA
- Áp suất tối đa: > 525 mmHg (+ 70KPa)
- Kín: <10 mmHg / phút
- Hút tối đa: (-50KPa)
- Lưu lượng: > 13,0 L / phút
- Độ ồn: <60 dB
- Đường kính: Φ7.0mm
- Kích thước: Φ60 * 120 mm
- Vật liệu: Nhựa & Kim loại



Hình 3.12: Động cơ bơm chân không ES-3910 24VDC

3.1.8. Camera Logitech C270

Để đề tài vận hành thì cần phải xử lý hình ảnh cho ra các dữ liệu cần thiết, nhóm tác giả đã chọn camera Logitech C270 sử dụng cho đề tài nhằm phục vụ mục đích cho ra kết quả tốt nhất.

Thông số về Camera Logitech C270:

- Chiều cao: 72,91 mm

- Chiều rộng: 31,91 mm
- Chiều dày: 66,64 mm
- Độ dài dây: 1,5 m
- Trọng lượng: 75 g
- Độ phân giải tối đa: 720p/30fps
- Camera mega pixel: 0.9
- Loại tiêu cự: tiêu cự cố định
- Loại thấu kính: nhựa
- Micrô tích hợp: Đơn hướng
- Phạm vi của mic: Lên tới 1 m
- Tầm nhìn chéo (dFoV): 55°



Hình 3.13: Camera Logitech C270

3.2. Ngôn ngữ Python và thư viện OpenCV

3.2.1. Ngôn ngữ Python

Python là một ngôn ngữ lập trình bậc cao cho các mục đích lập trình đa năng, do Guido van Rossum tạo ra và lần đầu ra mắt vào năm 1991. Python được thiết kế với ưu điểm mạnh là dễ đọc, dễ học và dễ nhớ. Python là ngôn ngữ có hình thức rất sáng sủa, cấu trúc rõ ràng, thuận tiện cho người mới học lập trình và là ngôn ngữ lập trình dễ học; được dùng rộng rãi trong phát triển trí tuệ nhân tạo. Cấu trúc của Python còn cho phép người sử dụng viết mã lệnh với số lần gõ phím tối thiểu.

Ban đầu, Python được phát triển để chạy trên nền Unix. Nhưng rồi theo thời gian, Python dần mở rộng sang mọi hệ điều hành từ MS-DOS đến Mac OS, OS/2, Windows, Linux và các hệ điều hành khác thuộc họ Unix. Mặc dù sự phát triển của Python có sự đóng góp của rất nhiều cá nhân, nhưng Guido van Rossum hiện nay vẫn là tác giả chủ yếu của Python. Ông giữ vai trò chủ chốt trong việc quyết định hướng

phát triển của Python. Python luôn được xếp hạng vào những ngôn ngữ lập trình phổ biến nhất.

3.2.2. Thư viện OpenCV

OpenCV là một thư viện mã nguồn mở hàng đầu cho xử lý về thị giác máy tính, machine learning, xử lý ảnh và các tính năng tăng tốc GPU trong hoạt động thời gian thực. OpenCV hoàn toàn miễn phí cho học thuật và thương mại. Được viết bằng tối ưu hóa C/C++, thư viện có thể tận dụng được tối đa lõi vì vậy có tốc độ tính toán rất nhanh, có thể sử dụng với các ứng dụng liên quan đến thời gian thực. Opencv có các interface cho C/C++, Python Java vì vậy hỗ trợ được cho Window, Linux, MacOs lẫn Android, iOS OpenCV,...

Các tính năng của thư viện OpenCV:

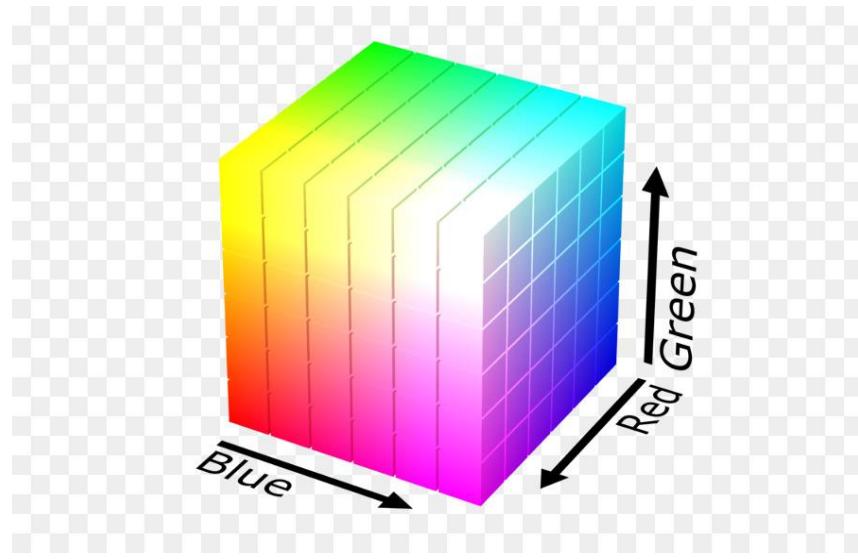
- Bộ công cụ hỗ trợ 2D và 3D.
- Nhận diện khuôn mặt.
- Có thể ghi đọc video.
- Xử lý ảnh lọc nhiễu, chuyển đổi ảnh.
- Dễ dàng nhận dạng đặc điểm của dạng ảnh.
- Phân tích video tách nền phân biệt đối tượng.
- Nhận dạng chuyển động, đối tượng, hành vi,
- Tương tác giữa con người và máy tính.
- Hỗ trợ thực tế tăng cường

3.3. Phương pháp phân loại màu sắc

3.3.1. Hệ màu RGB

Hệ màu RGB được sử dụng mô hình với 3 ánh sáng là: màu đỏ, màu xanh lá và màu xanh lam được tổ hợp với nhau theo nhiều phương thức khác nhau cho ra các màu khác. Khi được biểu diễn dưới dạng số nguyên, các giá trị RGB được ghi bằng cặp 3 số nguyên với mỗi giá trị màu từ 0 cho đến 255. Với RGB viết tắt từ tiếng anh

- R: Red (màu đỏ).
- G: Green (màu xanh lá).
- B: Blue (màu lam).



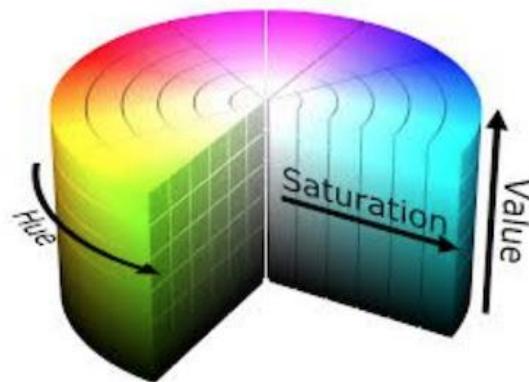
Hình 3.14: Mô hình không gian màu RGB

3.3.2. Hệ màu HSV

Không gian màu HSV là một không gian màu dựa trên 3 giá trị:

- H: (Hue) Vùng màu.
- S: (Saturation) Độ bão hòa màu.
- V: (Value) Độ sáng

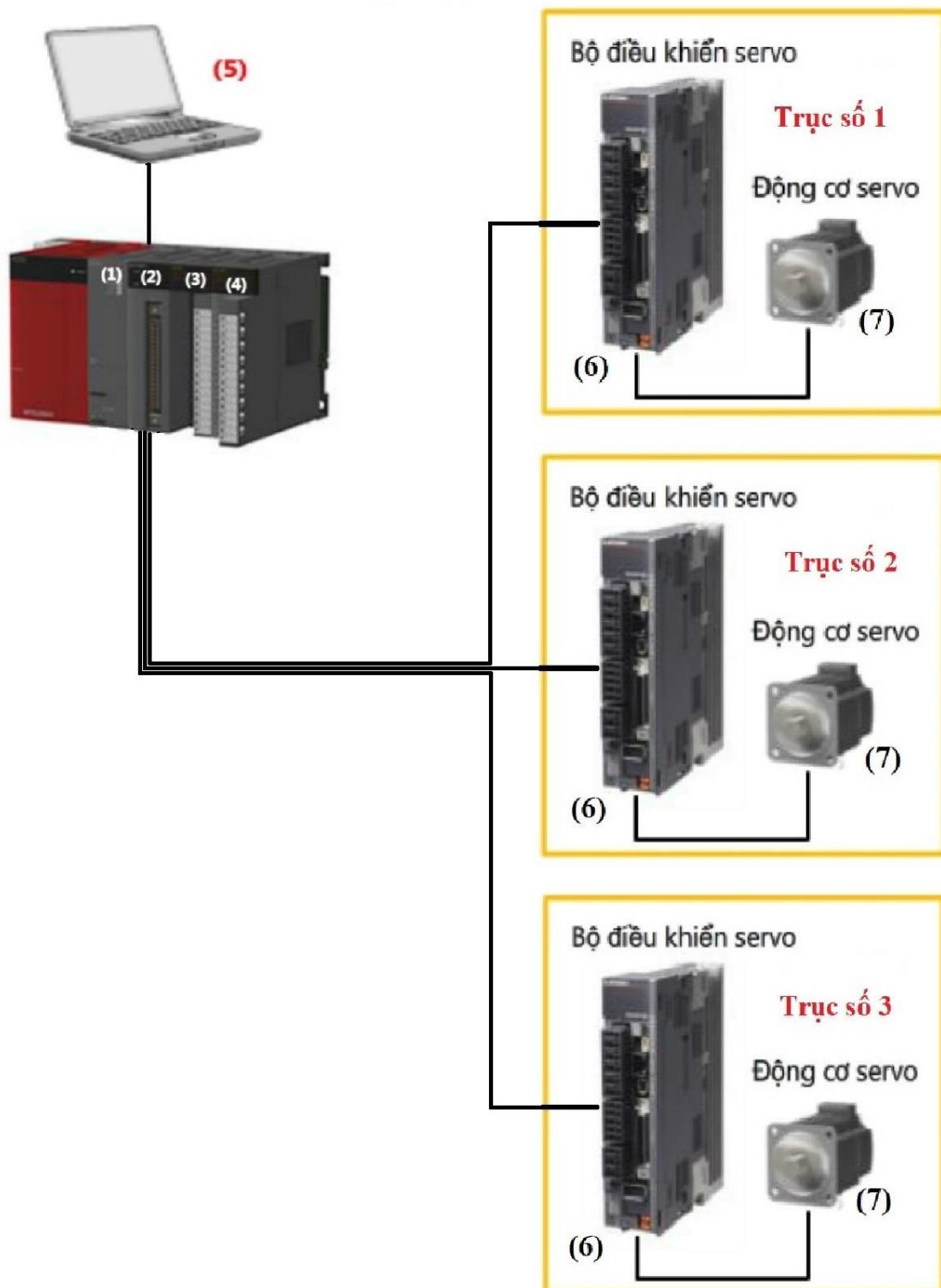
Không gian màu HSV mô tả cho ta về màu sắc, độ bóng và giá trị độ sáng của chúng.



