

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY**

**BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ**



**HCMUTE**

**ĐỒ ÁN CƠ ĐIỆN TỬ**

**Robot nhặt bóng tennis tự động**

**SVTH**

Nguyễn Hữu Chí

Trần Khánh Duy

Nguyễn Đức Bình

**MSSV**

20146093

20146093

20146093

**GVHD: Đỗ Văn Hiến**

## LỜI CAM KẾT

**Tên đề tài:**

**GVHD:** Đỗ Văn Hiến

**Sinh viên thực hiện:**

Nguyễn Hữu Chí

MSSV: 20146093

Trần Khánh Duy

MSSV: 20146093

Nguyễn Đức Bình

MSSV: 20146093

**Liên hệ:** 0396209604

**Email:** [20146093@student.hcmute.edu.vn](mailto:20146093@student.hcmute.edu.vn)

Lời cam kết: “Tôi xin cam đoan đề tài “Thiết kế và chế tạo robot nhặt bóng tennis tự động” này là công trình do chính tôi nghiên cứu và thực hiện. Tôi không sao chép từ bất kỳ một bài viết nào đã được công bố mà không trích dẫn nguồn gốc. Nếu có bất kỳ một sự vi phạm nào, tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm”

**Sinh viên thực hiện**

Nguyễn Hữu Chí

Trần Khánh Duy

Nguyễn Đức Bình

## LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện đồ án này, chúng tôi không thể không biết ơn và bày tỏ lòng tri ân sâu sắc đến những người đã hỗ trợ, hướng dẫn và đồng hành cùng chúng tôi trong suốt quãng thời gian thực hiện dự án cơ điện tử này.

Đầu tiên và trên hết, chúng tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến thầy Đỗ Văn Hiến, người đã dành thời gian và công sức để hướng dẫn, giúp đỡ chúng tôi vượt qua những thách thức và hoàn thành dự án một cách thành công. Sự kiên nhẫn và sự nhiệt huyết của thầy Đỗ Văn Hiến là nguồn động viên quý báu giúp chúng tôi hiểu sâu và áp dụng kiến thức đã học trong lĩnh vực cơ điện tử.

Nhóm cũng muốn bày tỏ lòng biết ơn đặc biệt đến các thầy cô tại trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, đặc biệt là bộ môn Cơ điện tử, đã truyền đạt kiến thức với sự tận tâm và hỗ trợ nhóm nhiệt tình suốt thời gian học tập và hoàn thành đồ án.

Sau đó, nhóm xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến gia đình, người thân, và bạn bè, đã luôn đồng hành, quan tâm, là nguồn chia sẻ kiến thức, kinh nghiệm để chúng tôi có thể hoàn thiện đồ án này nhóm trong quá trình học tập và hoàn thành đồ án suốt thời gian qua.

Cuối cùng, mặc dù nhóm đã cố gắng hoàn thiện đồ án, nhưng do thời gian và kinh nghiệm còn hạn chế, nên nhóm nhận thức rằng vẫn có những sai lầm. Nhóm mong nhận được sự góp ý và nhận xét quý báu từ các thầy cô để nhóm có thể hoàn thiện và nâng cao kiến thức hơn.

**Xin chân thành cảm ơn!**

**Sinh viên thực hiện**

Nguyễn Hữu Chí

Trần Khánh Duy

Nguyễn Đức Bình

## TÓM TẮT

Quần vợt là một môn thể thao đầy năng động, yêu cầu người chơi sử dụng vợt đánh bóng sang sân đối thủ để ghi điểm. Một số người chơi quần vợt đã trải qua cuộc khảo sát và phản ánh rằng họ gặp khó khăn khi tự luyện tập một mình. Việc di chuyển quanh sân tennis để nhặt bóng trong các buổi tập được coi là một lãng phí sức lực. Do đó, các nghiên cứu để phát triển một robot có khả năng hoạt động như một trợ lý, giúp người chơi quần vợt thu thập các quả bóng tennis khi cần thiết mà không cần giám sát hay điều khiển của con người.

Mục tiêu chính của dự án là thiết kế và phát triển một hệ thống nhận dạng quả bóng tennis, đồng thời có khả năng xác định hình dạng và vị trí của chúng một cách chính xác và nhanh chóng. Trong quá trình nhận dạng bóng, nhóm đã đề xuất sử dụng kỹ thuật nhận dạng màu sắc để phân tách quả bóng tennis khỏi nền. Các thuộc tính vùng như diện tích, độ lệch tâm của quả bóng cũng được áp dụng để phân biệt chúng với nền và các vật thể tương tự. Kỹ thuật này được tích hợp cùng với hệ thống thu thập bóng tennis, bao gồm cả hệ thống máy phóng bóng và hệ thống điều khiển robot.

Kết quả là nhóm nghiên cứu đã thành công trong việc chế tạo robot hỗ trợ thu thập bóng tennis, với ba chức năng chính là nhận dạng quả bóng thông qua camera, điều khiển robot đến vị trí của quả bóng, và thu gom quả bóng bằng hệ thống phóng bóng.

# MỤC LỤC

|   |      |
|---|------|
| LỜI CAM KẾT.....                                      | i    |
| LỜI CẢM ƠN.....                                       | ii   |
| TÓM TẮT.....  | iii  |
| DANH MỤC BẢNG BIỂU.....                               | vii  |
| DANH MỤC SƠ ĐỒ HÌNH VẼ.....                           | viii |
| DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....                             | x    |
| CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU CHUNG.....                        | 1    |
| 1.1 Tổng quan.....                                    | 1    |
| 1.2 Đặt vấn đề.....                                   | 2    |
| 1.3 Giới hạn đề tài.....                              | 2    |
| 1.4 Nội dung trình bày.....                           | 3    |
| CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....                         | 4    |
| 2.1 Cơ sở lý thuyết xử lý ảnh.....                    | 4    |
| 2.1.1 Các khái niệm trong xử lý ảnh.....              | 4    |
| 2.1.2 Lý thuyết xử lý ảnh.....                        | 6    |
| 2.1.3 Thu nhận ảnh.....                               | 7    |
| 2.1.4 Kỹ thuật tiền xử lý ảnh.....                    | 7    |
| 2.1.5 Nhận dạng.....                                  | 8    |
| 2.1.6 Xác định vị trí.....                            | 9    |
| 2.2 Bộ điều khiển PID.....                            | 9    |
| 2.3 Giao tiếp USB CDC.....                            | 11   |
| 2.4 Giao tiếp UART - Bluetooth.....                   | 12   |
| 2.5 Đọc xung Encoder.....                             | 13   |
| 2.6 Ngôn ngữ lập trình Python và thư viện OpenCV..... | 14   |
| 2.6.1 Ngôn ngữ lập trình Python.....                  | 14   |
| 2.6.2 Thư viện OpenCV.....                            | 15   |
| CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN.....                   | 16   |
| 3.1 Thông số kỹ thuật.....                            | 16   |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 Thiết kế cơ khí.....   | 17 |
| 3.2.1 Lựa chọn cơ cấu nhật bóng.....                                       | 17 |
| 3.2.2 Tính toán lựa chọn động cơ.....                                      | 19 |
| 3.2.3 Tìm hệ số PID.....   | 22 |
| 3.2.4 Thiết kế khung, vỏ robot.....  | 23 |
| 3.2.5 Thiết kế phần truyền động.....                                       | 24 |
| 3.2.6 Thiết kế cơ cấu thu, nhật bóng.....                                  | 25 |
| 3.3 Thiết kế kỹ thuật điện tử.....   | 26 |
| 3.3.1 Sơ đồ khối hệ thống điện tử.....                                     | 26 |
| 3.3.2 Các thiết bị điện tử.....  | 27 |
| 3.4 Thiết kế giải thuật.....   | 37 |
| 3.4.1 Lưu đồ giải thuật khối Điều khiển.....                               | 37 |
| 3.4.2 Lưu đồ giải thuật khối App điều khiển.....                           | 38 |
| 3.4.3 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data uart.....                          | 39 |
| 3.4.4 Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (nhật bóng)..... | 40 |
| 3.4.5 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý ảnh.....                                | 41 |
| 3.4.6 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data usb.....                           | 42 |
| 3.4.7 Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (di chuyển)..... | 43 |
| 3.5 Mô phỏng Gazebo.....   | 43 |
| CHƯƠNG 4 THI CÔNG VÀ THỰC NGHIỆM.....                                      | 45 |
| 4.1 Thi công mô hình.....  | 45 |
| 4.1.1 Chuẩn bị phần cứng.....  | 45 |
| 4.1.2 Lắp ráp.....   | 46 |
| 4.2 Thực nghiệm.....   | 48 |
| 4.3 Phân tích.....   | 51 |
| CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN.....   | 52 |
| 5.1 Kết quả.....   | 52 |
| 5.2 Các hạn chế.....   | 52 |
| 5.3 Các lĩnh vực cần nghiên cứu thêm.....                                  | 52 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| TÀI LIỆU THAM KHẢO..... | 53 |
|-------------------------|----|

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

|  |    |
|--|----|
| Bảng 2.1: Phương pháp IMC cho hàm truyền bậc 1.....          | 10 |
| Bảng 2.2: Tác động của việc tăng một thông số độc lập.....   | 11 |
| Bảng 3.1: Thông số kỹ thuật đầu vào của robot.....           | 16 |
| Bảng 3.2: Thông số động cơ dẫn động.....                     | 20 |
| Bảng 3.3: Thông số động cơ nhặt bóng.....                    | 22 |
| Bảng 3.4: Thông số PI của động cơ dẫn động.....              | 22 |
| Bảng 3.5: Thông số Raspberry Pi 3B+.....                     | 29 |
| Bảng 3.6: Thông số Camera Raspberry Pi 5MP.....              | 31 |
| Bảng 3.7: Thông số Kit STM32F103C8T6.....                    | 32 |
| Bảng 3.8: Thông số Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960..... | 33 |
| Bảng 3.9: Thông số Module Bluetooth HC-05.....               | 34 |
| Bảng 3.10: Thông số dòng tiêu thụ của các thiết bị.....      | 35 |
| Bảng 3.11: Thông số mạch giảm áp Buck DC-DC LM2596.....      | 36 |
| Bảng 4.1: Tổng hợp linh kiện của robot.....                  | 46 |



## DANH MỤC HÌNH VẼ

|   |    |
|---|----|
| Hình 1.1: Giải đấu thể thao RoBoCup cho robot.....            | 1  |
| Hình 2.1: Ví dụ về điểm ảnh của ảnh xám và ảnh màu.....       | 4  |
| Hình 2.2: Ví dụ về ảnh số.....                                | 5  |
| Hình 2.3: Không gian màu RGB.....                             | 5  |
| Hình 2.4: Không gian màu HSV.....                             | 6  |
| Hình 2.5: Ví dụ về lọc nhiễu.....                             | 7  |
| Hình 2.6: Ảnh gốc dùng để thử nghiệm.....                     | 8  |
| Hình 2.7: Kết quả khi sử dụng phân đoạn màu.....              | 9  |
| Hình 2.8: Sơ đồ khối thuật toán PID.....                      | 10 |
| Hình 2.9: Bộ điều khiển PID được viết dưới dạng Laplace.....  | 10 |
| Hình 2.10: Minh họa giao tiếp UART.....                       | 12 |
| Hình 2.11: Nguyên lý hoạt động Encoder.....                   | 13 |
| Hình 3.1: Thông số đầu vào của Tennibot.....                  | 16 |
| Hình 3.2: Robot sử dụng băng chuyền để thu gom bóng.....      | 17 |
| Hình 3.3: Robot sử dụng băng chuyền để thu gom bóng.....      | 18 |
| Hình 3.4: Bánh xe thu thập bóng.....                          | 18 |
| Hình 3.5: Minh họa mô hình toán học cho bánh xe chủ động..... | 19 |
| Hình 3.6: Minh họa bài toán.....                              | 21 |
| Hình 3.7: Kết quả của mô hình $P_{Gc} = 0,005$ .....          | 23 |
| Hình 3.8: Mô hình tổng quan của khung và vỏ robot.....        | 24 |
| Hình 3.9: Cơ cấu truyền động chính.....                       | 24 |
| Hình 3.10: Cơ cấu truyền động thứ cấp.....                    | 25 |
| Hình 3.11: Cơ cấu dẫn hướng để gom bóng.....                  | 25 |
| Hình 3.12: Cơ cấu nhặt bóng.....                              | 26 |
| Hình 3.13: Sơ đồ khối hệ thống điện điện tử.....              | 26 |
| Hình 3.14: Raspberry pi3B+.....                               | 27 |
| Hình 3.15: Sơ đồ chân raspberry pi 3B+.....                   | 28 |
| Hình 3.16: Chức năng phần cứng raspberry pi 3B+.....          | 28 |
| Hình 3.17: Hình ảnh Camera Raspberry Pi 5MP.....              | 30 |
| Hình 3.18: Kit STM32F103C8T6.....                             | 31 |
| Hình 3.19: Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960.....          | 32 |
| Hình 3.20: Module Bluetooth HC-05.....                        | 33 |
| Hình 3.21: Ắc quy dungnại 12V - 14Ah.....                     | 35 |
| Hình 3.22: Mạch giảm áp BUCK DC-DC LM2596 .....               | 36 |
| Hình 3.24: Lưu đồ giải thuật khối Điều Khiển.....             | 37 |
| Hình 3.25: Lưu đồ giải thuật khối App điều khiển.....         | 38 |
| Hình 3.26: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data uart.....        | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Hình 3.27: Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (nhặt bóng)..... | 40 |
| Hình 3.28: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý ảnh.....                                | 41 |
| Hình 3.29: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data usb.....                           | 42 |
| Hình 3.30: Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (di chuyển)..... | 43 |
| Hình 3.31: Mô phỏng trên Gazebo.....  | 44 |
| Hình 4.1: Khung Robot.....  | 46 |
| Hình 4.2: Cơ cấu nhặt bóng.....   | 46 |
| Hình 4.3: Cơ cấu dẫn hướng gom bóng.....  | 47 |
| Hình 4.4: Kết nối các thiết bị.....   | 47 |
| Hình 4.5: Robot hoàn chỉnh.....   | 48 |
| Hình 4.6: Ảnh chưa xử lý và ảnh sau khi qua mặt nạ lọc màu.....                 | 49 |
| Hình 4.7: Kết quả nhận diện và trả về tọa độ.....                               | 49 |
| Hình 4.8: Trường hợp xuất hiện nhiều hơn 1 quả bóng.....                        | 49 |
| Hình 4.9: Thử nghiệm lượm bóng trường hợp 1.....                                | 50 |
| Hình 4.10: Thử nghiệm lượm bóng trường hợp 2.....                               | 50 |
| Hình 4.11: Robot định vị thành công và đang đi lượm bóng.....                   | 51 |

## DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

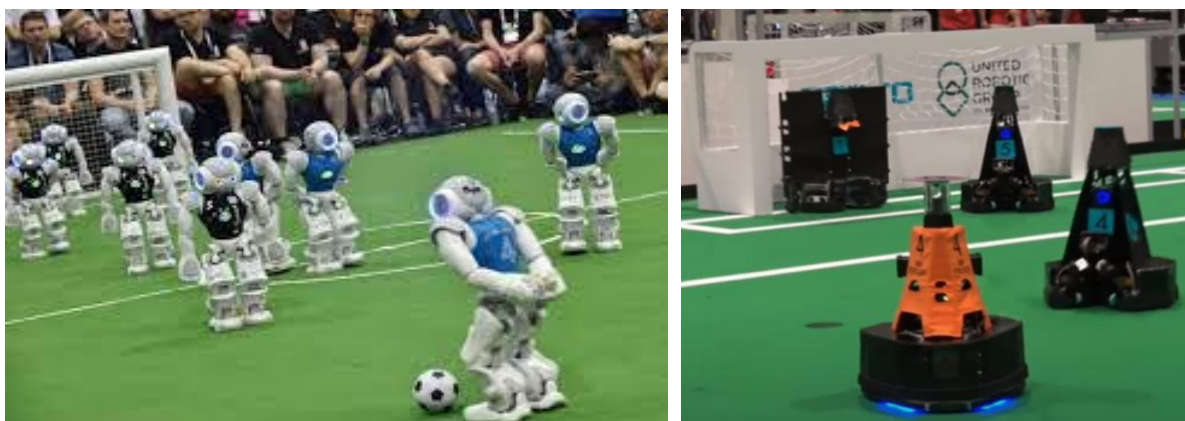
|         |  |
|---------|--|
| PID     | <u>P</u> roportional- <u>I</u> ntegral- <u>D</u> erivative (PID)             |
| USB CDC | <u>U</u> SB <u>C</u> ommunication <u>D</u> evice <u>C</u> lass               |
| USB     | <u>U</u> niversal <u>S</u> erial <u>B</u> us                                 |
| UART    | <u>U</u> niversal <u>A</u> synchronous <u>R</u> eceiver- <u>T</u> ransmitter |

## CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU CHUNG

### 1.1 Tổng quan

Trong bối cảnh ngày càng phức tạp và đa dạng của thế giới hiện đại, chúng ta không ngừng đối mặt với nhiều thách thức và cơ hội đồng thời. Từ những thay đổi nhanh chóng trong kinh tế, chính trị đến những thách thức về môi trường và an sinh xã hội, con người đang ngày càng cần đến sự hỗ trợ của công nghệ để giải quyết những vấn đề này. Trong nước, chúng ta đang đối mặt với những thách thức về lao động, sản xuất và an sinh xã hội. Trong ngữ cảnh này, sự phát triển của robot và trí tuệ nhân tạo đã mở ra một hướng đi mới, mang lại nhiều cơ hội và tiềm năng. Đặc biệt, sự xuất hiện của robot đã làm thay đổi cách chúng ta thực hiện công việc hàng ngày, từ công nghiệp đến dịch vụ và giáo dục. Robot thay thế chúng ta trong công việc nguy hiểm và đòi hỏi sức lao động nặng nhọc. Từ sản xuất ô tô đến sản xuất hàng điện tử, robot có thể thực hiện các nhiệm vụ lặp đi lặp lại một cách chính xác và hiệu quả, giảm nguy cơ tai nạn lao động và tăng cường năng suất.

Việc tích hợp robot vào lĩnh vực thể thao không chỉ mang lại sự hiện đại và phong cách mới mẻ mà còn mở ra những cơ hội chưa từng có cho sự phát triển bền vững và đa dạng của ngành thể thao. Robot có khả năng mô phỏng chính xác các động tác và kỹ thuật thể thao, giúp người chơi nắm bắt được những điểm mạnh và yếu của mình. Chẳng hạn, robot có thể được lập trình để tái tạo các đòn kết hợp trong bóng đá, quần vợt, hay bóng bàn, giúp người chơi rèn luyện và hoàn thiện kỹ năng mà không cần đến sự giám sát của huấn luyện viên. Ngoài ra, trong các môn thể thao đòi hỏi sức mạnh và bền bỉ, robot cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong việc tăng cường hiệu suất cơ bắp và sức khỏe của người chơi. Robot có thể được thiết kế để thực hiện các bài tập tập luyện, giúp tăng cường sức mạnh, linh hoạt và sự ổn định của cơ bắp. Không chỉ giúp người chơi nâng cao kỹ thuật và cơ bắp, robot còn có thể được sử dụng trong việc tạo ra trải nghiệm thể thao ảo cho khán giả. Với công nghệ tiên tiến, robot có thể thay thế người chơi để tham gia các giải đấu bóng đá, quần vợt hoặc đua xe, mang lại trải nghiệm hấp dẫn và mới mẻ cho khán giả.



Hình 1.1: Giải đấu thể thao RoBoCup cho robot

## 1.2 Đặt vấn đề

Trong quần vợt chuyên nghiệp, trận đấu có thể kéo dài đến 3 giờ với ít hơn 10 phút nghỉ giữa các set. Để tập luyện cho sức bền trong những trận đấu như vậy trở nên khó khăn khi không có đối tác tập có đủ kỹ năng. Trong nhiều năm qua, người chơi quần vợt đã sử dụng máy đánh bóng tennis tự động để tập luyện mà không cần sự hỗ trợ từ đối tác.

Theo các thử nghiệm, một máy đánh bóng tự động chứa 100 quả bóng tennis sẽ phát ra với tốc độ trung bình 10 quả mỗi 29 giây. Do đó, tổng thời gian mà một máy đánh bóng tennis có thể hoạt động mà không cần nạp lại là 290 giây.

Vì vậy, thời gian tối đa mà một vận động viên quần vợt có thể tập luyện với máy đánh bóng tự động là 4 phút 50 giây. Sau đó, họ phải dừng lại và dành thời gian để thu thập quả bóng bằng cách sử dụng một rô xếp hàng dưới, một quy trình phổ biến trong quần vợt. Điều này là công việc đòi hỏi sức lực và thường bị coi thường bởi những người yêu thích quần vợt.

Tính toán cho thấy rằng người chơi sẽ mất hơn hai phút để thu thập tất cả các quả bóng sau khi máy đánh bóng đã sử dụng hết công suất. Do đó, có thể kết luận rằng sử dụng công nghệ hiện đại, một vận động viên sẽ dành khoảng  $\sim 35\%$  tổng thời gian để thu thập quả bóng thay vì tập luyện. Điều này là một tỷ lệ lớn về thời gian và cần phải giảm bớt để thực sự mô phỏng một trận đấu quần vợt hiệu quả.

Trong ngữ cảnh này, việc chọn đề tài "Robot nhặt bóng tennis tự động" không chỉ là sự kết hợp giữa nhu cầu thực tế của ngành thể thao mà còn là một động lực mạnh mẽ từ sự phát triển nhanh chóng của ngành công nghiệp robot học. Thiết kế một robot nhặt bóng tennis không chỉ giảm áp lực công việc cho người huấn luyện mà còn mang lại những ưu điểm đặc biệt trong việc cải thiện chất lượng buổi tập và giảm nguy cơ chấn thương cho người chơi. Thông qua việc nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực này, chúng ta có thể tận dụng tối đa những tiềm năng của robot học để nâng cao cả trải nghiệm huấn luyện và đào tạo trong thể thao.

## 1.3 Giới hạn đề tài

Để giải quyết vấn đề đã đặt ra trong lĩnh vực thu gom bóng tennis và nâng cao hiệu suất, có thể tập trung vào quy mô đề tài như sau:

- Thu gom bóng tự động:

Tạo ra máy thu gom bóng sử dụng công nghệ nhận diện hình ảnh để máy có khả năng tự động nhận biết bóng.

- Năng suất cao và thời gian thu gom ngắn:

Nâng cao tốc độ thu gom và dung lượng của máy.

Tối ưu hóa cấu trúc và thiết kế của máy để có thể thu gom nhanh chóng và hiệu quả, giảm thời gian cần thiết cho mỗi buổi tập.

- Nguồn năng lượng linh hoạt:

Phát triển máy thu gom bóng có khả năng sử dụng năng lượng pin để giảm phụ thuộc vào nguồn điện truyền thống.

Hoạt động trong thời gian lâu dài mà không cần sạc

- Dễ sử dụng và sửa chữa:

Thiết kế máy sao cho các bộ phận có thể dễ dàng thay thế và bảo dưỡng.

Cung cấp hướng dẫn sử dụng hoặc cơ cấu hoạt động đơn giản.

- Giảm chi phí đầu tư:

Nghiên cứu và phát triển giải pháp chi phí thấp hơn để làm cho máy thu gom bóng trở nên phổ biến hơn, đặc biệt đối với cá nhân và các câu lạc bộ với nguồn lực hạn chế.

Bằng cách này, có thể tối ưu hóa sự thuận tiện của máy thu gom bóng tennis và đồng thời giải quyết nhược điểm để tạo ra giải pháp toàn diện và hiệu quả hơn so với các phương pháp hiện tại.

#### **1.4 Nội dung sẽ trình bày**

**CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU:** Cung cấp cái nhìn tổng quan về đề tài, từ đó đặt vấn đề và giới hạn đề tài. Đồng thời xác định nội dung sẽ trình bày trong báo cáo.

**CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT:** Trình bày tóm gọn các kiến thức sẽ áp dụng để giải quyết đề tài

**CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN:** Chọn cơ cấu, tính toán thông số, lựa chọn thiết bị, thiết kế sơ đồ khối hệ thống điện và phát triển các lưu đồ giải thuật.

**CHƯƠNG 4 THI CÔNG VÀ THỰC NGHIỆM:** Liệt kê các linh kiện, lắp ráp và thử nghiệm để rút ra kết quả

**CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN:** Tóm lại các thành tựu đã đạt được, tìm ra hạn chế và hướng nghiên cứu sâu hơn về đề tài.

## CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1 Cơ sở lý thuyết xử lý ảnh

#### 2.1.1 Các khái niệm trong xử lý ảnh

##### *Điểm ảnh*

Điểm ảnh (pixel) là đơn vị cơ bản nhất của một hình ảnh số. Mỗi điểm ảnh là một điểm nhỏ nhất trên màn hình hoặc trong một bức tranh kỹ thuật số, và nó chứa thông tin về màu sắc và độ sáng tại vị trí đó. Ở mức đơn giản, mỗi điểm ảnh có thể được mô tả bằng giá trị số đơn, ví dụ như giá trị độ sáng từ 0 đến 255 trong trường hợp ảnh xám. Trong trường hợp ảnh màu, mỗi điểm ảnh thường được biểu diễn bởi ba giá trị số tương ứng với kênh màu Red, Green và Blue (RGB).

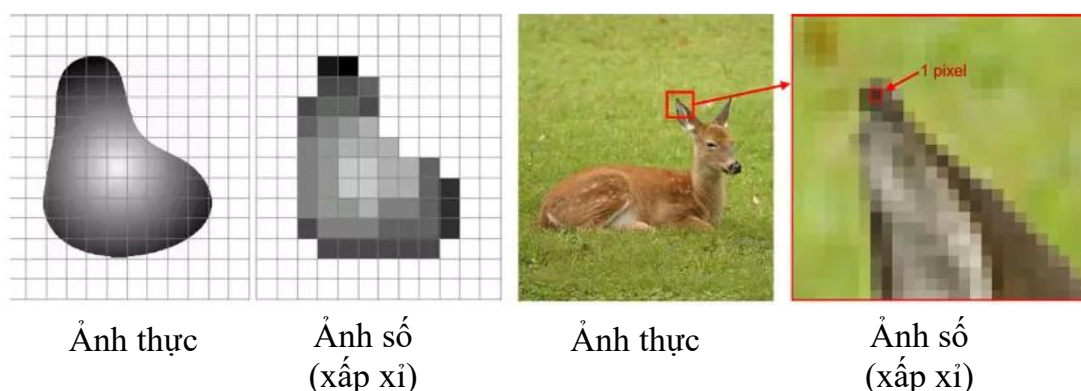


Hình 2.1: Ví dụ về điểm ảnh của ảnh xám và ảnh màu

Mỗi điểm ảnh trong một hình ảnh đóng vai trò quan trọng trong quá trình xử lý ảnh, và thông tin tại mỗi điểm ảnh sẽ được sử dụng để thực hiện các phép toán và thuật toán trong quá trình xử lý hình ảnh.

##### *Ảnh số*

Ảnh số là tập hợp có số lượng hữu hạn các điểm ảnh, mỗi điểm này có mức xám tương ứng để mô tả hình ảnh và gần với thực tế. Số lượng điểm ảnh trong một ảnh số định rõ độ phân giải của nó. Độ phân giải càng cao, hình ảnh sẽ hiển thị rõ nét hơn và tái tạo chính xác các đặc điểm của nó. Hình ảnh, như một tín hiệu hai chiều, được biểu diễn bằng hàm toán học  $f(x, y)$ , trong đó  $x$  và  $y$  là các tọa độ theo chiều ngang và dọc. Các giá trị của hàm  $f(x, y)$  tại mỗi điểm xác định màu sắc và độ sáng tương ứng của pixel tại điểm đó trong hình ảnh.

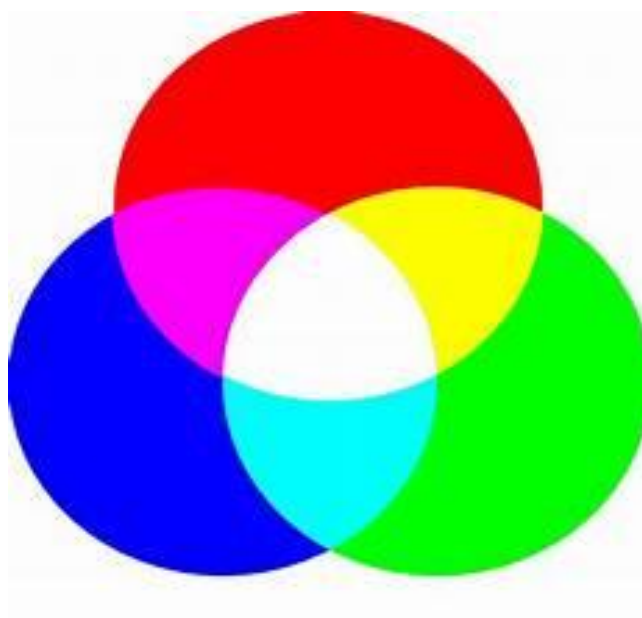


Hình 2.2: Ví dụ về ảnh số

### Không gian màu

Một bức ảnh chụp có thể được biểu diễn trong các không gian màu khác nhau. là những mô hình toán học được sử dụng để mô tả màu sắc dưới dạng số. Có nhiều không gian màu được sử dụng cho các mục đích khác nhau. Trong phần này, chúng ta sẽ tìm hiểu về hai không gian màu cơ bản và phổ biến: RGB và HSV.