Hình 3.15: Mô hình không gian màu HSV

3.4. Sơ đồ nguyên lý

3.4.1. Khối điều khiển

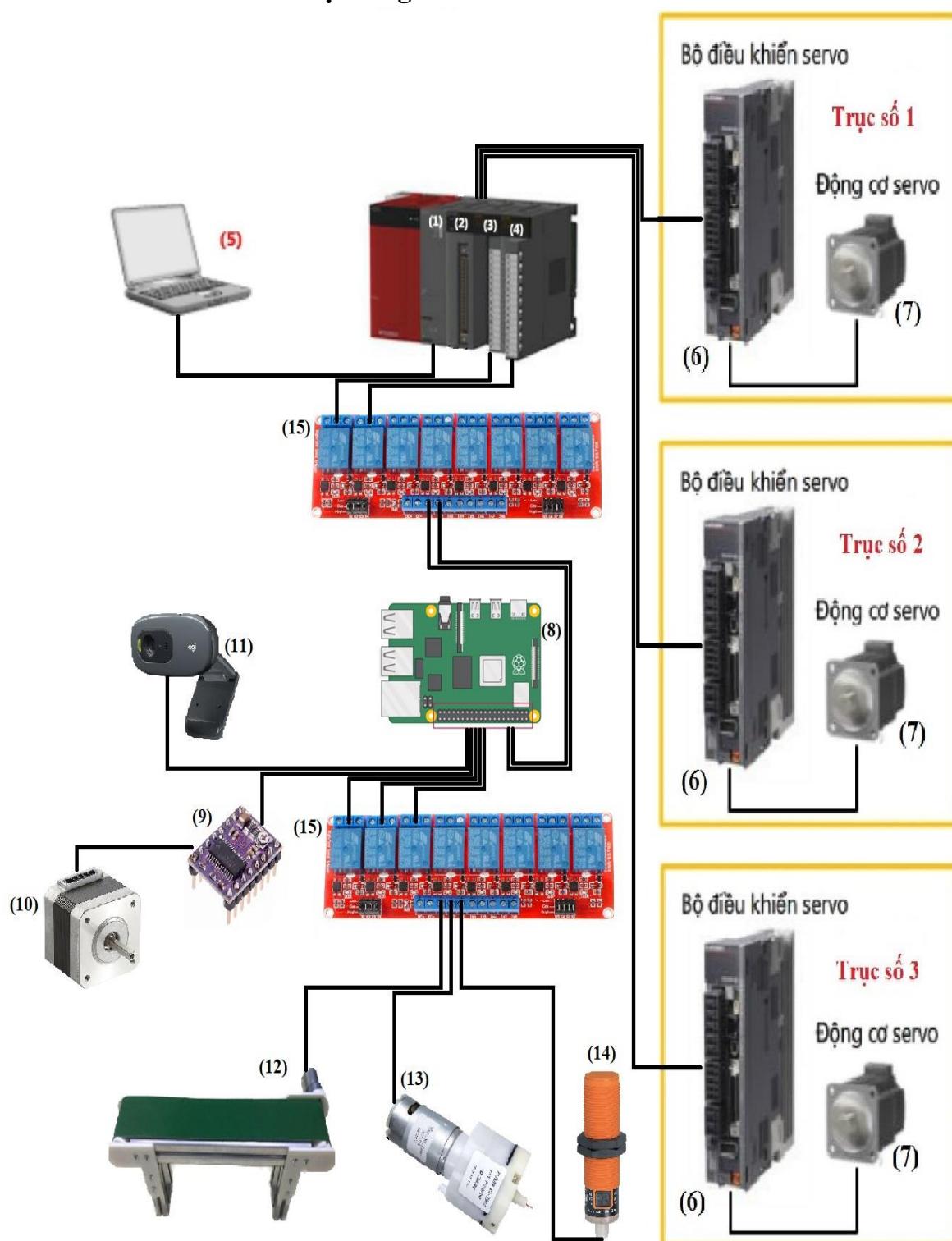


Hình 3.16: Mô hình khối điều khiển

Bảng 3.1: Các thiết bị có trong khối điều khiển

Số	Thiết bị	Tên linh kiện	Vai trò
(1)	Module CPU	Q02HCPU	Điều khiển module đầu vào, module đầu ra và module vị trí thông qua các chương trình PLC.
(2)	Module vị trí	QD75D4	Dựa trên tham số và dữ liệu định vị trí, các lệnh đầu ra được gửi đến bộ điều khiển servo.
(3)	Module đầu vào	QX41	Tín hiệu đầu vào từ một thiết bị ngoại vi đến module CPU.
(4)	Module đầu ra	QY41	Tín hiệu đầu ra từ module CPU đến một thiết bị ngoại vi.
(5)	Máy tính	-	Dùng để lập trình, thiết lập vị trí thông qua phần mềm GX Works2.
(6)	Bộ điều khiển servo	Minas A4	Điều khiển động cơ servo khi nhận được các xung lệnh từ module định vị trí.
(7)	Động cơ servo	MSMD012P1	Di chuyển cánh tay robot thông qua hộp số.

3.4.2. Khối toàn hệ thống



Hình 3.17: Mô hình toàn hệ thống

Bảng 3.2: Các thiết bị trong toàn hệ thống

Số	Thiết bị	Tên linh kiện	Vai trò
(1)	Module CPU	Q02HCPU	Điều khiển module đầu vào, module đầu ra và module vị trí thông qua các chương trình PLC.
(2)	Module vị trí	QD75D4	Dựa trên tham số và dữ liệu định vị trí, các lệnh đầu ra được gửi đến bộ điều khiển servo.
(3)	Module đầu vào	QX41	Tín hiệu đầu vào từ một thiết bị ngoại vi đến module CPU.
(4)	Module đầu ra	QY41	Tín hiệu đầu ra từ module CPU đến một thiết bị ngoại vi.
(5)	Máy tính	-	Dùng để lập trình, thiết lập vị trí thông qua phần mềm GX Works2.
(6)	Bộ điều khiển servo	Minas A4	Điều khiển động cơ servo khi nhận được các xung lệnh từ module định vị trí.
(7)	Động cơ servo	MSMD012P1	Di chuyển cánh tay robot thông qua hộp số.
(8)	Máy tính nhúng	Raspberry Pi 3 model B	Dùng để lập trình, xử lý hình ảnh, tính toán góc thiết lập vị trí chạy động cơ bước
(9)	Module điều khiển động cơ bước	DRV8825	Điều khiển động cơ bước khi nhận được các xung lệnh từ máy tính nhúng.
(10)	Động cơ step	Nema 17 KH42JM2B182A	Quay góc khi gấp vật.
(11)	Camera	Logitech C270	Tiếp nhận hình ảnh, video cho máy tính nhúng.
(12)	Động cơ băng tải	ZGB37-3530-24V	Chạy băng tải đưa vật đi.
(13)	Động cơ bơm chân không	ES-3910	Tạo ra lực hút chân không để gấp vật.
(14)	Cảm biến PNP	E3F-DS30P2	Xác định vật cản
(15)	Module relay	Relay	Đóng ngắt tải với công suất phù hợp

CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHÂN LOẠI MÀU VÀ XÁC ĐỊNH GÓC LỆCH VÀ ĐIỀU KHIỂN BẰNG RASBERRY PI

4.1. Phân loại màu

4.1.1. Xử lý ảnh

Xử lý ảnh là một phân ngành trong xử lý số tín hiệu với tín hiệu xử lý là ảnh. Đây là một phân ngành khoa học mới rất phát triển trong những năm gần đây. Xử lý ảnh gồm 4 lĩnh vực chính: xử lý nâng cao chất lượng ảnh, nhận dạng ảnh, nén ảnh và truy vấn ảnh. Sự phát triển của xử lý ảnh đem lại rất nhiều lợi ích cho cuộc sống của con người.

Ngày nay xử lý ảnh đã được áp dụng rất rộng rãi trong đời sống như: photoshop, nén ảnh, nén video, nhận dạng biển số xe, nhận dạng khuôn mặt, nhận dạng chữ viết, xử lý ảnh thiên văn, ảnh y tế,...[3]

4.1.2. Các hệ màu

Trong lĩnh vực xử lý ảnh có nhiều hệ màu khác nhau như RGB, HSV, HSL,... Trong đó, chúng ta hay sử dụng 4 hệ màu chính là RGB, HSV, GRAY và ảnh nhị phân.

Hệ màu RGB: Ảnh RGB được tạo ra từ màu cơ bản là đỏ (Red), xanh lá (Green) và xanh dương (Blue). Ảnh trong hệ màu này là một ma trận ba chiều chứa giá trị của ba màu, do đó tại một điểm ảnh luôn có ba giá trị red, green, blue đi kèm. Hiện nay, các file ảnh thường sử dụng giá trị 8 bit cho một thành phần màu tại một điểm ảnh tương ứng 24 bit tại một pixel hay 16,7 triệu màu.



Hình 4.1: Ảnh màu RGB

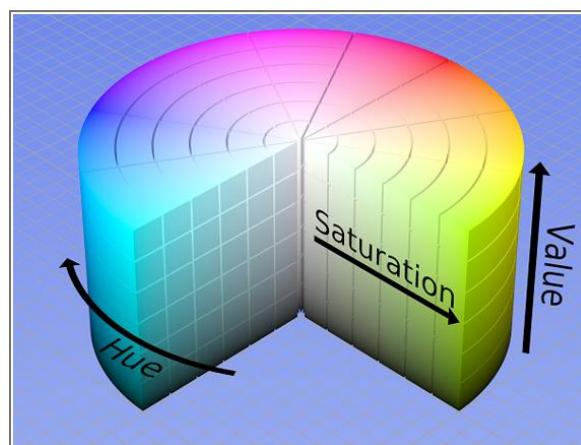


Hình 4.2: Ảnh xám

Ảnh xám: Bên cạnh ảnh RGB còn hệ màu khác là ảnh xám. Ảnh xám được thể hiện thông qua ma trận hai chiều và giá trị mỗi điểm ảnh là một số gồm 8 bit. Giá trị 0 thể hiện màu đen và ngược lại.

Hệ màu HSV: Ảnh HSV được thể hiện bằng ma trận ba chiều giống ảnh RGB nhưng được đặc trưng bởi ba giá trị H (Hue), S (Saturation), V (Value).

- Hue (H): Giá trị màu sắc, độ rộng từ 0 – 360
- Saturation (S): Sự bão hòa của màu, giá trị từ 0 – 255
- Value (V): Mức độ ánh sáng phản xạ từ vật đến mắt, giá trị từ 0 – 255



Hình 4.3: Không gian màu HSV

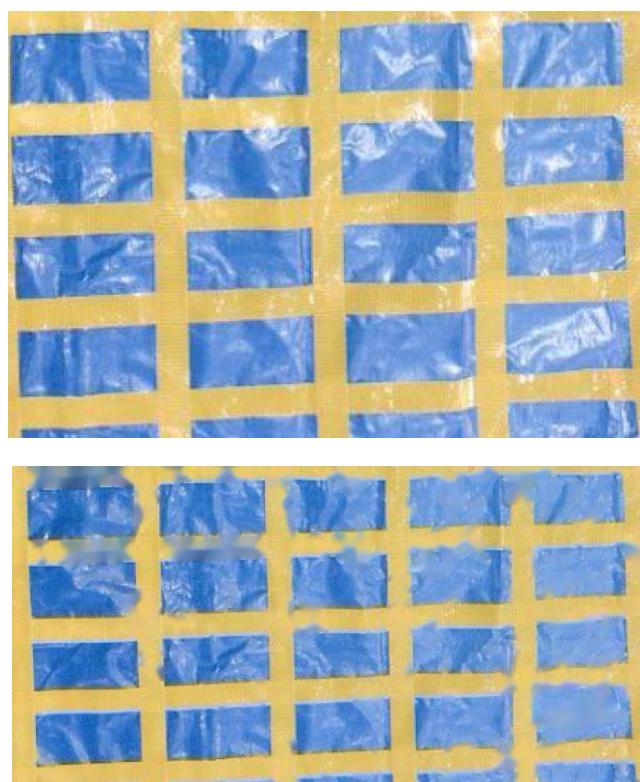
Ảnh nhị phân: Ảnh nhị phân giống với ảnh xám nhưng khác ở chỗ các điểm ảnh chỉ có hai giá trị là 0 (màu đen) và 255 (màu trắng).



Hình 4.4: Ảnh nhị phân

4.1.3. Lọc chói

Đối với việc phân loại màu, yếu tố ánh sáng môi trường đóng vai trò vô cùng quan trọng. Vì vậy, để hạn chế những sai sót trong quá trình phân loại, việc lọc chói là điều cần thiết. Trước khi lọc chói, ta cần chuyển ảnh từ camera gửi về sang hệ màu xám thông qua hàm cvtColor() của thư viện Opencv. Mục đích của việc làm này để xác định chính xác những vùng ảnh bị chói mà ta cần xử lý. Sau đó, chuyển những vị trí điểm ảnh này sang ảnh nhị phân bằng hàm threshold(). Cuối cùng, sử dụng hàm inpaint() với ảnh nhị phân xác định vùng ảnh bị chói sẽ giúp bức ảnh giảm sự ảnh hưởng bởi cường độ ánh sáng từ bên ngoài.



Hình 4.5: Ví dụ về lọc chói

4.1.4 Phân loại màu

Để phân loại dựa theo màu sắc có nhiều cách thức khác nhau. Ở đây, nhóm sử dụng phương pháp lọc theo hệ màu RGB. Để lọc màu qua ảnh RGB, đầu tiên ta phải xác định được khoảng giá trị của màu muốn lọc. Sau đó sử dụng hàm inRange() của thư viện Opencv để lọc những vùng ảnh có màu mong muốn (Hình 4.6).

4.1.4. Lọc nhiễu

Sau khi đã lọc được vùng ảnh chúng ta mong muốn sẽ không thể tránh khỏi trường hợp bị nhiễu hạt. Vấn đề này xảy ra do nhiều nguyên nhân. Có thể từ chất lượng ánh sáng hoặc do khoảng giá trị màu chưa thực sự chính xác,... Để giải quyết tình trạng nhiễu hạt, chúng ta sẽ sử dụng hàm morphologyEx() để lọc bỏ những nhiễu hạt trong quá trình lọc màu, giúp quá trình xác định góc lệch của vật thể chính xác.



Hình 4.6: Ví dụ về lọc nhiễu hạt



Hình 4.7: Lọc màu RGB

4.1.5. Xác định góc lệch vật thể

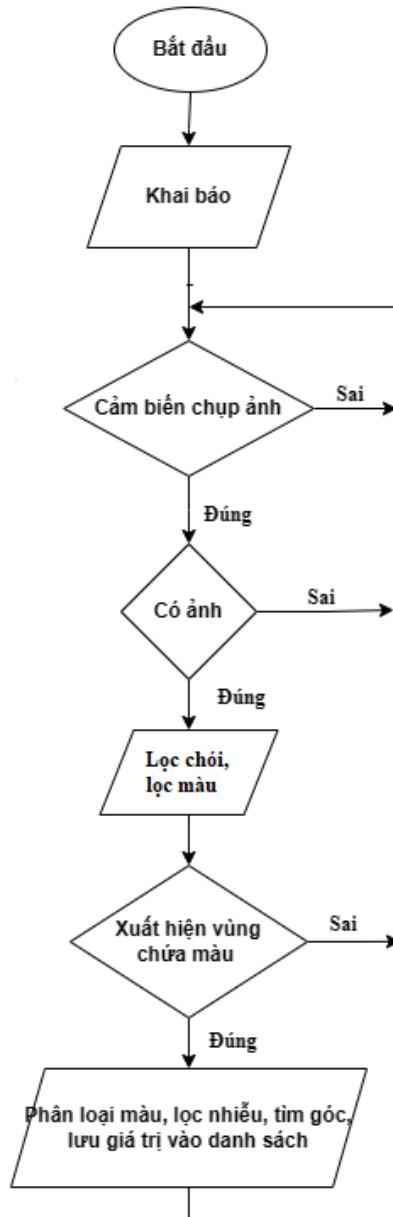
Sau khi hoàn tất lọc màu, ta cần xác định góc lệch của vật thể. Để làm điều này, ta cần sử dụng thuật toán tìm contour. Đầu ra của thuật toán này là một đường bao bao quanh vật thể chúng ta muốn xác định. Hàm findContours() sẽ giải quyết bài toán tìm đường bao và sau đó, ta sẽ sử dụng hàm minAreaRect() để tìm hình chữ nhật nhỏ nhất bao quanh đường contour. Mục đích của việc tìm hình chữ nhật bao quanh là để xác định góc lệch của vật thể.



Hình 4.8: Ví dụ về xác định góc lệch vật thể

4.1.6. Lưu đồ thuật toán xử lý ảnh

Lưu đồ dưới đây thể hiện quá trình phân loại màu và xác định góc lệch



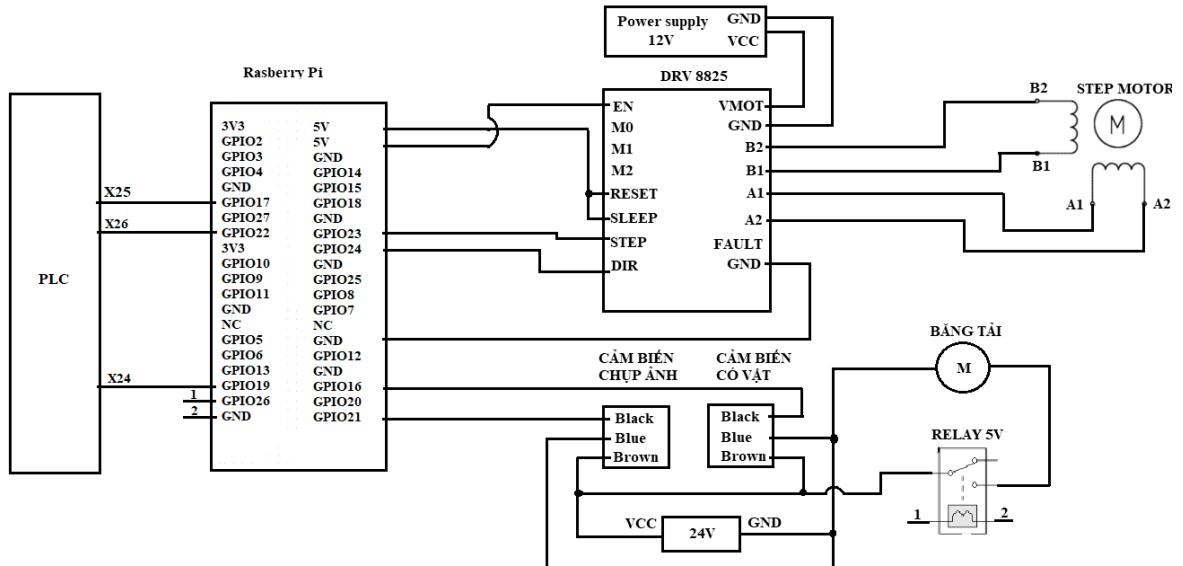
Hình 4.9: Lưu đồ xử lý ảnh

4.2. Điều khiển bằng Raspberry Pi

Để thực hiện nhiệm vụ đọc ảnh từ camera, phân loại màu, tìm góc lệch và điều khiển động cơ, nhóm sử dụng Rasberry Pi 3.

4.2.1. Sơ đồ mạch nguyên lý

Sơ đồ nguyên lý được mô tả trong hình sau. Trong đó, hệ thống bao gồm module Raspberry Pi, Motor step, động cơ băng tải, driver DRV 8825, role 5V và 2 cảm biến tiệm cận hồng ngoại.



Hình 4.10: Sơ đồ mạch nguyên lý

4.2.2. Điều khiển động cơ bước

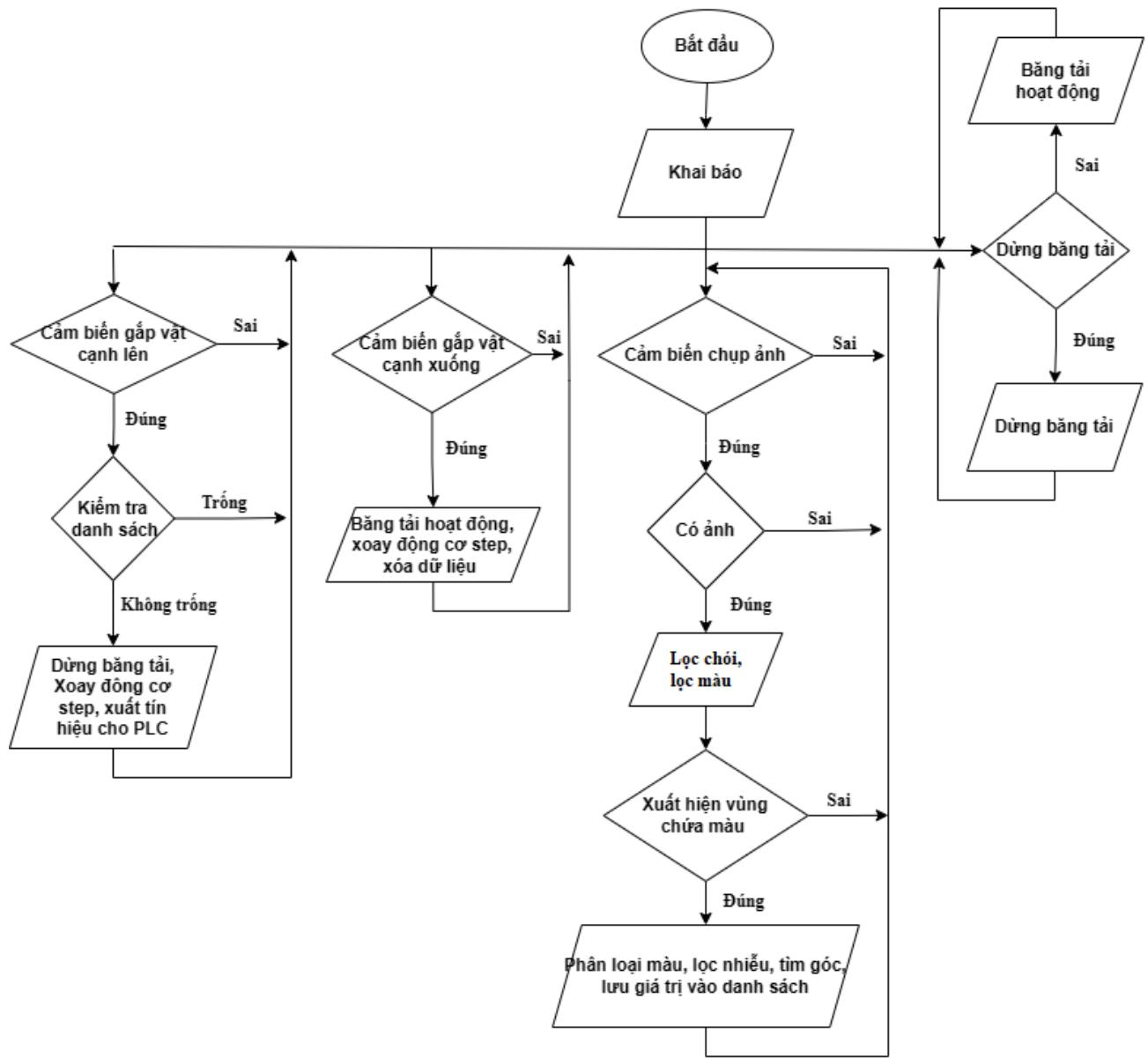
Để điều khiển động cơ bước chúng ta sử dụng driver DRV 8825. Driver sử dụng 2 chân tín hiệu là STEP và DIR để điều khiển động cơ. Chân tín hiệu STEP dùng để xuất xung cấp cho driver, mỗi xung sẽ tương ứng 1 bước của động cơ. Driver sẽ căn cứ vào số xung nhận được để xoay động cơ tới vị trí chính xác. Với chân tín hiệu DIR dùng cho mục đích xác định chiều quay của động cơ. Ngoài ra, chân tín hiệu EN cần được kéo xuống GND để cho phép động cơ hoạt động. Trên driver DRV 8825 còn có các chế độ chạy vi bước giúp giảm sai số trong quá trình hoạt động. Cách thiết lập chế độ vi bước được mô tả trong bảng 4.1.

Bảng 4.1: Thiết lập vi bước

MS 0	MS 1	MS 2	Micro step
Low	Low	Low	Full step
High	Low	Low	Half step

Low	High	Low	1/4 step
High	High	Low	1/8 step
Low	Low	High	1/16 step
High	Low	High	1/32 step
Low	High	High	1/32 step
High	High	High	1/32 step

4.2.3. Lưu đồ tổng quát của hệ thống



Hình 4.11 Lưu đồ tổng quát hệ thống điều khiển bởi Rasberry Pi

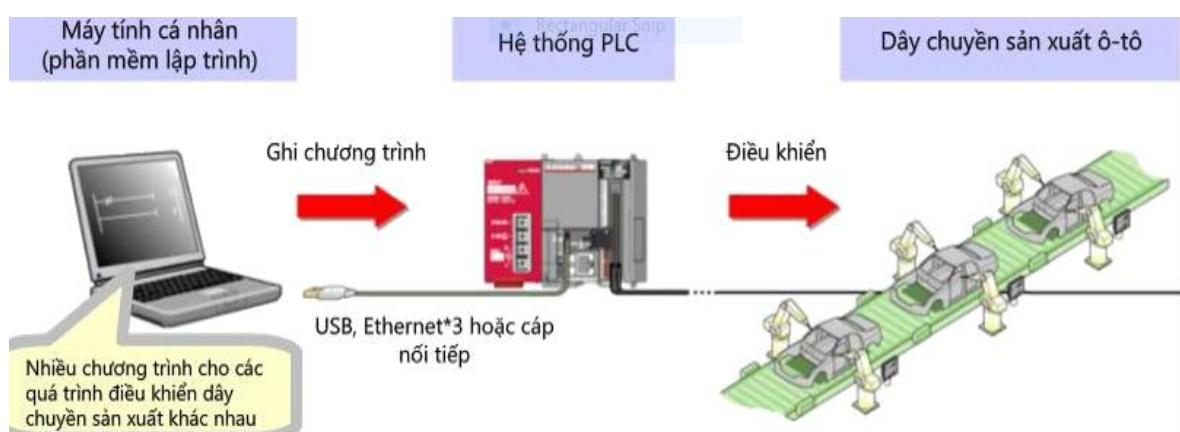
CHƯƠNG 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PLC

5.1. Giới thiệu phần mềm giả lập GX Works 2

GX Works 2 là phần mềm lập trình, kiểm tra hoạt động và gỡ lỗi của bộ điều khiển lập trình PLC.

GX Works 2 sử dụng ngôn ngữ lập trình gồ chức năng trình tự, danh sách lệnh, logic dạng thang, sơ đồ chức năng và văn bản có cấu trúc.