RGB là một không gian màu phổ biến được sử dụng rộng rãi trong đồ họa máy tính và nhiều thiết bị kỹ thuật số khác. Ý tưởng chính của không gian màu này là sự kết hợp của ba màu sắc cơ bản: màu đỏ (R, Red), màu xanh lá cây (G, Green), và màu xanh dương (B, Blue), nhằm mô tả toàn bộ phổ màu sắc có thể được tái tạo.



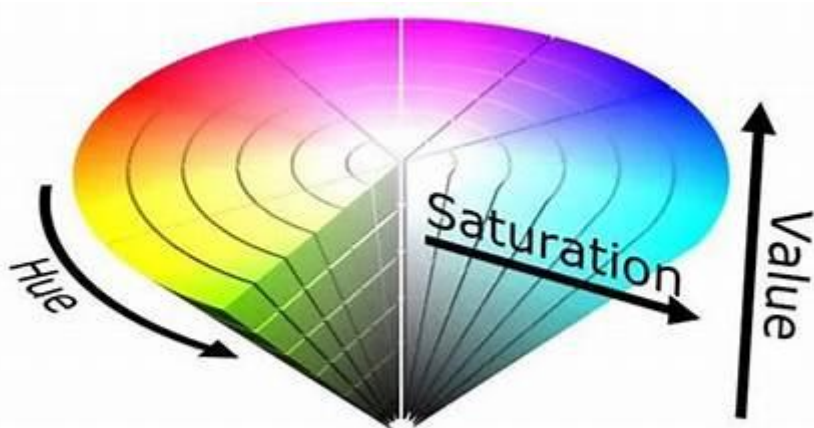
Hình 2.3: Không gian màu RGB

Nếu một ảnh số được mã hóa với độ sâu màu 24 bit, tức là 8 bit cho mỗi kênh màu R, G, B, thì mỗi kênh màu có thể nhận giá trị từ 0 đến 255. Kết hợp mỗi giá trị khác nhau của các kênh màu, chúng ta có thể tạo ra một tổng cộng 1,66 triệu màu sắc khác nhau ( $255 \times 255 \times 255$ ).



Ví dụ, màu đen có giá trị (0, 0, 0), màu trắng có giá trị (255, 255, 255), màu vàng có giá trị (255, 255, 0), màu tím đậm có giá trị (64, 0, 128)...

HSV, và tương tự như HSL, là một không gian màu phổ biến được sử dụng nhiều trong việc chỉnh sửa ảnh, phân tích ảnh và là một phần quan trọng của lĩnh vực thị giác máy tính. Hệ không gian này dựa trên ba thông số chính để mô tả màu sắc: H (Hue) đại diện cho sắc độ; S (Saturation) đại diện độ đậm đặc, sự bão hòa của màu; V (Value) đại diện giá trị cường độ sáng. Không gian màu này thường được biểu diễn dưới dạng hình trụ hoặc hình nón. Trong thực tế, nó được ứng dụng rộng rãi trong xử lý ảnh với sự hỗ trợ của thư viện OpenCV.



Hình 2.4: Không gian màu HSV

### 2.1.2 Lý thuyết xử lý ảnh

Xử lý ảnh là một lĩnh vực khoa học và công nghệ phát triển nhanh chóng, được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực quan trọng như quân sự, giao tiếp người máy, an ninh, giải trí, y tế, và nhiều ứng dụng khác. Kỹ thuật này thường được áp dụng để tăng cường và xử lý hình ảnh thu được từ các thiết bị như camera và webcam.

Các ứng dụng của xử lý ảnh bao gồm nhận dạng và xử lý ảnh quân sự trong lĩnh vực quốc phòng, giao tiếp người máy với việc nhận dạng ảnh, xử lý âm thanh và đồ họa. Trong an ninh và bảo mật, xử lý ảnh được sử dụng để nhận diện khuôn mặt, vân tay, mẫu mắt và nhiều ứng dụng khác. Trong giải trí, chúng ta thấy ứng dụng trong trò chơi điện tử, còn trong lĩnh vực y tế, xử lý ảnh được áp dụng trong y sinh, chụp X quang, MRI và các ứng dụng khác.

Bắt đầu từ các ứng dụng chính như nâng cao chất lượng và phân tích ảnh, phương pháp xử lý ảnh đã phát triển nhanh chóng. Được biết đến từ những năm 1920, ứng dụng đầu tiên liên quan đến việc nâng cao chất lượng ảnh truyền từ Luân Đôn đến New York. Phát triển của máy tính sau Thế chiến thứ hai đã tạo điều kiện thuận lợi cho xử lý ảnh số. Đến năm 1964, máy tính đã có khả năng xử lý và nâng cao chất lượng ảnh từ mặt trăng và vệ tinh Ranger 7 của Mỹ. Các phương pháp hiện đại như mạng nơ-ron nhân tạo, thuật toán xử lý tiên

tiến và công cụ nén ảnh ngày càng được áp dụng rộng rãi, mang lại nhiều kết quả tích cực hơn.

Sau đây sẽ xét các bước cần thiết trong quá trình xử lý ảnh với đề tài đã chọn. Với các ứng dụng khác cùng yêu cầu cao hơn sẽ đòi hỏi thêm nhiều bước xử lý hơn trong sơ đồ.

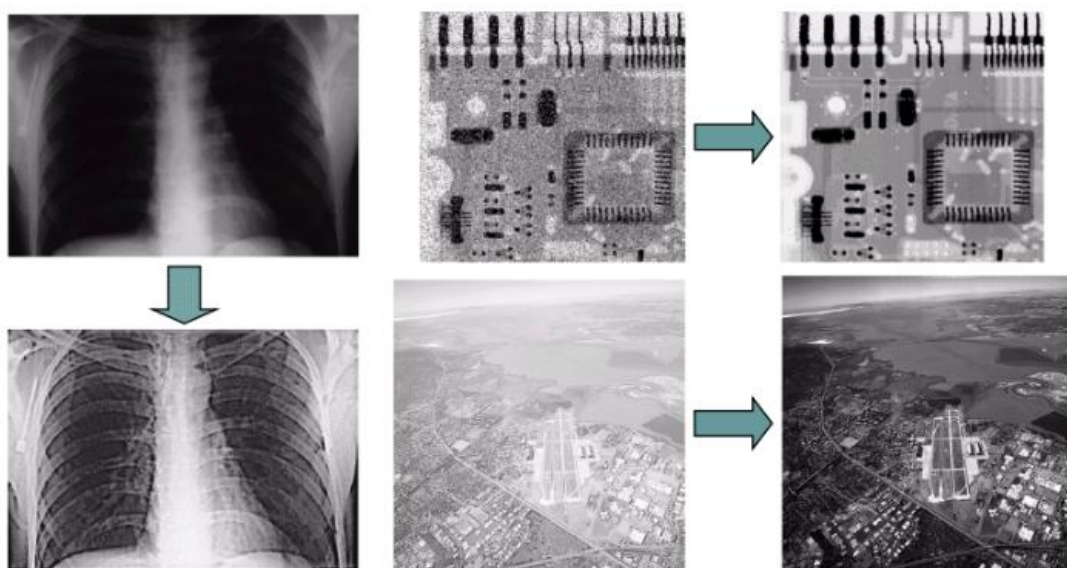
### 2.1.3 Thu nhận ảnh

Lựa chọn camera có các thông số như độ phân giải, tốc độ khung hình và các thiết lập khác tùy thuộc vào yêu cầu của đề tài. Kết nối camera với thiết bị thu thập dữ liệu như máy tính, thiết bị di động, hoặc hệ thống nhúng. Sau đó cài đặt và kiểm tra driver để đảm bảo camera tương thích và hoạt động đúng cách. Gắn cố định camera vào phần cứng với góc độ phù hợp. Điều này giúp đảm bảo rằng dữ liệu thu thập được đáp ứng đúng yêu cầu của quá trình xử lý ảnh cho đề tài.

### 2.1.4 Kỹ thuật tiền xử lý ảnh

Tiền xử lý ảnh đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuẩn bị dữ liệu hình ảnh trước khi áp dụng các phương pháp xử lý chính. Đầu tiên, bước làm sạch giúp loại bỏ nhiễu và thông tin không mong muốn, bao gồm nhiễu từ các nguồn như điện tử hay môi trường. Tiếp theo, cân bằng độ sáng và tương phản được thực hiện để đảm bảo hình ảnh rõ ràng và dễ nhìn. Một phương pháp quan trọng khác là chuyển đổi màu sắc, có thể từ không gian màu RGB sang HSV hoặc Grayscale, tùy thuộc vào yêu cầu ứng dụng.

Lọc nhiễu được sử dụng để làm mịn hoặc làm nổi bật các đặc điểm trong ảnh, với các bộ lọc như Gaussian, Median, hoặc Sobel. Cắt bớt hoặc làm đặc kích thước của ảnh giúp điều chỉnh tỷ lệ và đồng đều kích thước. Các biến đổi hình học như xoay, co giãn, và phóng to thu nhỏ ảnh cũng được áp dụng để điều chỉnh góc nhìn và tỷ lệ.



Hình 2.5: Ví dụ về lọc nhiễu

Quá trình tiền xử lý còn bao gồm làm nổi bật đặc trưng quan trọng và chuyển đổi ảnh thành ảnh nhị phân. Trong trường hợp nhận dạng đối tượng, loại bỏ nền giúp tăng cường sự chú ý vào đối tượng quan trọng. Tất cả các bước này đều giúp chuẩn bị ảnh để áp dụng các phương pháp xử lý chính một cách hiệu quả và đạt được kết quả mong muốn trong ứng dụng cụ thể.

### 2.1.5 Nhận dạng

Một trong những kỹ thuật nhận dạng được đề xuất trong dự án này là phép biến đổi Hough. Phép biến đổi này là một trong những phương pháp trích xuất tính năng hiệu quả nhất, chủ yếu tập trung vào việc nhận diện hình tròn của quả bóng tennis, là đặc điểm quan trọng trong dự án.

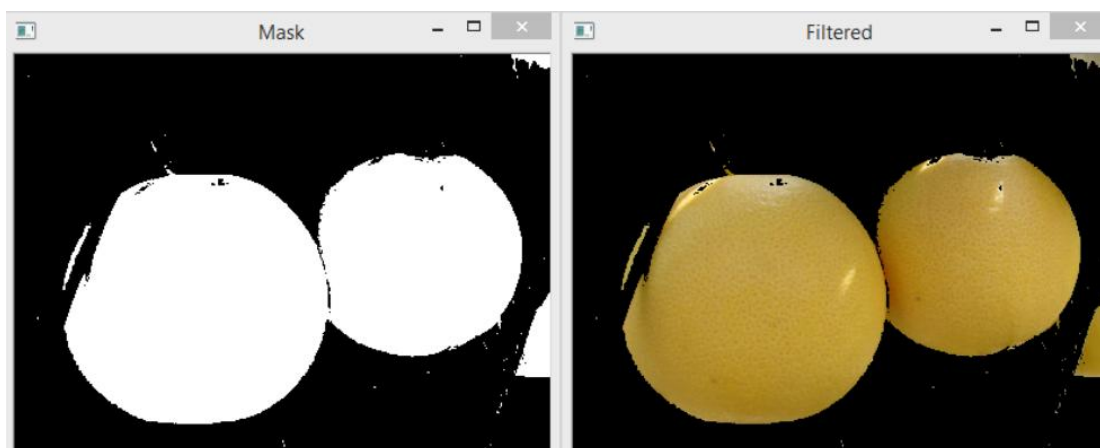
Phép biến đổi Hough thường được mọi người lựa chọn vì khả năng phát hiện nhiều trường hợp của mô hình trong một khung hình. Điều này làm cho nó trở thành công cụ mạnh mẽ để nhận dạng nhiều quả bóng quần vợt trong cùng một hình ảnh.

Tuy nhiên, phép biến đổi Hough có nhược điểm là thời gian tính toán cao hơn so với một kỹ thuật nhận dạng khác như Phân đoạn màu. Điều này xuất phát từ việc phải thực hiện nhiều lần lặp để xác định đặc tính của vòng tròn, có thể gây ra độ trễ và số lần lặp lại nhiều.

Trong khi đó, Phân đoạn màu là một kỹ thuật phân loại đối tượng dựa trên không gian màu. Ba tham số H, S và V được sử dụng để đo lường sắc độ, độ bão hòa và độ sáng của đối tượng, làm cho nó phù hợp hơn trong các tình huống đa dạng về hình dạng của vật thể.



Hình 2.6: Ảnh gốc dùng để thử nghiệm



Hình 2.7: Kết quả khi sử dụng phân đoạn màu

Nhìn chung, cả hai phương pháp đều có ưu và nhược điểm riêng, và quyết định sử dụng phương pháp nào phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể của dự án và khả năng xử lý thời gian tính toán. Nhưng với Phân đoạn màu thì sẽ dễ sử dụng và phù hợp với đề án này hơn.

### 2.1.6 Xác định vị trí

Vị trí của đối tượng được xác định bằng cách tính trọng tâm, là điểm trung tâm của một nhóm pixel màu trắng, với giá trị theo tọa độ x và y. Trong ảnh, mỗi quả bóng sẽ có một điểm được đánh dấu để chỉ rõ tâm của nó.

Sau khi xác định các trọng tâm, vị trí của các quả bóng quần vợt có thể được xác định thông qua các thuật toán toán học. Các giá trị tọa độ x và y sẽ được chia cho phạm vi tương ứng của mỗi trục. Kết quả sẽ là các giá trị phản ánh vị trí của các quả bóng quần vợt trong các vùng tồn tại.

## 2.2 Bộ điều khiển PID

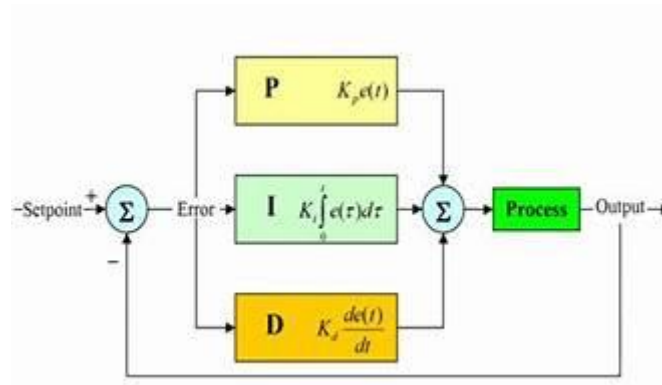
Bộ điều khiển PID là một phương pháp điều khiển tự động được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điều khiển tự động để duy trì một giá trị mong muốn (đặc trưng) thông qua việc điều chỉnh đầu ra của một hệ thống.

Bộ điều khiển PID xuất hiện từ những năm 1890 và phát triển ban đầu trong hệ thống lái tàu tự động. Elmer Sperry đã phát triển một ví dụ sớm của bộ điều khiển PID vào năm 1911, trong khi kỹ sư Nicolas Minorsky, người Mỹ gốc Nga, đã xuất bản tác phẩm phân tích lý thuyết đầu tiên về bộ điều khiển PID vào năm 1922.