Các chương trình được chạy và phát triển bằng máy tính cá nhân chạy “ phần mềm kỹ thuật ”, Gx works2 thường được ghi vào bộ điều khiển khả trình CPU qua 1 cap USB hoặc cáp nối tiếp. Mô đun CPU có thể được lập trình lại nhiều lần sẽ rất cần thiết kế để thích ứng với bất kỳ yêu cầu thay đổi nào mà người dùng mong muốn.



Hình 5.1: Chu trình hoạt động

Một vài chức năng chính của GX works2:

- Quản lý bộ nhớ và tệp tin
- Phát triển các chương trình điều khiển lập trình
- Quản lý tài liệu chương trình
- Đọc ghi dữ liệu từ/ đến mo-dun
- Kiểm tra hoạt động chương trình
- Thực hiện chức năng bảo trì và khắc phục sự cố

5.2. Quy trình cấu hình hệ thống

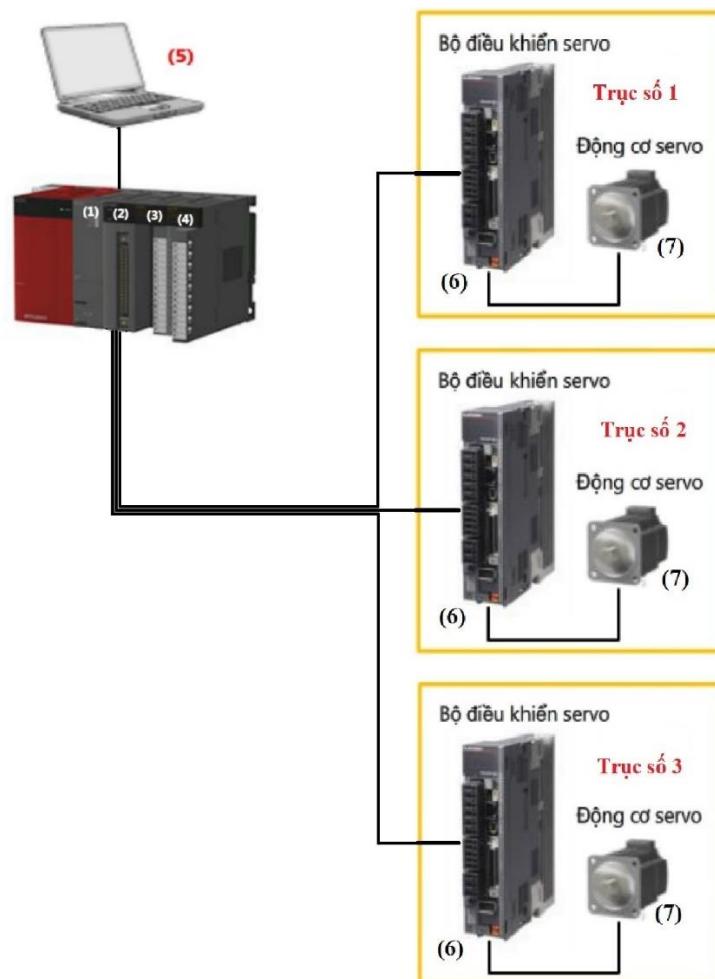
- Bước 1: Thiết kế các chi tiết điều khiển vị trí khi hiểu được các yêu cầu điều khiển và thông số kỹ thuật.
- Bước 2: Lắp ráp hệ thống bao gồm lắp đặt và đấu dây.
- Bước 3: Cài đặt tham số, dữ liệu vị trí theo các yêu cầu điều khiển hệ thống và thông số kỹ thuật cơ học.

- Bước 4: Tạo các chương trình kiểm soát tuần tự để vận hành hệ thống
- Bước 5: Ghi tham số, dữ liệu vị trí và chương trình PLC.
- Bước 6: Chạy thử hệ thống. Nếu phát hiện lỗi trong tham số hoặc dữ liệu vị trí hoặc chương trình PLC khi chạy thử thì thực hiện sửa lỗi.
- Bước 7: Vận hành hệ thống.

5.3. Cấu hình phần cứng

Nhóm sử dụng module QD75D4 là dòng điều khiển phát xung dành cho các ứng dụng servo, có thể hỗ trợ kết nối lên đến 4 trục và có thể định được 600 điểm địa chỉ cho mỗi trục.

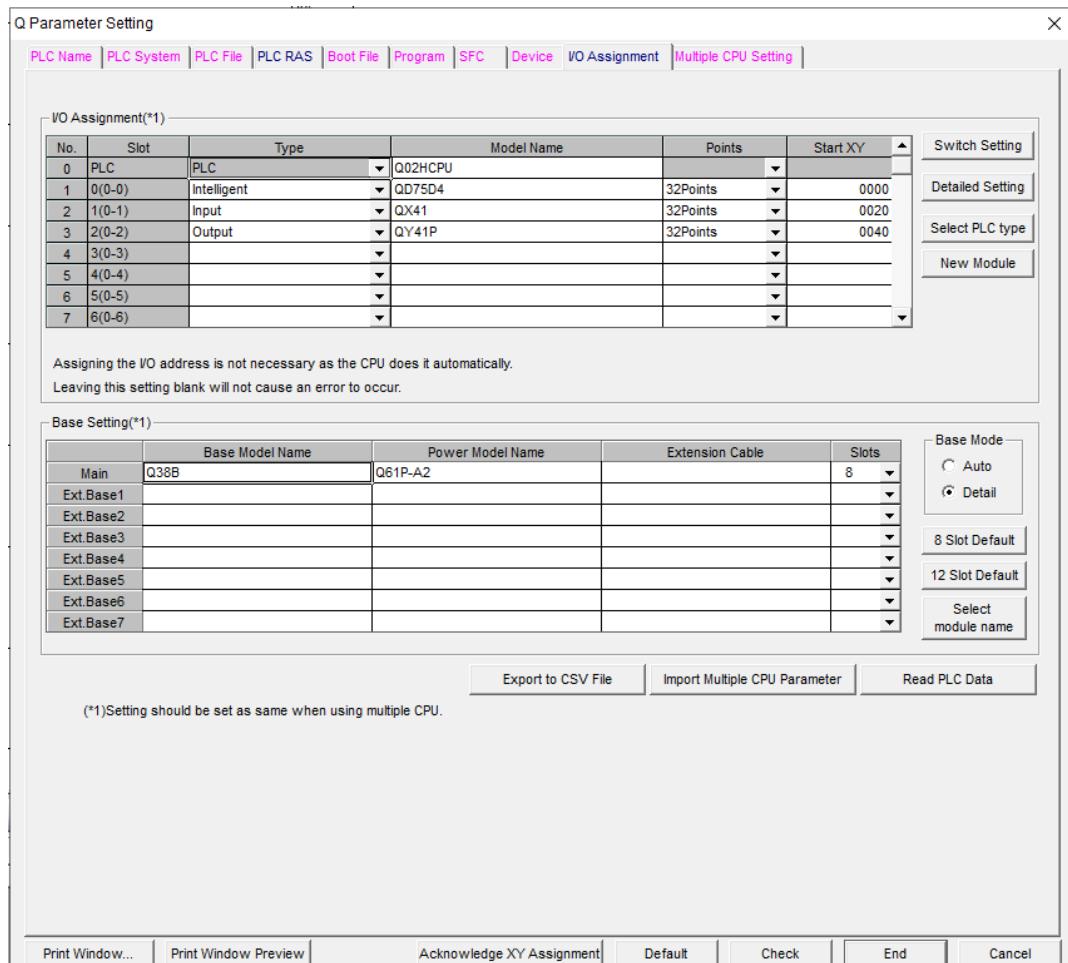
- Module định vị trí QD75D4 có đặc tính như sau:
- Giao diện: đa dụng cùng với bộ điều khiển vi sai
- Có thể kết nối với bộ điều khiển bên thứ 3
- Mức độ chịu nhiễu tốt



Hình 5.2: Cấu hình phần cứng

Bảng 5.1: Thiết bị điều khiển Servo

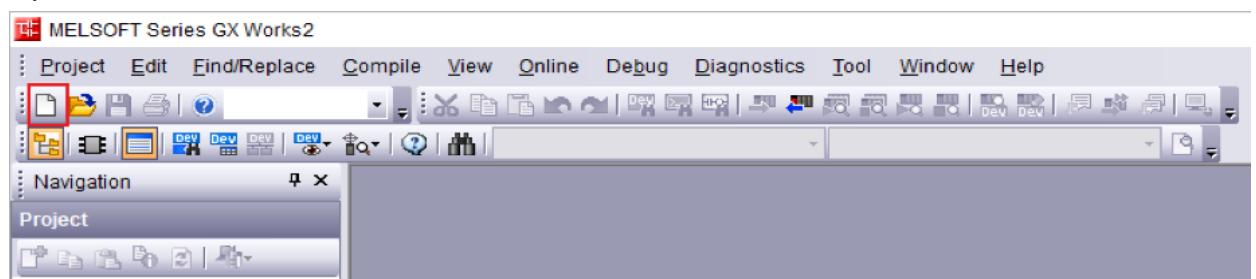
Số	Thiết bị	Tên sản phẩm	Vai trò
(1)	Module CPU	Q02HCPU	Điều khiển module đầu vào, module đầu ra và module vị trí thông qua các chương trình PLC.
(2)	Module định vị trí	QD75D4	Dựa trên tham số và dữ liệu định vị trí, các lệnh đầu ra được gửi đến bộ điều khiển servo.
(3)	Module đầu vào	QX41	Tín hiệu đầu vào từ một thiết bị ngoại vi đến module CPU.
(4)	Module đầu ra	QY41P	Tín hiệu đầu ra từ module CPU đến một thiết bị ngoại vi.
(5)	Máy tính cá nhân		Dùng để lập trình, thiết lập vị trí thông qua phần mềm GX Works2.
(6)	Bộ điều khiển servo	Minas A4	Điều khiển động cơ servo khi nhận được các xung lệnh từ module định vị trí.
(7)	Động cơ servo	MSMD012P1	Di chuyển cánh tay robot thông qua hộp số.



Hình 5.3: Cấu hình phần cứng

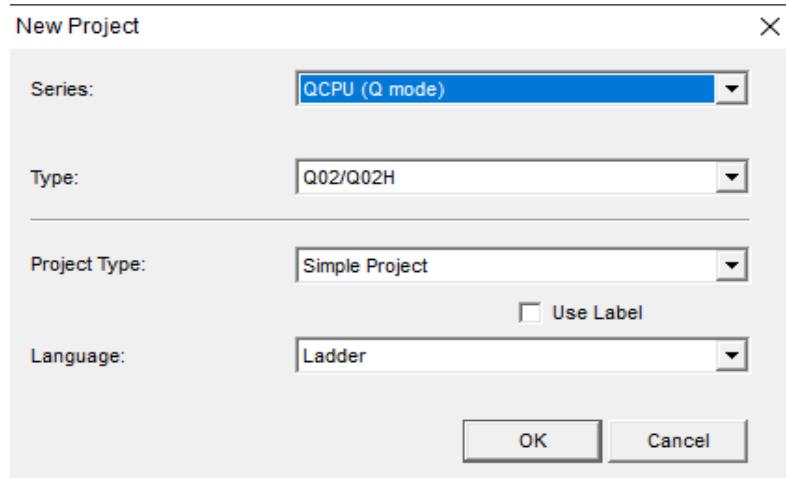
5.4. Tạo dự án

Bắt đầu dự án ta chọn vào biểu tượng như trong hình hoặc Ctrl + N để tạo mới dự án.



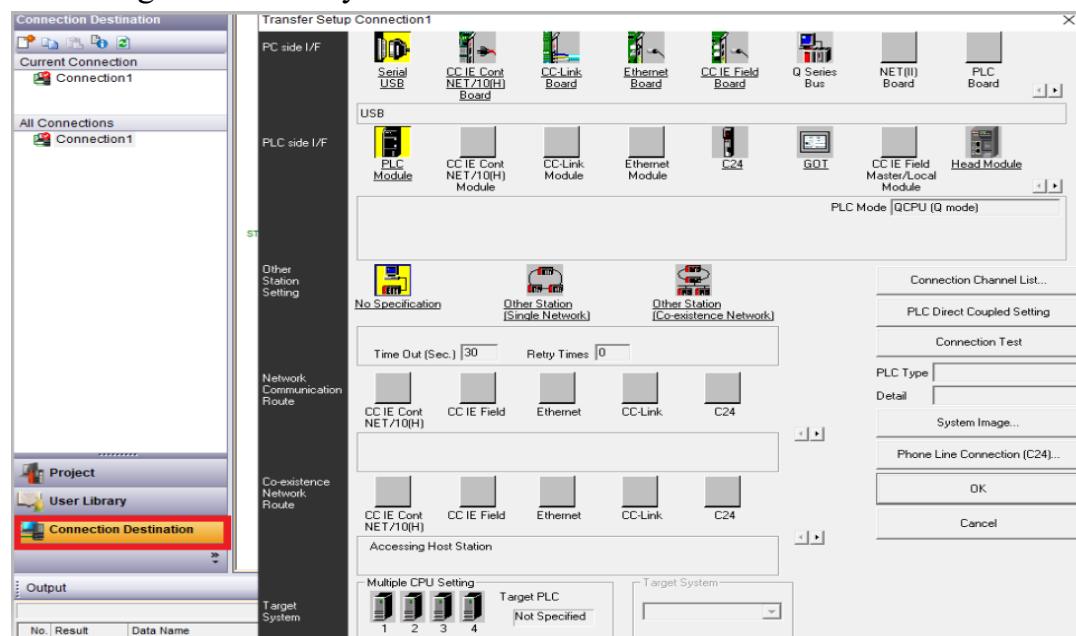
Hình 5.4: Giao diện trong GX Works 2

Sau đó ta chọn tên modul phù hợp với modul mà nhóm đang sử dụng, ở đây nhóm sử dụng CPU dòng Q02HCPU.



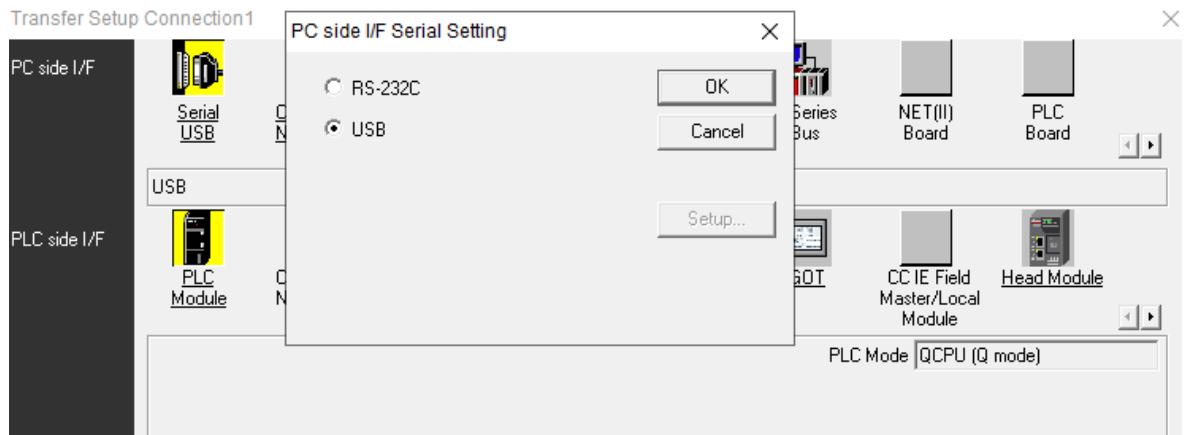
Hình 5.5: Giao diện tạo mới dự án

Trước khi bước vào viết chương trình trên GX Works 2 ta cần kết nối máy tính với PLC bằng cách dưới đây.



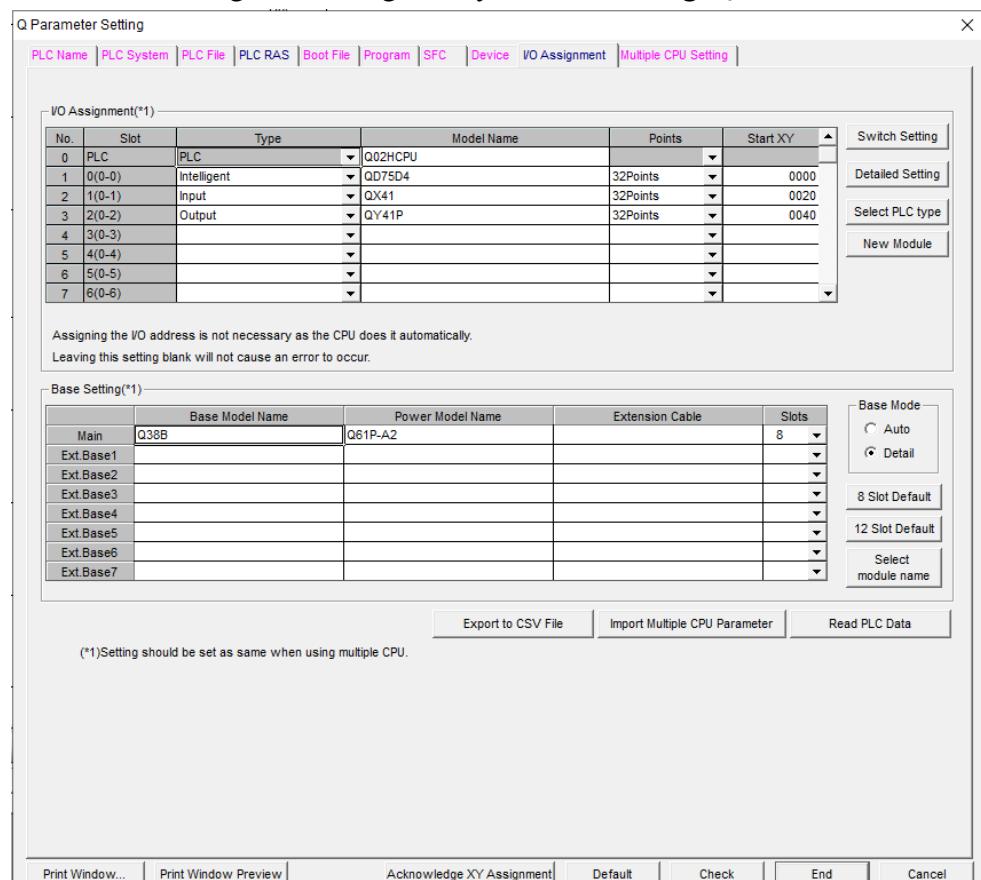
Hình 5.6: Kết nối máy tính với PLC

Tiếp theo ta chọn cách kết nối và modul kết nối, ở đây nhóm kết nối bằng USB và kết nối với PLC module QCPU (Q mode).



Hình 5.7: Kết nối bằng cổng USB

Sau khi kết nối được với PLC ta setup PLC Parameter theo các thông số module và driver mà chúng ta sử dụng, ở đây nhóm sử dụng QD75D4 để điều khiển.



Hình 5.8: Parameter Setting

Sau đó setup parameter cho QD75D4 điều khiển 3 trục theo các thông số như hình 5.9.

Item	Axis #1
Basic parameters 1	Set according to the machine and applicable motor when system is initialized
Unit setting	3:pulse
No. of pulses per rotation	20000 pulse
Movement amount per rotation	20000 pulse
Unit magnification	1:x1 Times
Pulse output mode	0:PULSE/SIGN Mode
Rotation direction setting	0:Increase Present Value by Forward Pulse Output
Bias speed at start	0 pulse/s
Basic parameters 2	Set according to the machine and applicable motor when system is initialized
Speed limit value	1000000 pulse/s
Acceleration time 0	1000 ms
Deceleration time 0	1000 ms
Detailed parameters 1	Set according to the system configuration when the system is started
Backlash compensation amount	0 pulse
Software stroke limit upper limit value	2147483647 pulse
Software stroke limit lower limit value	-2147483648 pulse
Software stroke limit selection	0:Set Software Limit to Sending Current Value
Software stroke limit valid/invalid setting	0:Valid
Command in-position width	100 pulse
Torque limit setting value	300 %
M code ON signal output timing	1:AFTER Mode
Speed switching mode	0:Standard Speed Switch Mode
Interpolation speed designation method	0:Composite Speed
Current feed value during speed control	1:Update of sending current value
Input signal logic selection:Lower limit	1:Positive Logic
Input signal logic selection:Upper limit	1:Positive Logic
Input signal logic selection:Drive unit READY	1:Positive Logic
Input signal logic selection:Stop signal	0:Negative Logic
Input signal logic selection:External command	0:Negative Logic

Hình 5.9: Thông số cài đặt

- Units setting: Đơn vị tính theo xung nên chọn “pulse”
- Số xung trên vòng là 20000 xung

- Vì nhóm chạy theo chế độ xung và chiều nên chọn PULSE/SIGN Mode
- Tốc độ giới hạn được đặt là 1000000 pulse/s.
- Ở đây nhóm sử dụng chế độ M code có tín hiệu sau khi chu trình chạy xong nên sẽ set AFTER Mode.

5.5. Chương trình điều khiển động cơ servo

Áp dụng động học thuận và động học nghịch ta tính toán được những vị trí mà tay gấp robot di chuyển đến cần bao nhiêu xung của mỗi trục sau đó ta lưu vào dữ liệu định vị trí (Positioning) của từng trục.

No.	Operation pattern	Control system
(1) 1	0:END (2) <Positioning Comment>	15h:ABS line 3 (3)
2	0:END <Positioning Comment>	15h:ABS line 3
3	0:END <Positioning Comment>	15h:ABS line 3

Acceleration time No.	Deceleration time No.	Positioning address	Arc address	Command speed
1:100	1:100	356 pulse	0 pulse	11000 pulse/s
(4) 1:100	1:100	1337 pulse (5)	0 pulse	(6) 11000 pulse/s
1:100	1:100	1336 pulse	0 pulse	11000 pulse/s

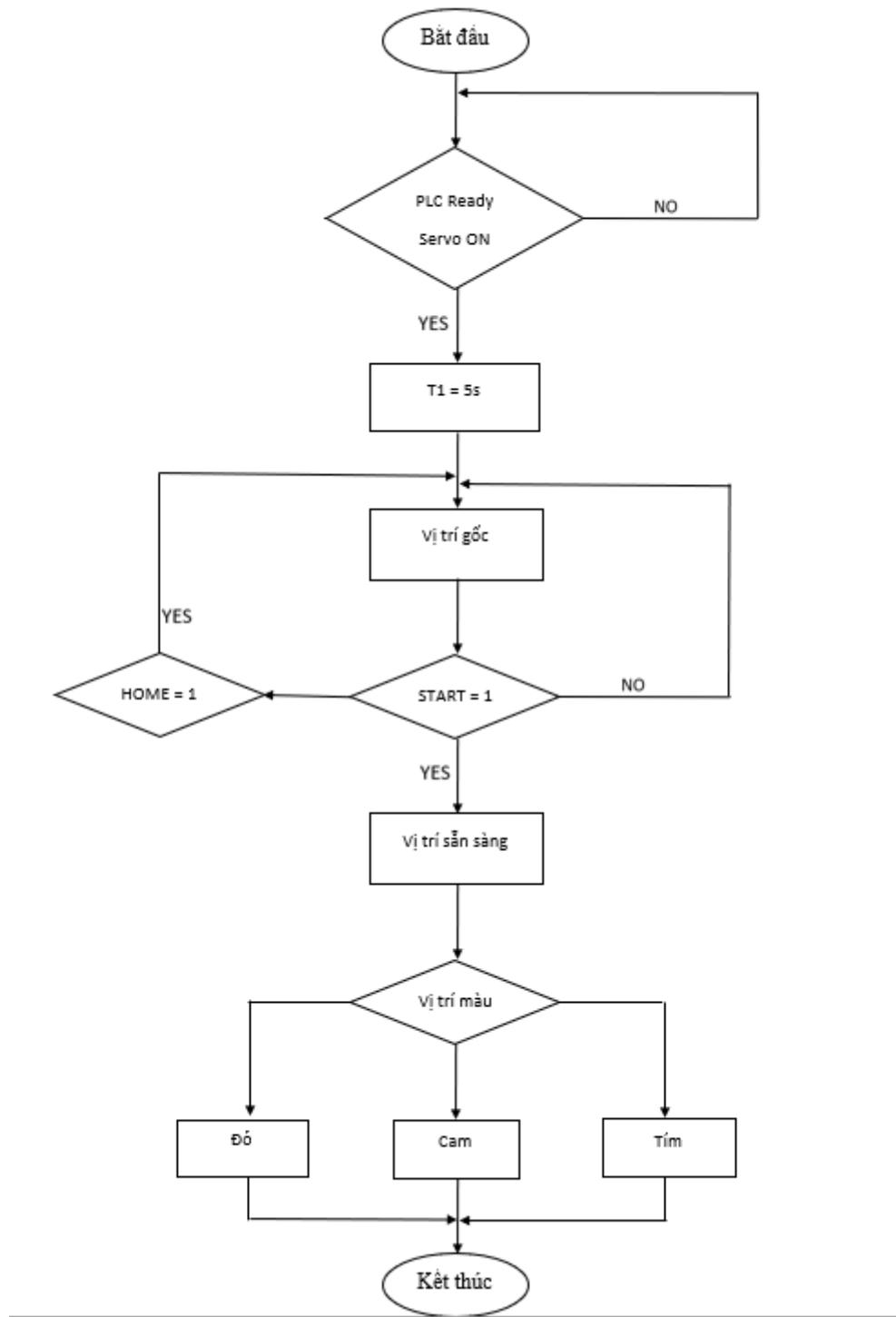
Hình 5.10: Cài đặt thông số vị trí

- (1) Số dữ liệu định vị trí: sử dụng số dữ liệu định vị trí để vận hành robot đến vị trí được lưu sẵn
- (2) Kiểu vận hành: sử dụng kiểu vận hành “END” tại những vị trí mà chỉ dữ liệu định vị của số được chỉ định mới được chạy.
- (3) Hệ thống điều khiển: Vì ở đây nhóm sử dụng chế độ chạy là ABS line 3 (phương pháp xác định vị trí tuyệt đối) điều khiển tuyến tính ba trục nên trục thứ 2 và 3 sẽ nội suy tốc độ theo trục 1.
- (4) Số thời gian tăng tốc và số thời gian giảm tốc
- (5) Địa chỉ định vị trí: Cài địa chỉ cần tay gấp robot cần di chuyển tới, mỗi trục sẽ có địa chỉ định vị trí riêng biệt.
- (6) Tốc độ lệnh: Tốc độ định vị trí phù hợp để robot di chuyển với tốc độ ổn định