Có ba thành phần chính trong thuật toán: Proportional (P), Integral (I), và Derivative (D).

- Proportional (P): Điều chỉnh đầu ra của hệ thống dựa trên sự chênh lệch giữa giá trị đặc trưng hiện tại và giá trị mong muốn theo tỷ lệ thuận. Nó giúp giảm chênh lệch nhanh chóng, nhưng có thể dẫn đến hiện tượng dao động quá mức.

- Integral (I): Điều chỉnh đầu ra dựa trên tổng tích phân của sự chênh lệch giữa giá trị đặc trưng và giá trị mong muốn theo thời gian. Phần này giúp giảm độ chệch dài hạn và đưa hệ thống về giá trị mong muốn.
- Derivative (D): Điều chỉnh đầu ra dựa trên tốc độ thay đổi của sự chênh lệch giữa giá trị đặc trưng và giá trị mong muốn. Nó giúp giảm độ dao động và cải thiện thời gian ổn định của hệ thống.



Hình 2.8: Sơ đồ khối thuật toán PID

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}$$

Hình 2.9: Bộ điều khiển PID được viết dưới dạng Laplace

Có nhiều phương pháp khác nhau để tìm hệ số  $K_p$ ,  $K_i$  và  $K_d$  giúp điều chỉnh vòng lặp PID. Những phương pháp hữu hiệu nhất thường bao gồm những triển khai của vài dạng mô hình xử lý, sau đó chọn  $K_p$ ,  $K_i$  và  $K_d$  dựa trên các thông số của mô hình động học. Trong đề tài này, nhóm chọn phương pháp IMC với  $K_p = K_c$ ,  $K_i = \frac{K_p}{\tau_i}$ ,  $K_d = K_p T_d$

| Dạng hàm truyền hệ           | $K_c$  | $\tau_i$ | $\tau_d$ |
|------------------------------|--|----------|----------|
| $\frac{K}{\tau \cdot s + 1}$ | $\frac{\tau}{\tau_c \cdot K}$<br>$\tau_c$ là thời gian tăng trưởng | $\tau$   | -        |

Bảng 2.1: Phương pháp IMC cho hàm truyền bậc 1

Điều chỉnh thủ công là phương pháp đặt giá trị đầu tiên của  $K_i$ ,  $K_d$  bằng 0. Tăng giá trị của  $K_p$  cho đến khi đầu ra của vòng điều khiển bắt đầu dao động, sau đó  $K_p$  có thể đặt tới xấp xỉ một nửa giá trị đó. Tăng  $K_i$  cho đến khi thời gian xử lý đạt mức chấp nhận được. Lưu ý rằng  $K_i$  quá lớn có thể gây mất ổn định, vì vậy cần điều chỉnh sao cho đủ thời gian xử lý mà không tạo ra dao động. Tăng  $K_d$  nếu cần, để giảm thời gian phản ứng và nhanh chóng lấy lại giá trị đặt sau khi bị nhiễu. Tuy nhiên,  $K_d$  quá lớn có thể gây đáp ứng dư và vọt lố, do đó cần cân nhắc khi điều chỉnh giá trị này.

| Thông số | Thời gian khởi động | Quá độ  | Thời gian xác lập | Sai số ổn định              | Độ ổn định              |
|----------|---------------------|---------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| $K_p$    | Giảm                | Tăng    | Thay đổi nhỏ      | Giảm                        | Giảm                    |
| $K_i$    | Giảm                | Tăng    | tăng              | Giảm đáng kể                | Giảm                    |
| $K_d$    | Giảm ít             | Giảm ít | Giảm ít           | Về lý thuyết không tác động | Cải thiện nếu $K_d$ nhỏ |

Bảng 2.2: Tác động của việc tăng một thông số độc lập

## 2.3 Giao tiếp USB CDC

USB CDC Là một tiêu chuẩn của USB được thiết kế để hỗ trợ giao tiếp dạng serial giữa máy tính và các thiết bị ngoại vi thông qua cổng USB. Nó giúp đơn giản hóa việc phát triển phần mềm và kết nối giữa máy tính và một loạt các thiết bị khác nhau. USB CDC được sử dụng trong nhiều lĩnh vực và ứng dụng khác nhau như modem USB, thiết bị đo lường, điều khiển từ xa. Đặc biệt USB CDC cung cấp một giao tiếp tiêu chuẩn giữa máy tính và các thiết bị nhúng thông qua cổng USB, giúp nhà phát triển dễ dàng lập trình và giao tiếp với các bo mạch nhúng.

USB CDC giúp đơn giản hóa quá trình kết nối và tháo rời thiết bị từ máy tính. Người dùng chỉ cần cắm hoặc rút cáp USB mà không cần phải lo lắng về các vấn đề như việc xác định đúng cổng COM. USB CDC có thể hỗ trợ truyền dữ liệu ở tốc độ cao, phù hợp cho các ứng dụng đòi hỏi băng thông lớn. USB CDC là một tiêu chuẩn được xác định trong chuẩn USB, giúp đảm bảo tính tương thích và tuân thủ tiêu chuẩn trong quá trình phát triển và triển khai.



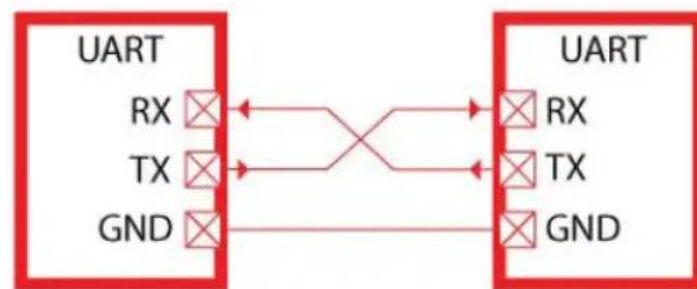
## 2.4 Giao tiếp Uart - Bluetooth

### *Giới thiệu*

UART, hay Bộ truyền nhận dữ liệu nối tiếp bất đồng bộ, đang là một trong những phương thức truyền thông phổ biến nhất giữa các thiết bị. Giao thức này được áp dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng, đặc biệt là khi cần kết nối với các module như Wifi, Bluetooth, Xbee, hoặc module đầu đọc thẻ RFID khi sử dụng với Raspberry Pi, Arduino, hoặc các vi điều khiển khác. Điều này không chỉ giúp trong việc truyền thông linh hoạt mà còn làm cho giao tiếp giữa các thiết bị trở nên dễ dàng và hiệu quả.

Sự phổ biến của giao tiếp UART không chỉ xuất hiện trong ứng dụng cá nhân mà còn là một chuẩn giao tiếp thông thường và quen thuộc trong ngành công nghiệp. Nó đã tồn tại và được ưa chuộng từ rất lâu và vẫn tiếp tục đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối và truyền dữ liệu giữa các thiết bị, từ các dự án nhỏ đến các hệ thống phức tạp trong lĩnh vực công nghiệp hiện đại.

### *Cách thức*



Hình 2.10: Minh họa giao tiếp UART

Mỗi thiết bị UART sử dụng hai đường truyền dữ liệu là Transmitter (Tx) và Receiver (Rx). Giao tiếp UART là không đồng bộ, tức là không có sự đồng bộ hóa thông qua tín hiệu xung Clock để đồng bộ hóa việc truyền và nhận bit. Thay vào đó, UART sử dụng các bit start và stop trong gói dữ liệu để xác định điểm bắt đầu và kết thúc của mỗi gói dữ liệu, giúp UART nhận biết lúc nào bắt đầu đọc các bit.

Khi một thiết bị UART nhận được bit start, nó bắt đầu đọc các bit với một tốc độ cố định được gọi là baud rate. Baud rate là thước đo tốc độ truyền dữ liệu, được tính bằng bit trên giây (bps - bit per second). Để đảm bảo giao tiếp chính xác, cả hai thiết bị UART phải hoạt động ở cùng một tốc độ truyền. Sự chênh lệch tốc độ truyền giữa UART truyền và UART nhận chỉ nên là khoảng 10% để tránh việc thời gian của các bit lệch quá xa.

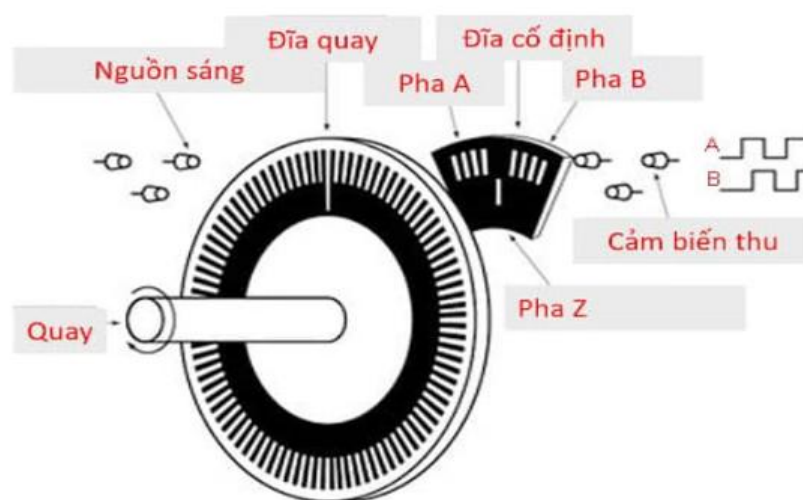
## 2.5 Đọc xung Encoder

### Giới thiệu

Encoder (Rotary Encoder) là một cảm biến chuyển động cơ học được thiết kế để tạo ra tín hiệu analog hoặc tín hiệu kỹ thuật số phản ánh chuyển động của nó. Thiết bị cơ điện này có khả năng chuyển đổi các loại chuyển động như chuyển động tịnh tiến hoặc chuyển động quay của trục thành tín hiệu đầu ra số hoặc xung. Encoder thường được sử dụng chủ yếu để phát hiện vị trí, hướng di chuyển, tốc độ, ... của động cơ bằng cách đếm số vòng mà trục quay được. Để hình dung cách mà Encoder hoạt động, bạn có thể liên tưởng rằng nó đóng vai trò tương tự như bộ phận công tơ mét trên xe máy hoặc ô tô. Trong công nghệ chế tạo máy & gia công cơ khí tự động, điển hình như máy CNC (máy cắt, máy tiện, máy phay, máy bào, ...), encoder được bố trí trong các cánh tay robot để điều khiển và xác định góc quay của dao hoặc bàn gá. Thông số này được hiển thị trên máy tính là đường thẳng hoặc góc bao nhiêu độ.

### Nguyên lý

Encoder hoạt động dựa trên nguyên lý của một đĩa quay quanh trục. Trên bề mặt của đĩa mã hóa, có các rãnh nhỏ được tạo ra để ánh sáng có thể chiếu qua. Khi ánh sáng gặp các khu vực có rãnh, nó sẽ xuyên qua, trong khi ở những khu vực không có rãnh, ánh sáng sẽ bị chặn. Bằng cách này, việc chiếu sáng được quan sát để xác định xem ánh sáng có chiếu qua lỗ hay không. Số lượng xung được đếm dựa trên số lần ánh sáng bị chặn. Cảm biến thu ánh sáng được bật và tắt liên tục để tạo ra các xung vuông. Thông tin về số xung và tốc độ xung được ghi nhận bởi các bộ mã hóa. Tín hiệu dạng xung này sau đó được truyền về bộ xử lý trung tâm như vi xử lý, PLC (Programmable Logic Controller),... Điều này giúp kỹ sư cơ khí xác định vị trí và tốc độ của động cơ dựa trên thông tin từ encoder.



Hình 2.11: Nguyên lý hoạt động Encoder



## 2.6 Ngôn ngữ lập trình Python và thư viện Opencv

### 2.6.1 Ngôn ngữ lập trình Python

#### *Giới thiệu*

Python là một ngôn ngữ lập trình phổ biến được ưa chuộng trong nhiều lĩnh vực, từ giáo dục đến các dự án phần mềm quy mô lớn. Ngôn ngữ này linh hoạt để phát triển đa dạng loại ứng dụng như ứng dụng desktop, server, và các ứng dụng web. Đặc biệt, Python là lựa chọn phổ biến cho việc xây dựng các chương trình trí tuệ nhân tạo và machine learning.

Ban đầu được phát triển để chạy trên hệ điều hành Unix, Python đã mở rộng khả năng tương thích của mình và hiện có thể chạy trên nhiều hệ điều hành khác nhau như MS-DOS, Mac OS, OS/2, Windows, Linux, và các hệ điều hành thuộc họ Unix. Python ra đời từ sự sáng tạo của Guido van Rossum vào năm 1990 và từ đó đã trở thành một dự án mã nguồn mở, do Python Software Foundation - tổ chức phi lợi nhuận - quản lý.

Mặc dù có sự đóng góp đa dạng từ cộng đồng, nhưng Guido van Rossum vẫn giữ vai trò quan trọng trong việc định hình hướng phát triển của Python, là tác giả chủ chốt của ngôn ngữ này.

#### *Đặc điểm*

- Python có cú pháp sáng tạo, dễ đọc và dễ hiểu, giúp tăng cường sự hiệu quả trong việc phát triển mã nguồn.
- Python là một ngôn ngữ đa mục đích, có thể được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như phân tích dữ liệu, phát triển web, tự động hóa, và nhiều ứng dụng khác.
- Python hỗ trợ lập trình hướng đối tượng, cho phép tổ chức mã nguồn theo cách mà dễ dàng hiểu và bảo trì.
- Python có một hệ sinh thái thư viện phong phú, với nhiều thư viện và framework mạnh mẽ, giúp giảm thời gian phát triển và tăng hiệu suất.
- Python có một cộng đồng sáng tạo và tích cực, với nhiều nguồn tài nguyên, diễn đàn, và hỗ trợ trực tuyến.
- Python tương thích tốt với nhiều hệ điều hành và có thể tích hợp dễ dàng với các ngôn ngữ khác như C và C++.
- Python thường được sử dụng trong giáo dục và đào tạo do tính linh hoạt và sự dễ tiếp cận.
- Python là một ngôn ngữ mã nguồn mở, cho phép người dùng tự do sử dụng, sửa đổi và phân phối mã nguồn theo các điều khoản của Giấy phép Python (Python License).

## 2.6.2 Thư viện OpenCV

### *Giới thiệu*

OpenCV là một thư viện nguồn mở được viết tắt từ "Open Source Computer Vision Library" - một thư viện phục vụ xử lý hình ảnh và phát triển ứng dụng đồ họa thời gian thực. Nó cung cấp mã nguồn mở để thao tác và xử lý hình ảnh, giúp cải thiện hiệu suất xử lý trên CPU, đặc biệt trong các ứng dụng realtime. OpenCV cung cấp một loạt các công cụ xử lý hình ảnh để hỗ trợ quy trình thị giác máy tính và các thuật toán học máy khác.

OpenCV là thư viện xử lý hình ảnh phổ biến và được sử dụng rộng rãi. Hỗ trợ đa nền tảng và hỗ trợ các ngôn ngữ lập trình phổ biến như: C++, Python, Java, C#, ... OpenCV cung cấp một loạt các chức năng và thuật toán mạnh mẽ để xử lý hình ảnh. Bạn có thể thực hiện các tác vụ như xoay ảnh, lật ảnh, tăng độ sáng, làm mờ và điều chỉnh tương phản ảnh.

### *Đặc điểm*

- OpenCV cung cấp các hàm để đọc ảnh từ các định dạng khác nhau như .jpeg, .png, .bmp, .jpg và lưu ảnh vào các định dạng tương ứng.
- OpenCV cũng hỗ trợ đọc và ghi video từ nhiều nguồn khác nhau. Điều này làm cho nó trở thành một công cụ mạnh mẽ cho xử lý video.
- OpenCV cung cấp các công cụ để xử lý hình ảnh như làm mịn, làm nổi bật đường viền, làm thay đổi kích thước, và áp dụng các bộ lọc nhiễu.
- OpenCV hỗ trợ các thuật toán nhận dạng đặc điểm hình dạng, chẳng hạn như SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) hoặc SURF (Speeded Up Robust Features), giúp nhận diện các điểm đặc trưng của hình ảnh.
- OpenCV có các hàm để phát hiện và nhận diện các đối tượng cụ thể trong hình ảnh hoặc video, bao gồm khuôn mặt, mắt, và xe.
- OpenCV cung cấp các công cụ để phân tích video, bao gồm ước lượng chuyển động, trừ nền, và theo dõi các đối tượng di chuyển trong video.

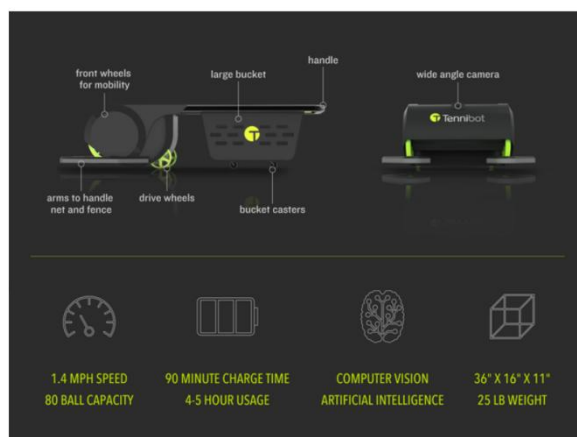
## CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN

### 3.1 Thông số kỹ thuật

Dựa trên một sản phẩm có sẵn trên thị trường là Tennibot, chúng em đã lựa chọn các thông số đầu vào cho đề tài của chúng em

| Thông số               | Giá trị        |
|------------------------|----------------|
| Kích thước (LxWxH)     | 950x310x230 mm |
| Khối lượng (cả tải)    | 15 kg          |
| Vận tốc mong muốn      | 0.5 m/s        |
| Thời gian hoạt động    | 1h-1h30        |
| Số lượng bóng thu được | 40 bóng        |
| Đường kính bánh xe     | 145 mm         |

Bảng 3.1: Thông số kỹ thuật đầu vào của robot



Hình 3.1: Thông số đầu vào của Tennibot

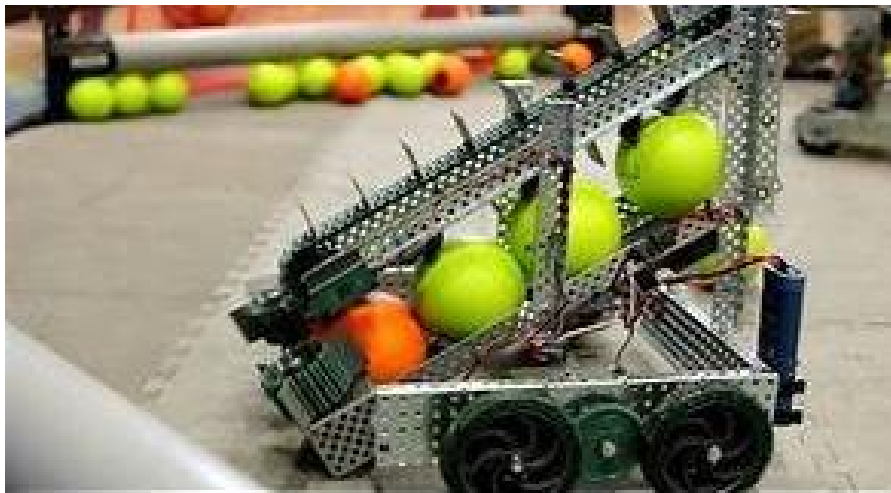
## 3.2 Thiết kế cơ khí

### 3.2.1 Lựa chọn cơ cấu nhặt bóng

Một vài cơ cấu có thể sử dụng cho robot nhặt bóng như:

- *Sử dụng băng chuyền*

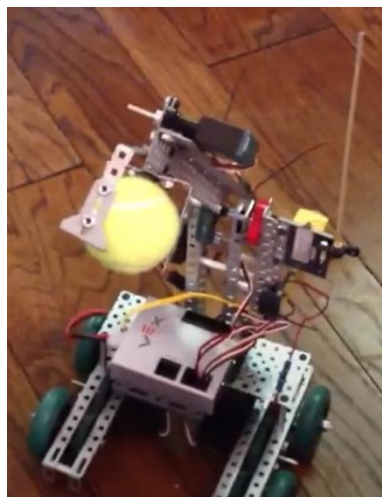
Robot sẽ sử dụng một loại băng chuyền phù hợp với kích thước và trọng lượng của quả bóng tennis. Chất liệu băng chuyền có thể bằng cao su, nhựa, hoặc kim loại tùy thuộc vào yêu cầu của robot và môi trường thi đấu. Gắn băng chuyền từ vị trí nơi robot nhặt bóng lên đến vị trí thùng chứa. Đảm bảo rằng băng chuyền được cố định và an toàn trên robot để tránh tình trạng trật khỏi đường đi. Kiểm tra lực kéo và điều chỉnh nếu cần thiết để tránh tình trạng bóng bị kẹt hoặc không di chuyển đúng cách. Sử dụng động cơ hoặc servo để làm chuyển động băng chuyền. Điều này có thể được thực hiện thông qua một hệ thống bánh răng và đai, hoặc các cơ cấu truyền động khác tùy thuộc vào cấu trúc của robot.



Hình 3.2: Robot sử dụng băng chuyền để thu gom bóng

- *Sử dụng cơ cấu dạng tay cầm*

Tay cầm robot được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm công nghiệp sản xuất, y tế, nghiên cứu, và dịch vụ. Sử dụng vật liệu như nhựa cứng hoặc kim loại nhẹ để làm tay cầm. Đối với nhựa cứng, nó có thể linh hoạt và giữ độ chắc chắn, trong khi kim loại nhẹ giúp giảm trọng lượng của robot. Thiết kế tay cầm sao cho có khả năng mở và đóng đủ để giữ chặt quả bóng, nhưng không quá chặt đến mức làm hỏng bóng. Sử dụng một cơ cấu điều khiển, có thể là servo hoặc động cơ, để điều khiển việc mở và đóng tay cầm. Việc ứng dụng tay gắp vào robot thu gom bóng sẽ là một ý tưởng hay nhưng hiệu suất thấp, tốc độ nhặt không cao và phát sinh thêm chi phí phần cứng cũng như lập trình điều khiển sẽ khó khăn hơn.



Hình 3.3: Robot sử dụng băng chuyền để thu gom bóng

- *Bánh xe thu bóng*

Bánh xe gom bóng được thiết kế dưới dạng một thùng chứa, tạo ra nhiều không gian để lưu trữ bóng đã nhặt. Khi cuộn nó trên mặt đất, quả bóng tennis sẽ tự động được thu gom và đặt vào bên trong rổ. Việc mở giỏ và lấy bóng tennis ra ngoài trở nên dễ dàng.



Hình 3.4: Bánh xe thu thập bóng

- *Bệ phóng phóng*

Thiết kế một bộ phóng có độ nghiêng phù hợp để bóng tennis có thể bắn lên và rơi vào không gian chứa của robot. Sử dụng một bề mặt mịn và không gian hỗ trợ để đảm bảo quả bóng không bị kẹt hoặc lăn không đúng hướng. Xây dựng một cổng có độ rộng và chiều cao phù hợp với kích thước của quả bóng tennis. Đặt cổng ở phía dưới bề mặt nghiêng, sao cho khi bóng lăn đến cổng, nó có thể dễ dàng tiếp xúc và bị đẩy lên. Tích hợp một cơ cấu phóng, có thể là một cánh cửa hoặc bánh xe, để bóng được đẩy lên và rơi vào không gian chứa. Điều khiển cơ cấu phóng thông qua một hệ thống điều khiển, có thể sử dụng servo hoặc động cơ để đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy trong quá trình phóng.

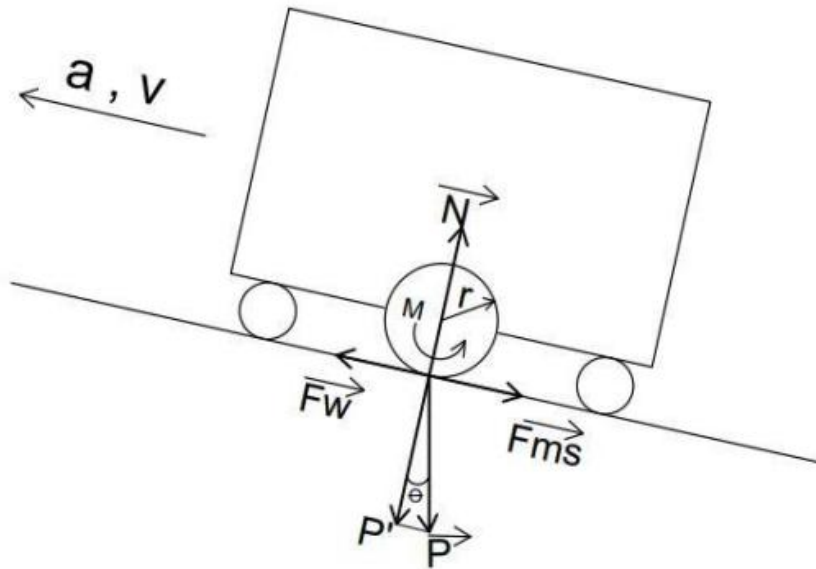
Giải pháp tối ưu được xác định là bộ phóng bóng do tính chất hiệu quả, dễ thiết kế và vận hành.

### 3.2.2 Tính toán và lựa chọn động cơ

#### Lựa chọn động cơ dẫn động

Thông số ban đầu:

- Khối lượng:  $m=15\text{kg}$
- Đường kính bánh xe:  $d=2r=0.145(\text{mm})$
- Tốc độ:  $v=0.5 \text{ m/s}$



Hình 3.5: Minh họa mô hình toán học cho bánh xe chủ động

Trong đó:

$\theta$  là độ dốc của robot so với phương ngang.

$F_N$  là phản lực mặt đất tác dụng lên của robot.

$$F_N = m.g.\cos\theta$$

$r$  là bán kính của bánh xe;  $a$  là gia tốc của robot;  $v$  là vận tốc của robot.

$F_{ms}$  là lực ma sát.

$$F_{ms} = \mu . F_N (\mu \text{ là hệ số ma sát})$$

$F_w$  là lực kéo động cơ.

Do robot chỉ di chuyển trên mặt phẳng ngang nên ta có độ dốc  $\theta = 0$ ,  $F_N = P = m.g$

Theo định luật II Newton, tổng hợp lực tác dụng lên robot:

$$\sum F = F_w - F_{ms} = m . a$$

Với robot gia tốc với  $a = 0.8 \text{ m/s}^2$ ; Hệ số ma sát của bánh xe  $\mu = 0.3$ ; Gia tốc trọng trường  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Suy ra lực kéo do động cơ sinh ra:

$$\begin{aligned} F_w &= m.a + F_{ms} \\ &= m.a + \mu.F_N \\ &= m.a + \mu.m.g \\ &= 15 \cdot 0.8 + 0.3 \cdot 15 \cdot 9.8 \approx 56.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Moment của động cơ:

$$T = F_w \cdot r = 56.1 \cdot 0.0725 \approx 4.067 \text{ (Nm)}$$

Tốc độ động cơ:

$$N = \frac{v \cdot 60000}{\pi \cdot D} = \frac{60000 \cdot 0.5}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0.5}{\pi \cdot 145} \approx 66 \text{ (RPM)}$$

$$\text{Vận tốc góc: } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 66}{60} \approx 6.9 \text{ (rad/s)}$$

Công suất cần thiết của động cơ:

$$P_{ct} = T \cdot \omega = 4.067 \cdot 6.9 \approx 28.06 \text{ (W)}$$

Với yêu cầu moment  $T = 4.067 \text{ N.m}$ , công suất  $P = 28.06 \text{ W}$ , số vòng quay động cơ  $N = 66$  (vòng/phút). Động cơ được chọn là Planet 24V 30W 320 RPM.

Thông số cơ bản được thống kê ở bảng dưới:

| Đặc điểm                      | Giá trị                     |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Loại động cơ                  | Động cơ DC Planet có hộp số |
| Công suất                     | 30 W                        |
| Tốc độ                        | 320 RPM                     |
| Số xung trên mỗi kênh Encoder | 12 ppr                      |
| Moment xoắn                   | 3,7 N.m                     |

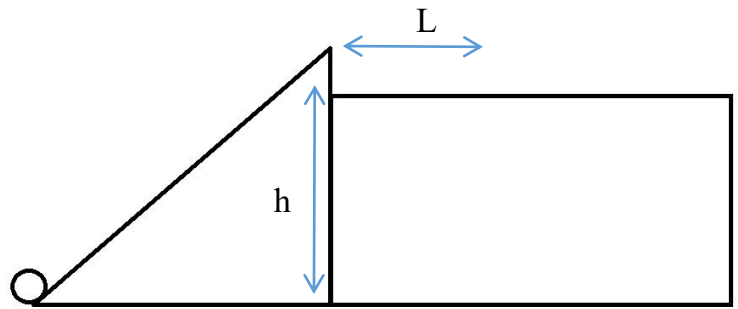
Bảng 3.2: Thông số động cơ dẫn động

### Lựa chọn động cơ nhật bóng

Do cơ cấu sử dụng là bộ phóng bóng nên ta cũng cần tính toán lựa chọn động cơ.