Bài toán chương trình:

- Khởi động hệ thống, PLC ready, sau khi 3 công tắc hành trình trên 3 trục cánh tay robot được chạm đồng thời thì SERVO ON, sau 5s thì 3 trục sẽ dịch chuyển theo chiều thuận một khoảng xung đã được lưu từ trước và điểm tại đây sẽ được set là điểm HOME.
- Sau khi nhấn nút START, tay gấp của robot sẽ di chuyển đến vị trí gần băng truyền và sẵn sàng thực hiện chu trình phân loại sản phẩm, băng truyền và máy bơm khí nén bắt đầu hoạt động.
- Nút nhấn HOME khi được kích hoạt, tay gấp sẽ di chuyển về điểm HOME sau khi đã thả vật vào vị trí phân loại, sau 3s thì băng truyền dừng, máy bơm khí nén ngắt.

Lưu đồ chương trình PLC



Hình 5.11: Lưu đồ chương trình PLC

Hình 5.12: Chương trình bắt đầu định vị trí

5.6. Ứng dụng động học thuận và động học nghịch

5.6.1. Ứng dụng động học thuận để tìm vị trí ban đầu

Dùng phần mềm matlab áp dụng động học thuận để tính vị trí gấp và thả sản phẩm đầu tiên.

The screenshot shows the Matlab environment. On the left is the Editor window displaying the FKinem.m script. On the right is the Command Window showing the execution of the script with input values (1), (2), (3), (4) and the resulting output values for x0, y0, z0, and ff.

```
1  function [x0, y0, z0, ff] = FKinem(inl, in2, in3, mode)
2      % global f e rf re
3      % f = 90;
4      % e = 60;
5      % rf = 50;
6      % re = 100;
7
8      % w_b = 225;
9      % f = w_b/(sin(pi/3)/3);
10     % w_p = 75;
11     % e = w_p/(sin(pi/3)/3);
12     % rf = 315;
13     % re = 825;
14
15     % f = 135;
16     % e = 35;
17     w_b = 135;
18     f = w_b/(sin(pi/3)/3);
19     w_p = 35;
20     e = w_p/(sin(pi/3)/3);
21     rf = 300.
```

Command Window

```
>> [x0, y0, z0, ff] = FKinem(5533, 4055, 1985, 1)
               (1)   (2)   (3)   (4)
x0 =
-127.9431

y0 =
231.5495

z0 =
-610.9799

ff =
0

fx >>
```

Hình 5.13: Tìm vị trí bằng phương trình động học thuận trên Matlab

- (1) Số xung của trục 1
- (2) Số xung của trục 2
- (3) Số xung của trục 3
- (4) Chế độ nhập 1: Tính theo xung

0: Tính theo góc

Sử dụng chức năng điều khiển định vị trí điều khiển 3 trục để xác định vị trí thả sản phẩm thứ nhất, ta sẽ thu được số xung cần thiết của từng trục để có thể tính động học thuận. Sau khi nhập số xung và tính toán xong ta thu được vị trí X₀, Y₀, Z₀ như hình 5.14.

5.6.2. Ứng dụng động học nghịch để xác định góc quay

Sau khi có được tọa độ X₀, Y₀, Z₀ của vị trí gấp và thả sản phẩm đầu tiên ta nhập dữ liệu tọa độ vào phương trình động học nghịch để tính góc quay của từng trục, từ đó suy ra được số xung các trục cần gấp hoặc thả các sản phẩm tiếp theo như hình 5.16.

Trong đó:

- fq1: Số xung của trục 1
- fq2: Số xung của trục 2
- fq3: Số xung của trục 3
- theta1: Góc quay của trục 1
- theta2: Góc quay của trục 2
- theta3: Góc quay của trục 3

Sau khi tính được số xung cần thiết cho từng trục ta đưa dữ liệu vào Positioning Address của từng vị trí và từng trục muốn điều khiển.

No.	Operation pattern	Control system	Positioning address	Command speed	Dwell time	M code
1	0:END <Positioning Comment>	15h:ABS line 3	356 pulse	11000 pulse/s	0 ms	1
2	0:END <Positioning Comment>	15h:ABS line 3	1337 pulse	11000 pulse/s	0 ms	2
3	0:END <Positioning Comment>	15h:ABS line 3	1336 pulse	11000 pulse/s	0 ms	3

Hình 5.14: Số xung 3 vị trí của 1 trục

```

1  function [fq1, fq2, fq3, thetal, theta2, theta3, fw] = IKinem(X, Y, Z)
2 -     x0 = X;
3 -     y0 = Y;
4 -     z0 = Z;
5 -     thetal = IKinemTh(x0,y0,z0);

Command Window

>> [fq1, fq2, fq3, thetal, theta2, theta3, fw] = IKinem(-130, 225, -555)
                           X0   Y0   Z0
fq1 =
4.9912e+03

fq2 =
3.4686e+03

fq3 =
1.2819e+03

thetal =
74.8679

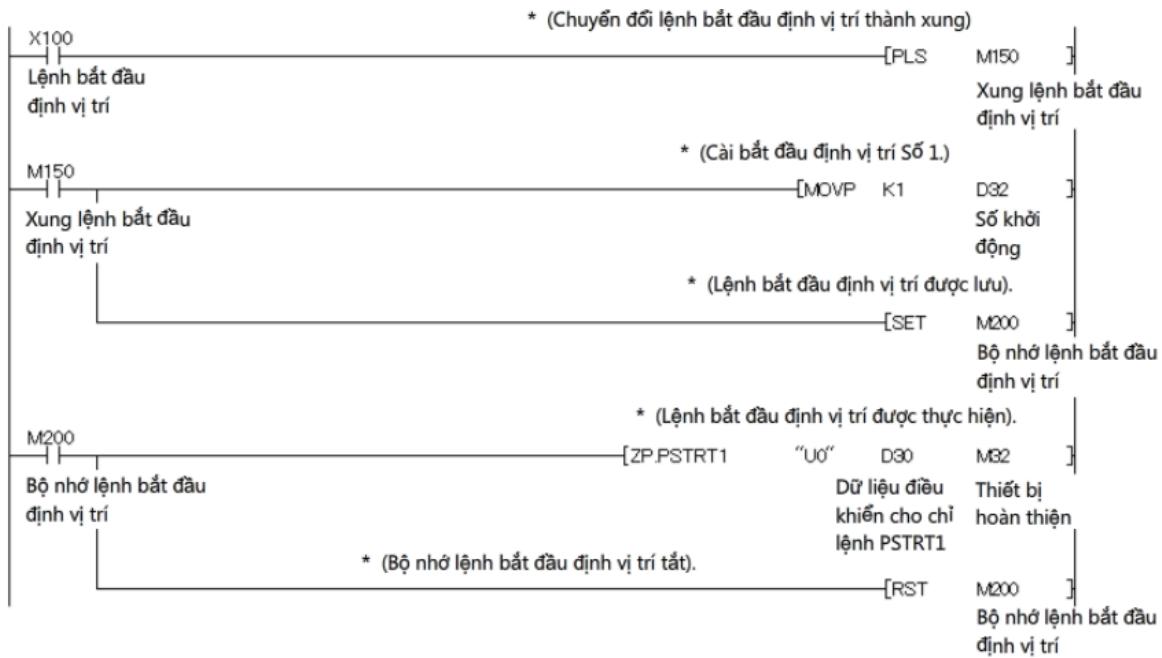
theta2 =
52.0294

theta3 =
19.2287

```

Hình 5. 15: Ứng dụng động học nghịch để tính số xung và góc quay của từng trục

Chỉ lệnh bắt đầu điều khiển vị trí ZP.PSTRTx:



Ký hiệu của chỉ lệnh	Điều kiện thực hiện	Mạch
ZP.PSTRT□		

Hình 5.16: Chỉ lệnh bắt đầu điều khiển vị trí

x nhập từ 1 đến 4 tương đương với trực 1 đến trực 4

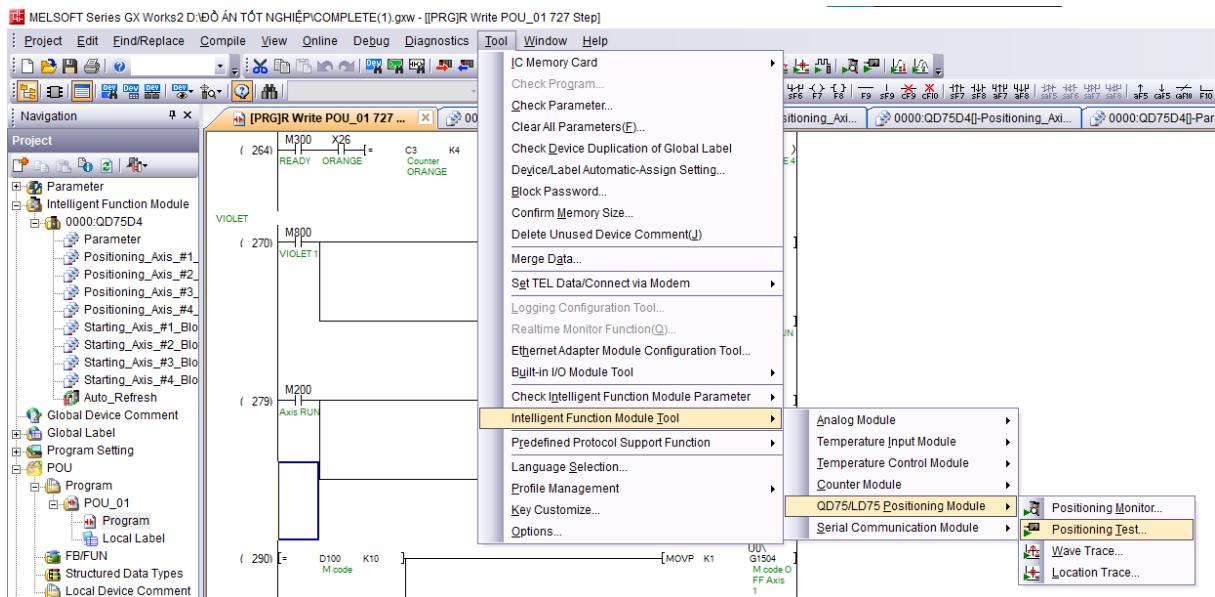
Un: Số I/O khởi động cho QD75D4

(S): Số khởi động cho một thiết bị trong đó dữ liệu điều khiển được lưu

(D): Số khởi động cho một thiết bị bit được bật cho một chu kỳ quét khi hoàn thành chỉ lệnh.