Thông số ban đầu:

- Khối lượng:  $m_{\text{bóng}} = 0,06 \text{ kg}$
- Độ cao  $h = 20 \text{ cm}$
- Góc nghiêng  $\psi = 45^\circ$
- Tầm xa  $L = 20 \text{ cm}$
- Hệ số ma sát xem như xấp xỉ không
- Gia tốc trọng trường  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



Hình 3.6: Minh họa bài toán

Gọi  $v$  là vận tốc tại đỉnh, xét công thức ném xiên

$$L = \frac{v^2 \cdot \sin 2\psi}{g} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin 2\psi}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 9,8}{\sin 90^\circ}} = 1,98 \text{ m/s}$$

Ta có định luật bảo toàn năng lượng với mức thế năng ở đáy:

$$\begin{aligned} W_{\text{đỉnh}} &= W_{\text{đáy}} \\ \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{đỉnh}}^2 + m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{đáy}}^2 + m \cdot g \cdot 0 \\ \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot v_{\text{đỉnh}}^2 + g \cdot h &= \frac{1}{2} \cdot v_{\text{đáy}}^2 \\ \Rightarrow v_{\text{đáy}} &= \sqrt{v_{\text{đỉnh}}^2 + 2 \cdot g \cdot h} \approx 2,8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Đổi  $2,8 \text{ m/s} = 168 \text{ m/ph}$

Ta có

$$\begin{aligned} v_{\text{đáy}} &= v_{\text{đc}} \cdot \pi \cdot D_{\text{bánh xe}} \\ \Rightarrow v_{\text{đc}} &= \frac{v_{\text{đáy}}}{\pi \cdot D_{\text{bánh xe}}} \\ &= \frac{168}{\pi \cdot 65 \cdot 10^{-3}} \\ &= 822,7 \text{ RPM} \end{aligned}$$

Mà ta có 2 động cơ gia tốc cho bóng nên vận tốc cần thiết là  $\frac{822,7}{2} = 411,35 \text{ RPM}$

Lựa chọn mua động cơ Với yêu cầu moment  $T = 4,067 \text{ N.m}$ , công suất  $P = 28,06 \text{ W}$ , số vòng quay động cơ  $N = 66$  (vòng/phút). Động cơ được chọn là Planet 24V 30W 320 RPM.

Thông số cơ bản được thống kê ở bảng dưới:



|                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Đặc điểm                      | Giá trị                     |
| Loại động cơ                  | Động cơ DC Planet có hộp số |
| Công suất                     | 30 W                        |
| Tốc độ                        | 320 RPM                     |
| Số xung trên mỗi kênh Encoder | 12 ppr                      |
| Moment xoắn                   | 3,7 N.m                     |

**Bảng 3.3: Thông số động cơ nhật bóng**

### 3.2.3 Tìm hệ số PID

*Bộ điều khiển đáp ứng vận tốc của hai bánh xe dẫn động*

Sau khi đã chọn được động cơ ta tiến hành tìm hệ số PID, sử dụng phương pháp tìm hàm truyền vận tốc đã được học trong lý thuyết thực tập Servo, ta có các thông số như sau:

$$\omega_{max} = 320 \text{ RPM} = 33,5 \text{ rad/s}$$

$$U_{max} = 100$$

$$K = \frac{\omega_{max}}{U_{max}} = \frac{33,5}{100} = 0,335$$

Sử dụng đồ thị vẽ vận tốc ta biết được thời gian để vận tốc đạt 63,2% giá trị mong muốn là  $T_p = 0,053927 \text{ (s)}$

$$\text{Vậy hàm truyền của mô hình động cơ là: } G_p = \frac{K}{T_p s + 1} = \frac{0,335}{0,053927s + 1}$$

Sử dụng phương pháp IMC như đề cập ở Chương 2 ta có bộ PID như bảng dưới đây

| Hàm truyền mô hình            | $K_c$  | $\tau_i$ | $\tau_d$ |
|-------------------------------|--|----------|----------|
| $\frac{0,335}{0,053927s + 1}$ | $\frac{0,053927}{0,06 \cdot 0,335} = 2,68291$<br>Với thời gian tăng trưởng chọn<br>$\tau_c = 0,06 \text{ s}$ | 0,053927 | -        |

**Bảng 3.4: Thông số PI của động cơ dẫn động**

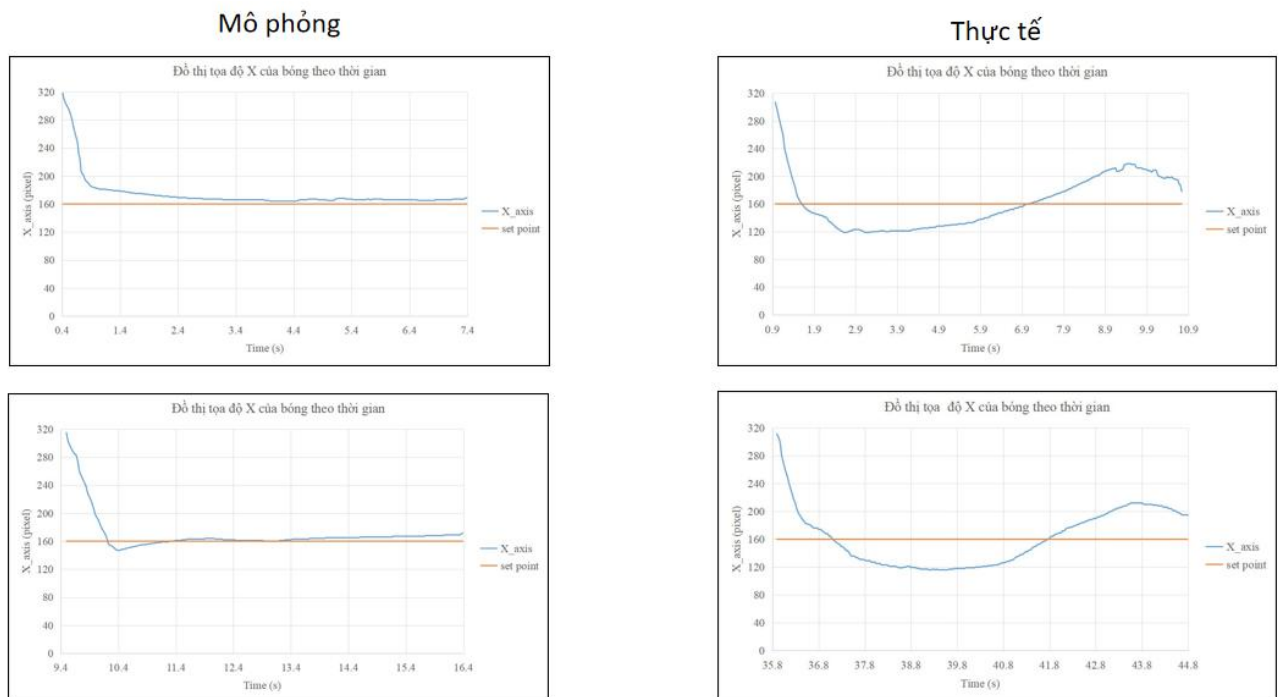
Vậy ta có  $K_p = K_c = 2,68291$  và  $K_i = \frac{K_c}{T_i} = 49,75$

Cuối cùng ta được mô hình thuật toán PI

$$G_c = K_c + \frac{K_i}{s} = 2,68291 + \frac{49,75}{s}$$

*Bộ điều khiển đáp ứng pixel cho chế độ Auto*

Trong chế độ auto, nhóm em có sử dụng thuật toán PID để từ sai số pixel thông qua hàm PID sẽ tìm được giá trị đầu ra là vận tốc hai bánh xe. Tuy nhiên việc tìm hàm truyền là rất khó khăn nên nhóm em sử dụng phương pháp thử công để tìm hệ số. Dưới đây là kết quả sau khi tìm được:



Hình 3.7: Kết quả của mô hình P  $G_c = 0,005$

### 3.2.4 Thiết kế khung, vỏ robot

Khung và vỏ của robot đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo sự ổn định và đáp ứng đầy đủ yêu cầu của dự án. Chúng có nhiệm vụ kết nối, cố định, và tổ chức các thành phần như bánh xe, linh kiện, bảng mạch, và nguồn điện một cách hợp lý. Điều này giúp robot duy trì sự ổn định và độ vững chắc trong quá trình hoạt động, đồng thời bảo vệ khỏi các tác động bên ngoài và đảm bảo tính thẩm mỹ của robot.

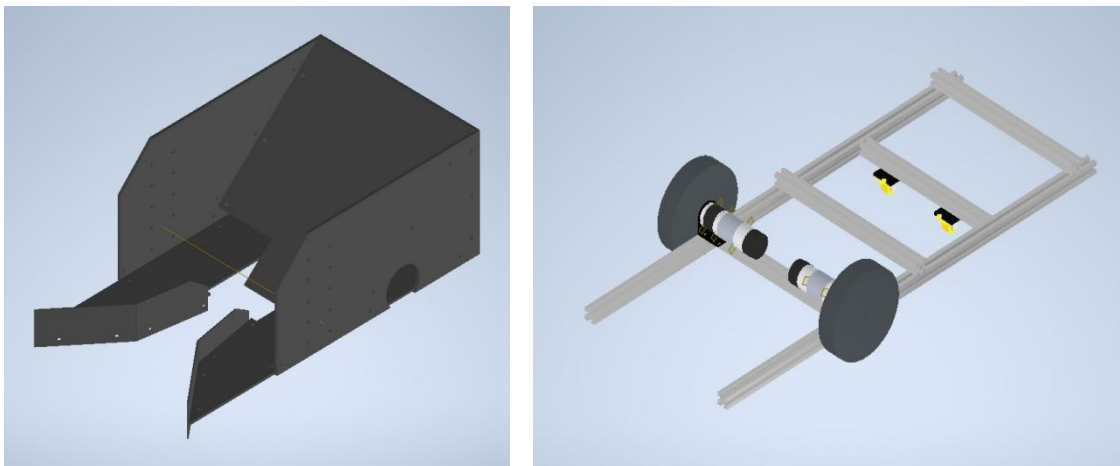
Với yêu cầu của dự án là tạo ra một robot có khả năng di chuyển linh hoạt và vững vàng thì quyết định chọn vật liệu vỏ là quan trọng. Nhóm đã thống nhất sử dụng chất liệu mica là phần vỏ. Lựa chọn này được đưa ra dựa trên các ưu điểm như dễ thiết kế, nhẹ nhàng, độ bền, tính thẩm mỹ cao, và giá thành phù hợp. Điều này giúp đảm bảo rằng robot không chỉ đáp

ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn đáp ứng yêu cầu về trọng lượng, độ bền, vẻ ngoại hình và chi phí.

Khung của máy chủ được xây dựng chủ yếu từ nhôm định hình có kích thước 20x20mm. Nhôm thường được hỗn hợp với các kim loại khác để tạo thành hợp kim linh hoạt, vẫn giữ được các ưu điểm của kim loại được hợp kim. Sự lựa chọn nhôm định hình thường là giải pháp hợp lý nhất để đáp ứng nhu cầu sản xuất cụ thể, đồng thời tiết kiệm chi phí và tối ưu hiệu suất của sản phẩm.

Nhôm định hình mang lại lợi ích không chỉ là việc giảm trọng lượng. Cấu tạo của nó được thiết kế để kết hợp với nhau giúp bổ sung, hỗ trợ định vị và ngăn chặn sự cố. Những tính năng này có thể cộng hưởng để tăng cường độ bền và ổn định cho cấu trúc sản phẩm.

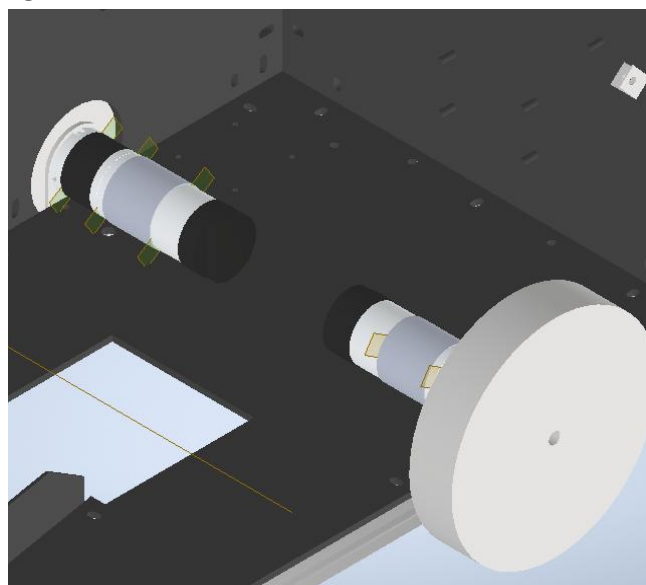
Nhóm thiết kế đã tạo ra một mô hình robot, được mô tả chi tiết trong hình dưới.



Hình 3.8: Mô hình tổng quan của khung và vỏ robot

### 3.2.5 Thiết kế phần truyền động

- Cơ cấu truyền động chính

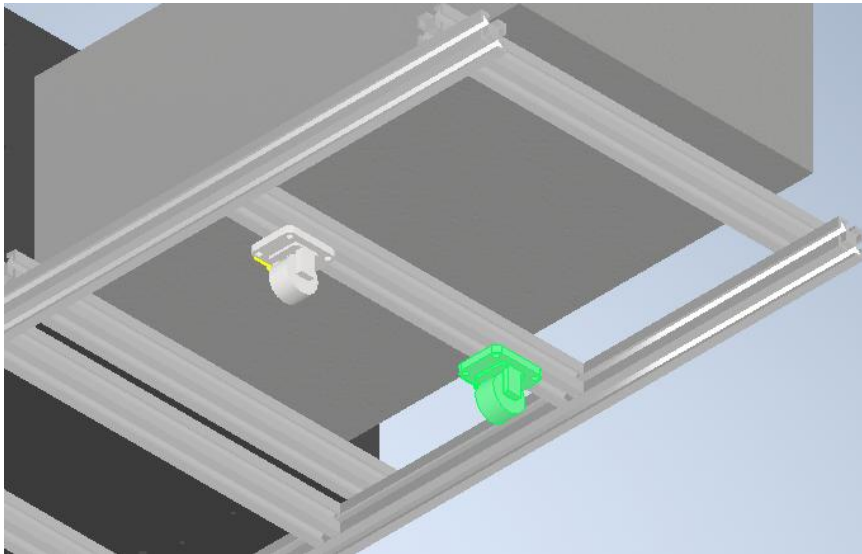


Hình 3.9: Cơ cấu truyền động chính

Vị trí: Được đặt ở gần trọng tâm của xe để giúp xe quay hướng dễ hơn.

Công dụng: Là cơ cấu chủ động di chuyển xe.

- Cơ cấu truyền động thứ cấp



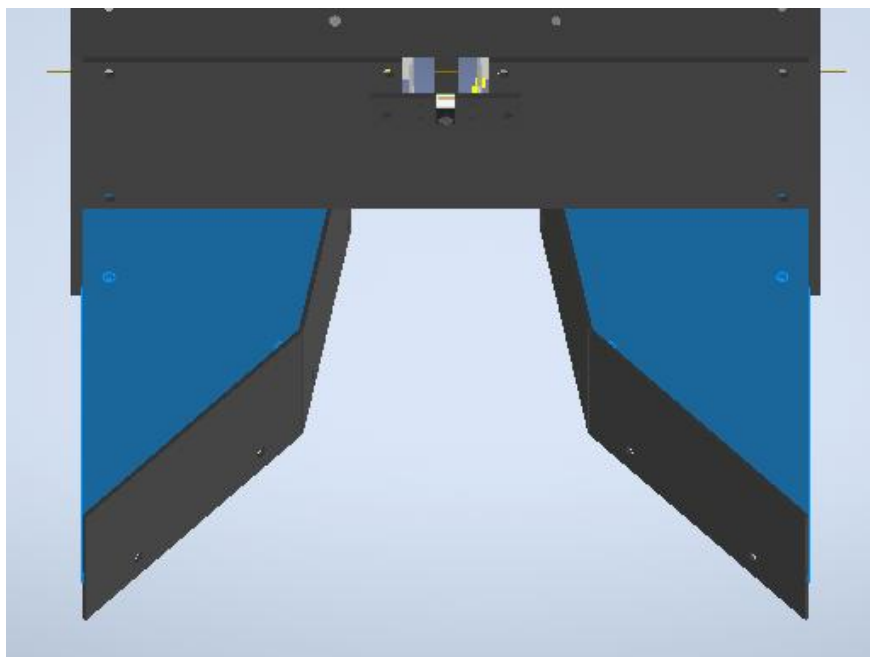
Hình 3.10: Cơ cấu truyền động thứ cấp

Vị trí: Đặt ở đằng sau nơi đặt acquy

Công dụng: Sử dụng bánh xe đa hướng giúp cân bằng xe và giúp xe quay dễ dàng hơn

### 3.2.6 Thiết kế cơ cấu thu nạp bóng

- Cơ cấu dẫn hướng để gom bóng

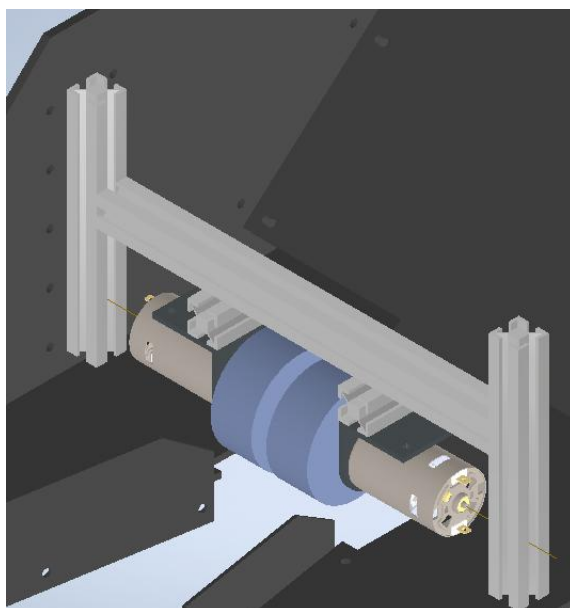


Hình 3.11: Cơ cấu dẫn hướng để gom bóng

Vị trí: Nằm ở phần đầu của xe.

Công dụng: Gom bóng vào một đường để nhặt bóng.

- Cơ cấu nhặt bóng



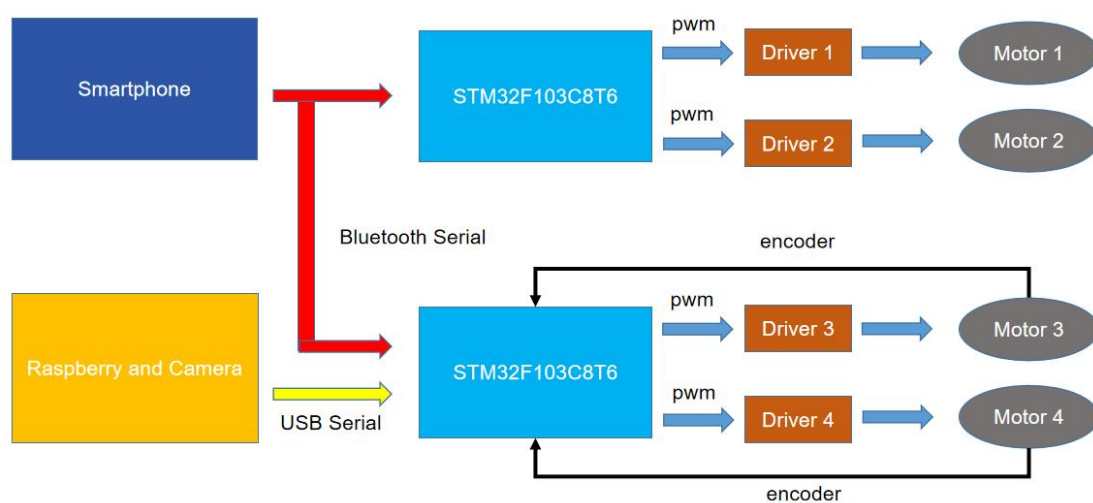
Hình 3.12: Cơ cấu nhặt bóng

Vị trí: Đặt ở đằng sau cơ cấu dẫn hướng.

Công dụng: Sử dụng động cơ quay hai bánh xe để nén bánh tạo lực phóng bóng vào trong thùng đựng

### 3.3 Thiết kế kỹ thuật điện tử

#### 3.3.1 Sơ đồ khối hệ thống điện tử



Hình 3.13: Sơ đồ khối hệ thống điện tử

Khởi *Smartphone* có chức năng truyền dữ liệu từ giao diện App trên điện thoại của người dùng với giao tiếp Bluetooth - UART để sử dụng trong chế độ bán tự động. Trong chế độ tự động, khởi *Raspberry and Camera* có chức năng thu thập tín hiệu hình ảnh từ thực tế và xử lý hình ảnh, phân tích nhận dạng sau đó truyền tín hiệu đi bằng giao tiếp USD CDC. Khởi STM32F103C8T6 nhận được tín hiệu và sau đó điều khiển động cơ theo tín hiệu đã nhận được và đồng thời cũng truyền tín hiệu điều khiển các Driver để vận hành động cơ

### 3.3.2 Các thiết bị điện - điện tử

#### 3.3.2.1 Raspberry Pi 3B+

##### *Giới thiệu*

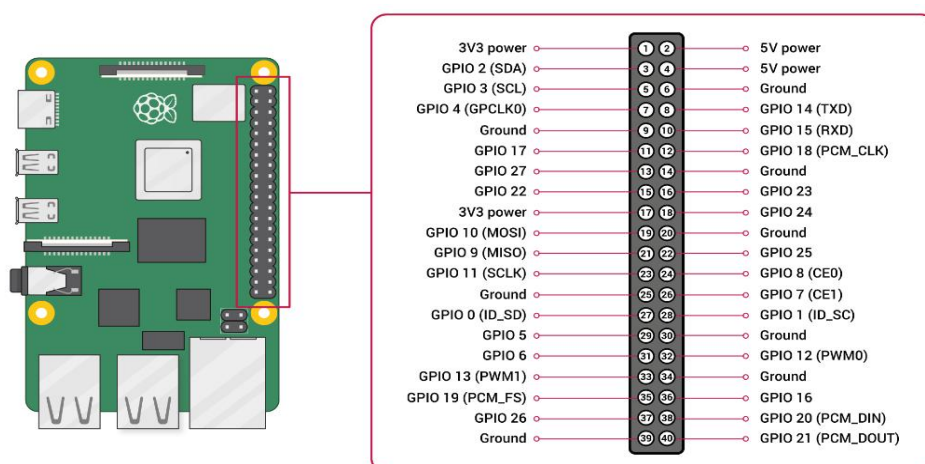
Raspberry Pi là một máy tính nhỏ có kích thước nhỏ gọn và được trang bị nhiều tính năng mạnh mẽ, đủ khả năng chạy hệ điều hành và cài đặt nhiều ứng dụng. Với mức giá vừa phải, Raspberry Pi đang trở thành một lựa chọn xuất sắc trong thế giới máy tính mini. Ban đầu, dự án Raspberry Pi được phát triển bởi tổ chức Raspberry Pi Foundation với mục tiêu chủ yếu là cung cấp công cụ học tập máy tính cho trẻ em và tạo ra một giải pháp giá rẻ để hỗ trợ sinh viên trong nghiên cứu và học tập. Tuy nhiên, khi ra mắt, Raspberry Pi nhanh chóng thu hút sự quan tâm của cộng đồng nhờ vào khả năng ứng dụng linh hoạt và sự hỗ trợ tốt từ phần cứng. Raspberry Pi không chỉ được đánh giá cao trong việc giáo dục, mà còn trở thành một lựa chọn phổ biến cho nhiều ứng dụng khác nhau. Với khả năng xử lý mạnh mẽ, khả năng đa nhiệm và giải trí, cũng như chi phí thấp, Raspberry Pi đáp ứng nhu cầu của nhiều người trong cộng đồng. Hiện nay đã có hàng ngàn ứng dụng đa dạng được cài đặt trên Raspberry Pi.



Hình 3.14: Raspberry pi 3B+

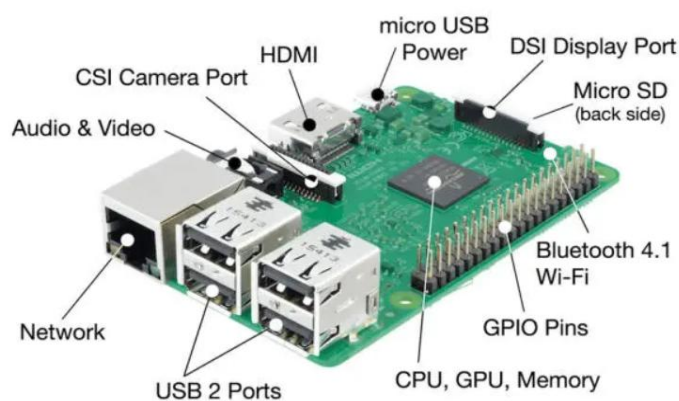
## Thông số

Sơ đồ chân gồm 40 GPIO được sử dụng để kết nối với các thiết bị khác.



Hình 3.15: Sơ đồ chân raspberry pi 3B+

## Cấu trúc phần cứng



Hình 3.16: Chức năng phần cứng raspberry pi 3B+

|                   |   |
|-------------------|---|
| Bộ xử lý          | Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz  |
| Bộ nhớ            | 1GB   |
| Kết nối           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mạng LAN không dây IEEE 802.11b/g/n/ac 2,4 GHz và 5 GHz, Bluetooth 4.2, BLE</li> <li>Gigabit Ethernet qua USB 2.0 (thông lượng tối đa 300Mbps)</li> <li>Giao diện 4 × USB 2.0</li> </ul> |
| Video và âm thanh | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x HDMI kích thước đầy đủ</li> </ul>  |



|                    |   |
|--------------------|---|
|                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cổng hiển thị MIPI DSI</li> <li>• Cổng camera MIPI CSI</li> <li>• Đầu ra âm thanh nổi 4 cực và cổng video tổng hợp</li> </ul>                    |
| Đa phương tiện     | Giải mã H.264, MPEG-4 (1080p30); Mã hóa H.264 (1080p30); Đồ họa OpenGL ES 1.1, 2.0  |
| Hỗ trợ thẻ SD      | Định dạng Micro SD để tải hệ điều hành và dữ liệu kho   |
| Nguồn điện vào     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5V/2.5A DC qua đầu nối micro USB</li> <li>• 5V DC qua đầu cắm GPIO</li> <li>• Hỗ trợ cấp nguồn qua Ethernet (PoE) (yêu cầu PoE riêng)</li> </ul> |
| Nhiệt độ hoạt động | 0-50°C  |

Bảng 3.5: Thông số Raspberry Pi 3B+

#### *Ưu điểm*

- Giá cả phải chăng: Raspberry Pi được thiết kế để có giá rẻ, làm cho nó trở thành một lựa chọn phổ biến cho các dự án DIY (tự làm) và giáo dục.
- Kích thước nhỏ gọn: Với kích thước nhỏ, Raspberry Pi có thể tích hợp vào nhiều ứng dụng khác nhau và làm cho nó linh hoạt trong việc triển khai.
- Tiêu thụ điện năng thấp: Raspberry Pi tiêu thụ ít điện năng, điều này làm cho nó trở thành lựa chọn tốt cho các ứng dụng yêu cầu tiết kiệm năng lượng.

#### *Nhược điểm*

- Hiệu suất có hạn: Raspberry Pi không phải là máy tính mạnh mẽ, vì vậy không thích hợp cho các ứng dụng đòi hỏi hiệu suất cao.
- Khả năng mở rộng có hạn: Mặc dù có các cổng GPIO để kết nối với các module mở rộng, nhưng Raspberry Pi có giới hạn trong việc mở rộng so với máy tính truyền thống.
- Khả năng đồng bộ hóa tốt với các thiết bị ngoại vi hạn chế: Trong một số trường hợp, có thể gặp khó khăn khi đồng bộ hóa Raspberry Pi với một số thiết bị ngoại vi, đặc biệt là với các thiết bị cũ không hỗ trợ công nghệ mới.

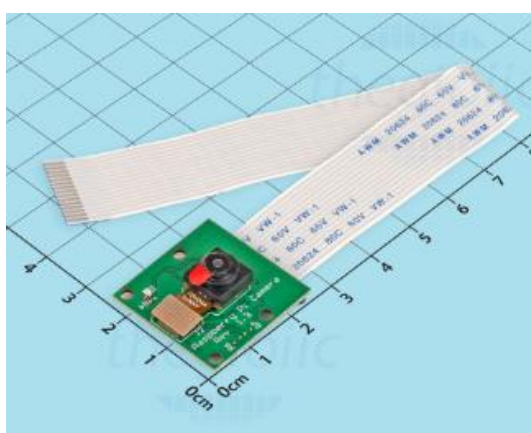


### 3.3.2.2 Camera 5MP của Raspberry Pi

#### Giới thiệu

Camera Raspberry Pi 5MP là một mô-đun máy ảnh 5MP đi kèm với cáp linh hoạt, được tạo để kết nối với Raspberry Pi. Mô-đun này cung cấp độ phân giải cao, mang lại những bức ảnh nổi bật và cũng có khả năng quay video, là sự lựa chọn lý tưởng cho các ứng dụng như máy bay không người lái hoặc các dự án camera quan sát.

Mô-đun máy ảnh Raspberry Pi này sử dụng giao tiếp CSI chuyên dụng, được thiết kế đặc biệt để tương tác với máy ảnh. Bus CSI có khả năng truyền tải dữ liệu ở tốc độ cực cao và chỉ chuyển đưa dữ liệu liên quan đến pixel, làm cho nó phù hợp và hiệu quả trong việc giao tiếp với Raspberry Pi.