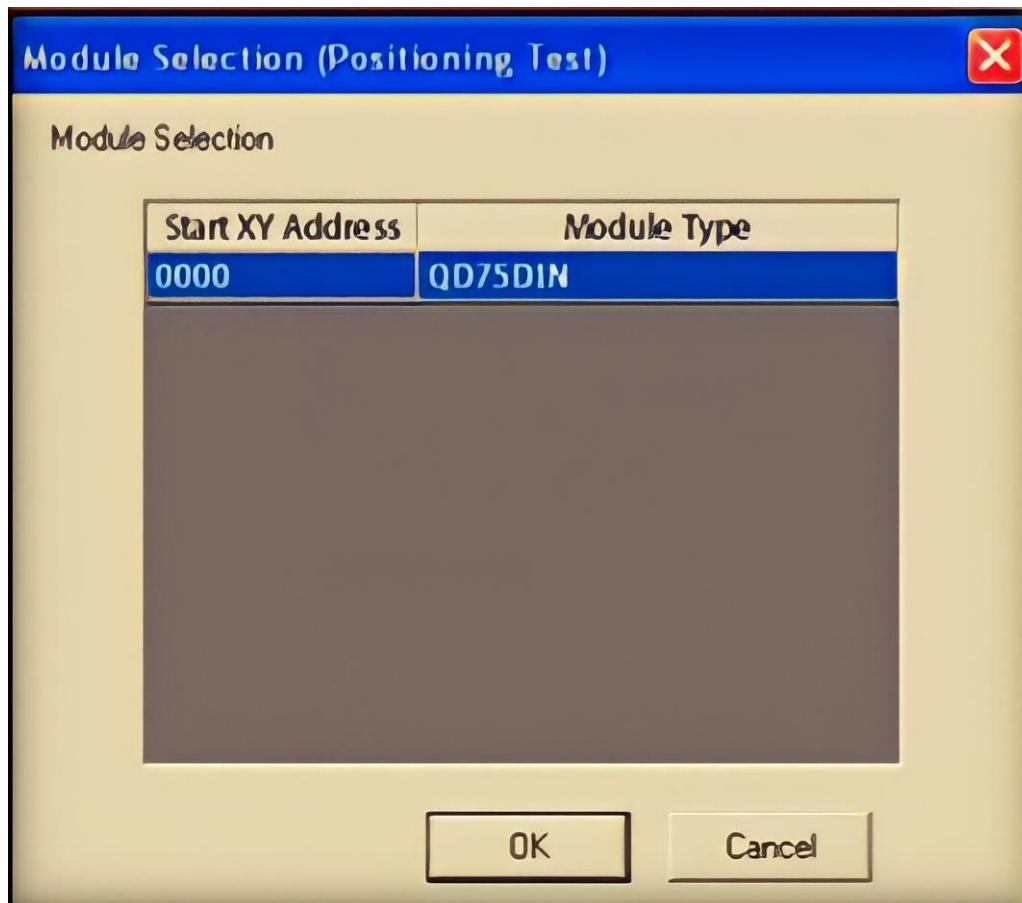
5.7. Vận hành thử hệ thống

Vận hành thủ công để kiểm tra định vị trí ta làm theo các bước sau:

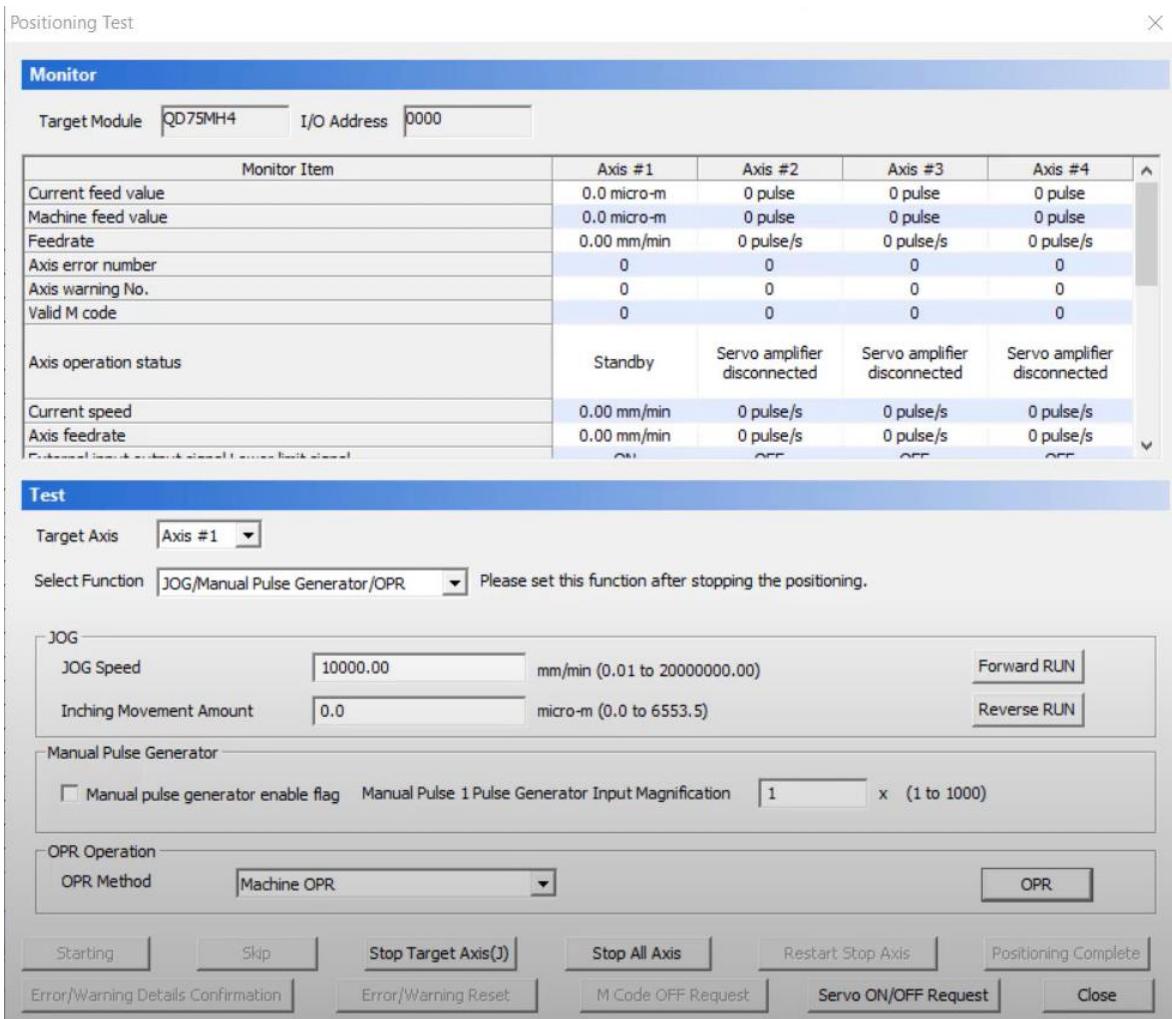


Hình 5.17: Các bước mở Positioning Test

Cửa sổ Positioning Test sẽ xuất hiện



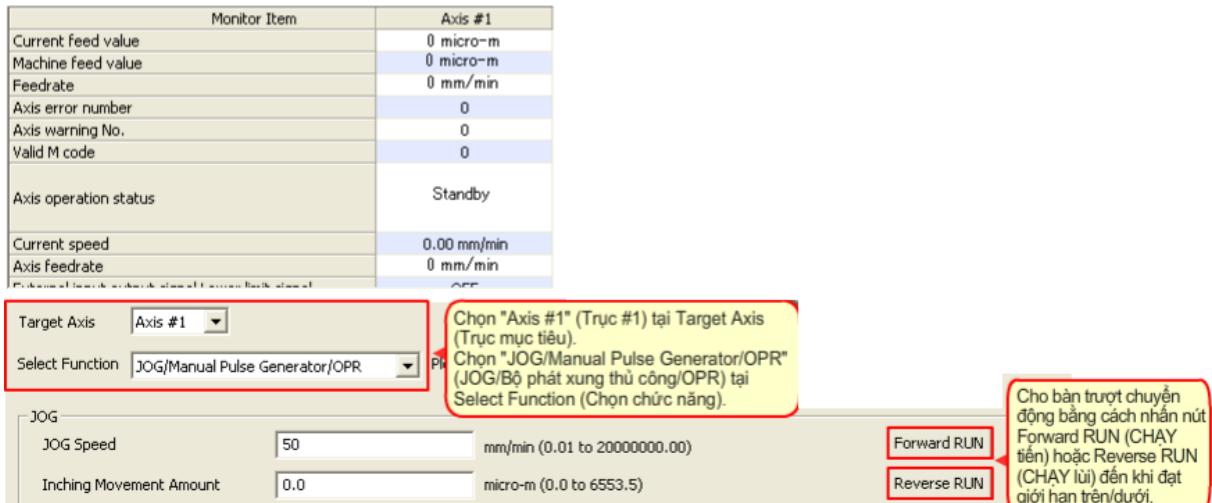
Hình 5.18: Cửa sổ Module Selection



Hình 5.19: Cửa sổ Positioning Test

5.7.1. Vận hành thử chế độ chạy JOG

Tốc độ JOG không được vượt quá giới hạn đã được cài đặt trong Parameter QD75D4.



Hình 5.20: Giao diện chạy JOG

5.7.2. Vận hành thử chế độ chạy OPR

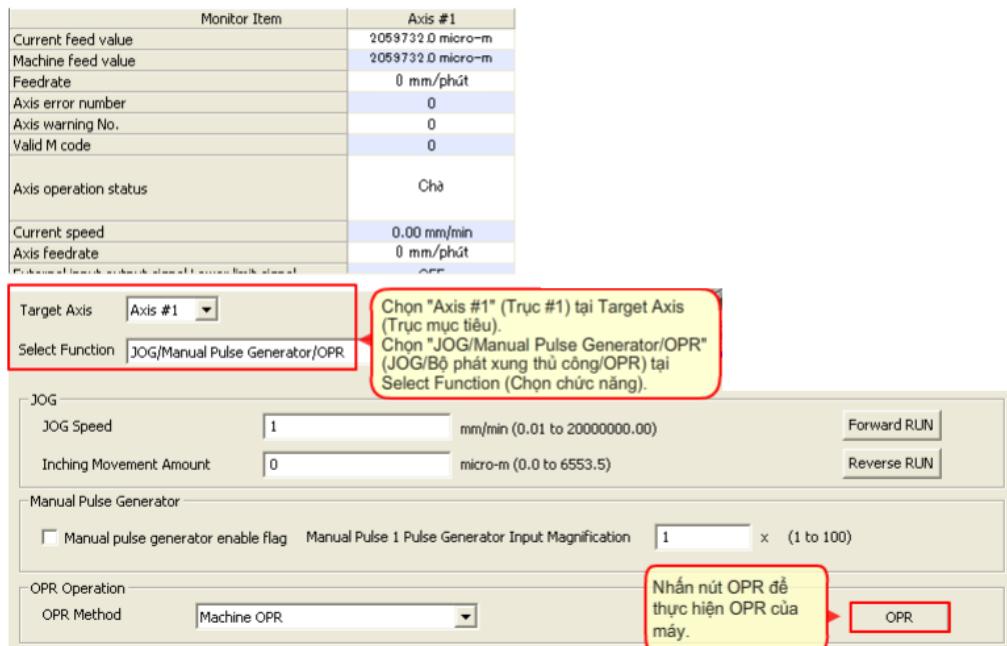
5.7.2.1. Thiết lập tham số OPR

..... OPR method	1:Stopper Method(1)
..... OPR direction	1:Reverse Direction(Address Decrease Direction)
..... OP address	0 pulse
..... OPR speed	1000 pulse/s
..... Creep speed	500 pulse/s
..... OPR retry	0:Do not retry OPR with limit switch

Hình 5.21: Thiết lập tham số OPR trong Parameter

- OPR method: Chọn phương pháp OPR của máy
- OPR direction (hướng OPR): hướng di chuyển OPR. Nếu trở lại vị trí ban đầu ta chọn quay nghịch làm giảm địa chỉ nên chọn “Reverse Direction”
- OP address: địa chỉ OP
- OPR speed: tốc độ khi vận hành chế độ OPR
- Creep speed: tốc độ trượt, cài tốc độ thấp hơn tốc độ OPR vì Op có vai trò vị trí tham chiếu của điều khiển vị trí nên cần phải có độ chính xác dừng cao. Khi tín hiệu đầu vào của trình theo dõi tiềm cân điểm bật, tốc độ OPR sẽ giảm xuống tốc độ trượt cải thiện độ chính xác dừng

5.7.2.2. Chạy thử OPR của máy

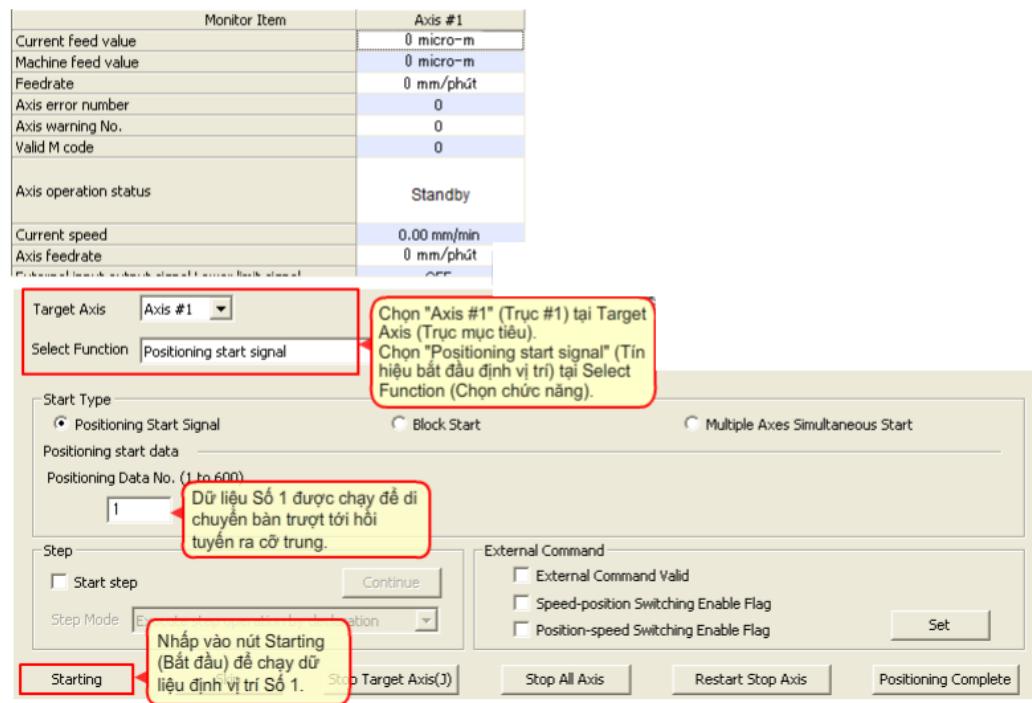


Hình 5.22: Giao diện chạy OPR

Để vận hành chế độ chạy thử OPR ta chọn “JOG/Manual Pulse Generator/OPR”

5.7.3. Vận hành thử chế độ định vị trí

Chọn “Positioning Start Signal” để chạy dữ liệu định vị trí mà không cần PLC



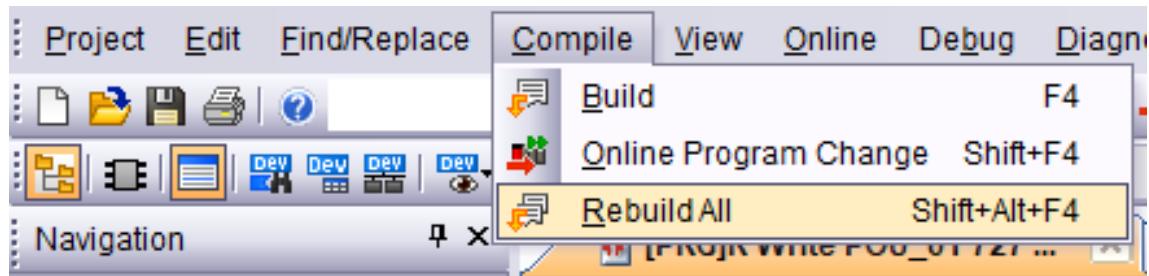
Hình 5.23: Chạy chế độ định vị trí

5.8. Tiến hành nạp chương trình vào PLC

Bảng 5.2: Bảng địa chỉ input và output

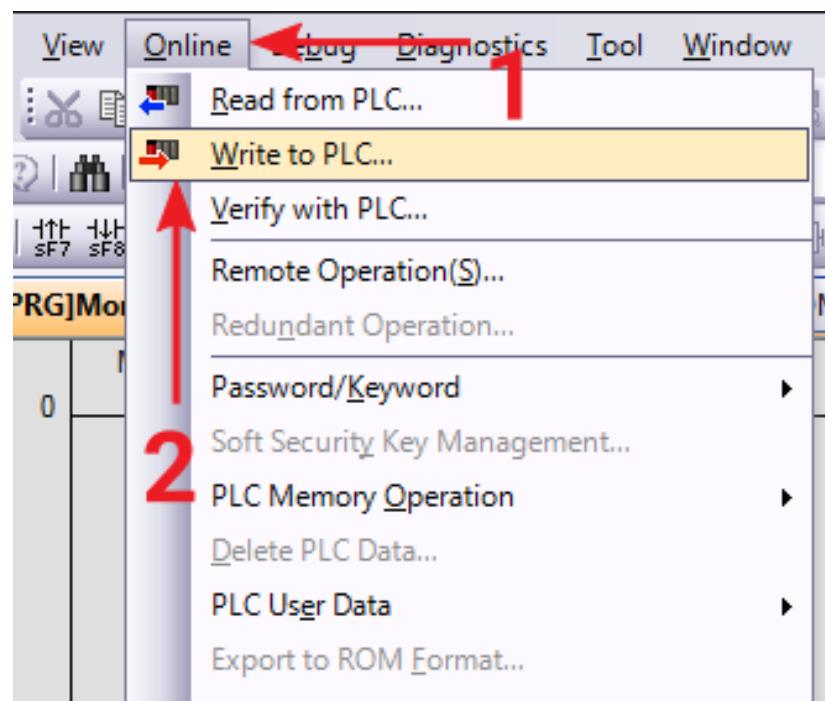
INPUT	Chức năng	OUTPUT	Chức năng
X8	Lỗi trục 1	Y0	PLC Ready
X9	Lỗi trục 2	Y1	Servo ON
X0A	Lỗi trục 3	YB	Bật/tắt khí nén
X21	Công tắc hành trình trục 1	YC	Relay khí nén
X22	Công tắc hành trình trục 2	YD	Servo ON trục 3
X23	Công tắc hành trình trục 3	YE	Servo ON trục 2
X24	Vị trí sản phẩm màu tím	YF	Servo ON trục 1
X25	Vị trí sản phẩm màu đỏ		
X26	Vị trí sản phẩm màu cam		
X29	Vị trí chò		
X2A	E-stop		
X2B	Vị trí Home		
X2C	Start		

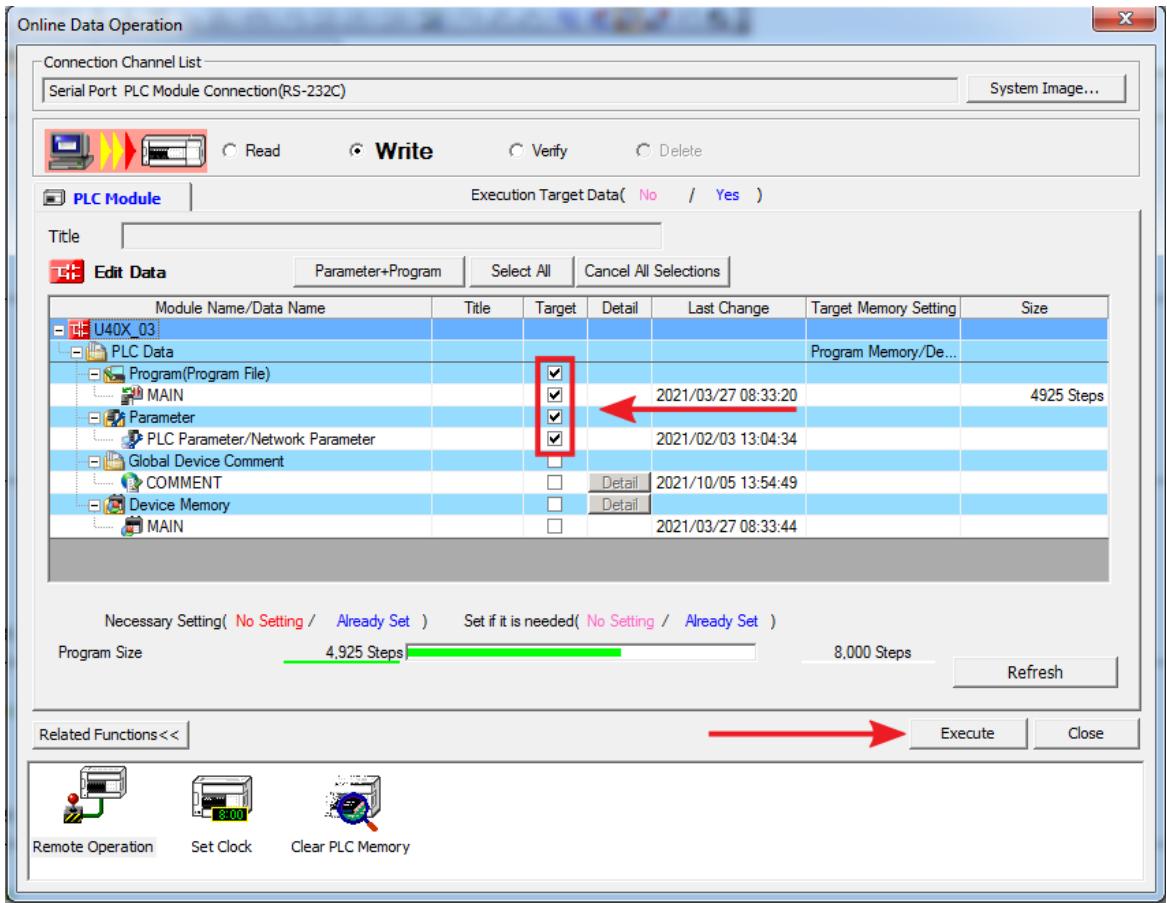
Trước khi nạp chương trình vào PLC ta thực hiện biên dịch chương trình bằng cách sau đây



Hình 5.24: Biên dịch chương trình

Sau đó tiến hành nạp chương trình vào PLC





Hình 5.25: Giao diện nạp chương trình vào PLC

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

6.1. Kết luận

Hiện tại, robot Delta đã hoàn thành các bước thiết kế, lựa chọn cầu hình robot và điều khiển. Robot được thiết kế vận hành theo tính lưu vị trí trên PLC đã được nhập vào.

Robot được thiết kế với kích thước vừa phải, phù hợp với một mô hình nhà máy thu nhỏ, đáp ứng được các yêu cầu về phần cơ khí, khả năng vận hành nhanh và chính xác. Lựa chọn và tổng hợp được tất cả các thiết bị và linh kiện điện tử cần thiết cho đề tài, phù hợp với yêu cầu thiết kế.

Nhóm đã thành công chế tạo “**Robot Delta phân loại sản phẩm**” phù hợp với các yêu cầu thiết kế ban đầu mà nhóm đã đề ra. Robot vận hành tốt, tốc độ ổn định, nhanh và chính xác. Phần mềm và phần cứng đều được hoàn thiện tương thích với mục tiêu nhiệm vụ của robot.



Hình 6.1 Hình ảnh Robot thực tế.

6.2. Hạn chế của đề tài

- Module PLC chỉ điều khiển qua lưu điểm thiết lập nên vẫn chưa thể vận hành 100% tự động hóa.
- Một số các bộ phận cánh tay song song khá phức tạp, chi phí gia công cnc 4 trục cũng như vật liệu tốt đắt đỏ, nhóm tác giả gia công bằng nhựa nên vẫn chưa chắc chắn.
- Mô hình điều khiển chưa được áp dụng PID nên trong quá trình hoạt động của robot chưa có sự thay đổi tốc độ đáp ứng theo từng tình huống.
- Chưa thể áp dụng động học vào PLC nên không thể điều khiển chế độ manual.

6.3. Hướng phát triển

- Tích hợp động học và PID vào quá trình điều khiển
- Các bộ phận cơ khí gia chắc chắn hơn
- Điều khiển bằng xử lý ảnh để tự động bắt sản phẩm ở tất cả các vị trí trong vùng hoạt động của robot.
- Tự động hóa 100%.
- Phát triển thành robot Delta 5 trục giúp phục vụ đa dạng nhu cầu

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Xuân Hoàng, Lê Hoài Nam, bài toán động học động lực học và phương pháp thiết kế hình học cho robot delta kiểu ba khớp quay, tạp chí khoa học và công nghệ đại học Bách Khoa Đà Nẵng, số 11(132).2018, quyển 1, pp.36-40, 2018.

[2] X.-J. Liu, J. Wang, H. Zheng, “Workspace atlases for the computer aided design of the Delta robot”, Proc. IMECHE part C: J. Mech. Engrg. Sci., vol. 217, pp. 861-869, 2003.

[3] Robert L. Williams, “The Delta Parallel Robot: Kinematics Solutions”, Mechanical Engineering, Ohio University, October 2016.

Link tham khảo:

https://vi.wikipedia.org/wiki/X%E1%BB%AD_1%C3%BD_%E1%BA%A3nh

https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/vie/1-Positioning_fod_vie.pdf

https://vi.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi

<https://raspberrypi.vn/raspberry-pi-la-gi-gioi-thieu-ve-raspberry-pi-261.pi>

[https://vi.wikipedia.org/wiki/Python_\(ngôn_ngữ_lập_trình\)](https://vi.wikipedia.org/wiki/Python_(ngôn_ngữ_lập_trình))

<https://fulle.com.vn/module-qd75d2-dieu-khien-servo-n43.html>