Hình 3.17: Hình ảnh Camera Raspberry Pi 5MP

#### Thông số

|                        |   |
|------------------------|---|
| Kích thước             | khoảng 25 x 24 x 9 mm   |
| Nặng                   | 3g  |
| Độ phân giải tĩnh      | 5 megapixel   |
| Chế độ video           | 720p ở 60 khung hình / giây<br>640x480p ở 60/90 khung hình / giây<br>1080p ở 30 khung hình / giây |
| Cảm biến               | OmniVision OV5647   |
| Độ phân giải cảm biến  | 2592 × 1944 ảnh tĩnh  |
| Vùng hình ảnh cảm biến | 3,76 × 2,74mm   |

|                  |  |
|------------------|--|
| Kích thước pixel | 1,4 $\mu\text{m}$ $\times$ 1,4 $\mu\text{m}$ |
| Tiêu cự          | 3,60 mm +/- 0,01                             |
| Giao tiếp        | CSi với cáp ribbon 150mm nặng 1g             |

Bảng 3.6: Thông số Camera Raspberry Pi 5MP

### 3.3.2.3 Kit STM32F103C8T6

#### *Giới thiệu*

Kit Blue Pill (Hình 3.14) sử dụng chip STM32F103C8T6, là một loại chip phổ biến của STMicroelectronics. Chip này cung cấp đầy đủ các tính năng cơ bản, bộ nhớ đủ và có giá thành phải chăng. STM32 là dòng chip rộng rãi của STMicroelectronics, bao gồm nhiều họ sản phẩm như F0, F1, F2, F3, F4, v.v. Trong số đó, STM32F103 thuộc họ F1 và có lõi ARM Cortex-M3, là một vi điều khiển 32 bit với tốc độ tối đa là 72MHz. Với giá cả hợp lý so với các vi điều khiển khác có chức năng tương tự, STM32F103 trở thành sự lựa chọn phổ biến. Mạch nạp và công cụ lập trình cũng được đa dạng hóa và dễ sử dụng, giúp người dùng dễ dàng nạp chương trình và phát triển ứng dụng trên vi điều khiển STM32F103.



Hình 3.18: Kit STM32F103C8T6

#### *Thông số*

|                 |  |
|-----------------|--|
| Kích thước chip | 20mm x 32mm                              |
| Lõi             | ARM COTEX M3.                            |
| - Tốc độ tối đa | 72Mhz.                                   |
| - Bộ nhớ :      | 64 kbytes bộ nhớ Flash<br>20 kbytes SRAM |

|                   |  |
|-------------------|--|
| Điện áp hoạt động | Từ 2.0 → 3.6V  |
| Thạch anh ngoài   | Từ 4Mhz → 20Mhz.                                     |
| Thạch anh nội     | Dùng dao động RC ở mode 8Mhz hoặc 40Khz.             |
| Giao tiếp         | Nhiều giao tiếp như USART, SPI, I2C, GPIO, ADC, v.v. |
| Ngõ ra PWM        | Có   |
| Ngắt ngoại vi     | Có   |

Bảng 3.7: Thông số Kit STM32F103C8T6

### 3.3.2.4 Module điều khiển động cơ

#### *Giới thiệu*

Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960 43A là một thiết bị mạnh mẽ và linh hoạt được sử dụng để điều khiển động cơ DC có dòng điện cao. Được trang bị hai vi mạch BTS7960B được sắp xếp theo cấu hình H-Bridge, nó giúp điều khiển hiệu quả động cơ trong nhiều ứng dụng khác nhau. Nó cung cấp đầy đủ các chức năng như cảm biến dòng điện (kết hợp với điện trở đo dòng), tạo thời gian chết, bảo vệ quá nhiệt, quá áp, quá dòng, sụt áp và ngắn mạch. Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960 - 43A mang đến những tính năng bảo vệ và hiệu suất đáng chú ý, là sự lựa chọn phổ biến cho các ứng dụng điều khiển động cơ DC với yêu cầu cao về hiệu suất và an toàn.



Hình 3.19: Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960

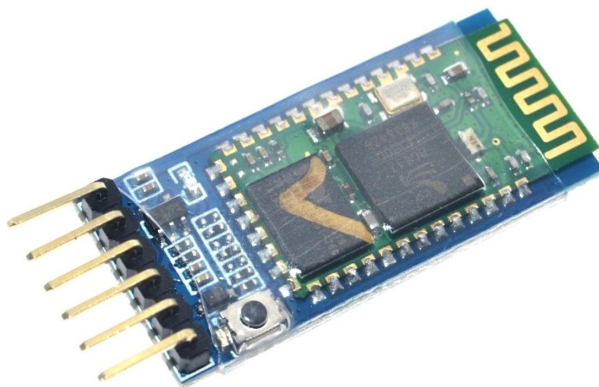
|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nguồn                        | 6 ~ 27V.  |
| Dòng điện tải mạch           | 43A (Tải trở) hoặc 15A (Tải cảm).                               |
| Tín hiệu logic điều khiển    | 3.3 đến 5V.   |
| Tần số điều khiển tối đa     | 25KHz.  |
| Tự động tắt khi điện áp thấp | Nhỏ hơn 5.5V module sẽ tự động tắt.                             |
| Bảo vệ quá nhiệt             | BTS7960 bảo vệ chống quá nhiệt bằng cảm biến nhiệt tích hợp bên |
| Kích thước                   | 40 x 50 x12mm   |

Bảng 3.8: Thông số Module Điều Khiển Động Cơ DC BTS7960

### 3.3.2.5 Module Bluetooth HC-05

#### *Giới thiệu*

Bluetooth là một tiêu chuẩn truyền thông không dây được sử dụng để truyền đổi dữ liệu ở khoảng cách ngắn. Nó hoạt động trên sóng radio ngắn (UHF radio) trong dải tần số ISM (từ 2.4 đến 2.485 GHz). Module HC-05 là một module sử dụng tiêu chuẩn truyền thông Bluetooth. Thiết bị này được xây dựng dựa trên chip BC417, một con chip phức tạp với bộ nhớ flash ngoại vi 8Mbit. Tuy nhiên, việc sử dụng module này là hoàn toàn đơn giản vì nhà sản xuất đã tích hợp đầy đủ các tính năng trên module HC-05. HC-05 có thể hoạt động ở chế độ Master hoặc Slave. Chế độ Master cho phép module kết nối với nhiều thiết bị Slave, trong khi chế độ Slave làm cho module có thể chấp nhận kết nối từ một thiết bị Master. Module sử dụng giao tiếp UART, giúp dễ dàng tích hợp và giao tiếp với các vi điều khiển và thiết bị khác.



Hình 3.20: Module Bluetooth HC-05

## Thông số

|                     |   |
|---------------------|---|
| Chiều dài: 28 mm    | (1 inch)  |
| Chiều cao: 2.35 mm  | (0.1 inch)  |
| Chiều rộng: 15 mm   | (khoảng $\frac{2}{3}$ inch)                       |
| Điện áp cung cấp    | Từ 3.3V đến 6.0V                                  |
| Điện áp hoạt động   | 3.3V (tất cả các chân khác, ngoại trừ VCC)        |
| Dòng điện hoạt động | 30mA  |
| Phạm vi hoạt động   | Tối đa 10m (33 ft)                                |
| Tốc độ baud hỗ trợ  | 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800 |

Bảng 3.9: Thông số Module Bluetooth HC-05

### 3.3.2.6 Nguồn điện

Để robot có khả năng tự hành và di chuyển linh hoạt, hệ thống yêu cầu một nguồn điện riêng biệt. Nguồn cung cấp cho cả động cơ và hệ thống điều khiển, bao gồm các driver điều khiển động cơ, phải đáp ứng các yêu cầu quan trọng như đảm bảo điện áp cung cấp đủ cho tất cả các thiết bị và dòng điện của nguồn phải có khả năng chịu tải tốt.

Thông số về dòng tiêu thụ của các thiết bị được minh họa trong bảng dưới.

| Thiết bị         | Dòng tiêu thụ (A) | Điện áp (V) | SL | Tổng  |
|------------------|-------------------|-------------|----|-------|
| Raspberry Pi 3B+ | 2.5               | 5           | 1  | 2.5   |
| Động cơ plannet  | <3,6              | 12          | 2  | <7,2  |
| Động cơ RS550    | <7,6              | 12          | 2  | <15,2 |
| STM32            | vài chục mA       | 5           | 2  | 1     |

|         |        |   |   |   |
|---------|--------|---|---|---|
| BTS7960 | vài mA | 5 | 4 | 1 |
| HC-05   | vài mA | 5 | 1 | 1 |

Bảng 3.10: Thông số dòng tiêu thụ của các thiết bị

Điện áp cung cấp cho mỗi động cơ là 12V, và dòng tiêu thụ tối đa của mỗi động cơ là lần lượt 3.6A và 7.6A. Mặc dù dòng tối đa có thể lên đến 22.4A khi cả hai động cơ hoạt động cùng lúc, nhưng vì chúng không cần hoạt động ở công suất tối đa, dòng tiêu thụ sẽ thấp hơn nhiều so với giá trị tối đa. Do đó, sau khi tổng hợp dòng tiêu thụ từ tất cả các thiết bị trên bảng, nhóm quyết định chọn nguồn ắc quy với dung lượng 14Ah (12V) để cấp nguồn cho việc điều khiển động cơ. Dung lượng lớn giúp hoạt động lâu dài và đảm bảo cung cấp đủ công suất để robot hoạt động ổn định mà không cần đưa các động cơ lên công suất tối đa.



Hình 3.21: Ắc quy dongnai 12V - 14Ah

### *Sạc dự phòng*

Để đảm bảo không lo bị hư hỏng về bộ phận xử lý chính là Raspberry PI nhóm quyết định cấp nguồn riêng với cục sạc dự phòng 5V-2A cùng dung lượng pin 4000mAh. Sạc dự phòng thường đi kèm với các tính năng bảo vệ như chống quá dòng, quá áp, và quá nhiệt, giúp bảo vệ Raspberry Pi khỏi những tác động tiêu cực từ nguồn điện.

### Mạch giảm áp

Mạch giảm áp đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn điện ổn định, đảm bảo rằng dòng điện đáp ứng đúng theo yêu cầu. Mục tiêu của mạch giảm áp là tạo ra một điện áp đầu ra nhỏ hơn điện áp đầu vào và duy trì mức áp này ổn định ngay cả khi áp đầu vào có biến động. Do Kit STM32F103C8T6 sử dụng nguồn điện 5V và module điều khiển động cơ BTS7960 cũng có chân 5V thì nhóm sử dụng mạch giảm áp nhằm cung cấp điện áp ổn định cho mạch xử lý.

Trong dự án này, nhóm sử dụng mạch giảm áp Buck DC-DC LM2596 để thực hiện chức năng điều chỉnh nguồn từ ắc quy. Mạch giảm áp Buck DC-DC LM2596 được chọn dựa trên các thông số như sau:

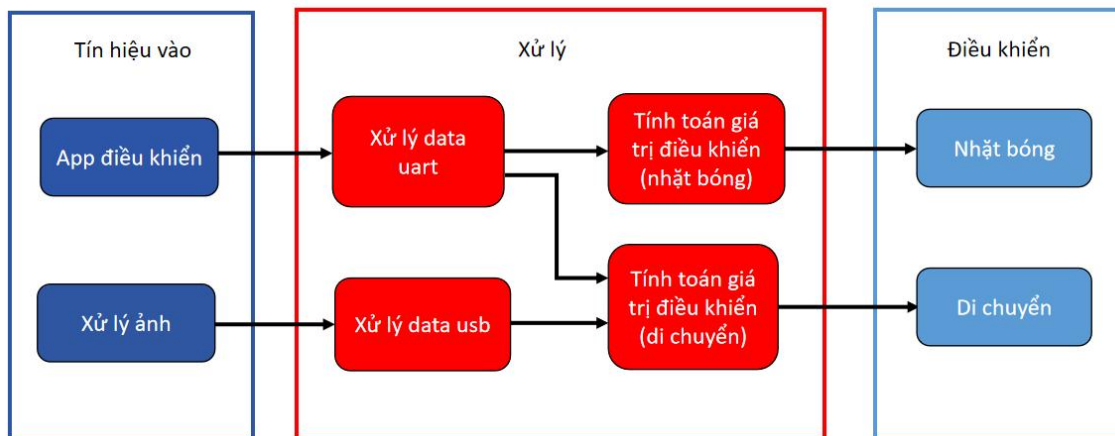


Hình 3.22: Mạch giảm áp BUCK DC-DC LM2596

|                 |  |
|-----------------|--|
| Điện áp đầu vào | Từ 3V đến 30V                              |
| Điện áp đầu ra  | Điều chỉnh được trong khoảng 1.5V đến 30V. |
| Dòng đáp ứng    | Tối đa 3A.                                 |
| Hiệu suất       | 92%  |
| Công suất       | 15W  |
| Kích thước      | :45 (dài) * 20 (rộng) * 14 (cao) mm        |

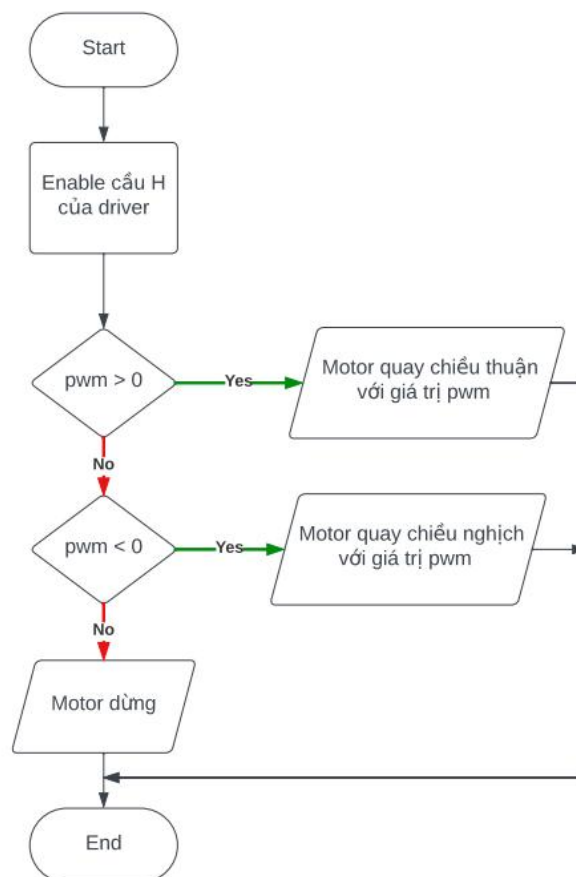
Bảng 3.11: Thông số mạch giảm áp Buck DC-DC LM2596

### 3.4 Thiết kế giải thuật



Hình 3.23: Sơ đồ chung phần mềm xử lý

#### 3.4.1 Lưu đồ giải thuật khối Điều khiển



Hình 3.24: Lưu đồ giải thuật khối Điều Khiển

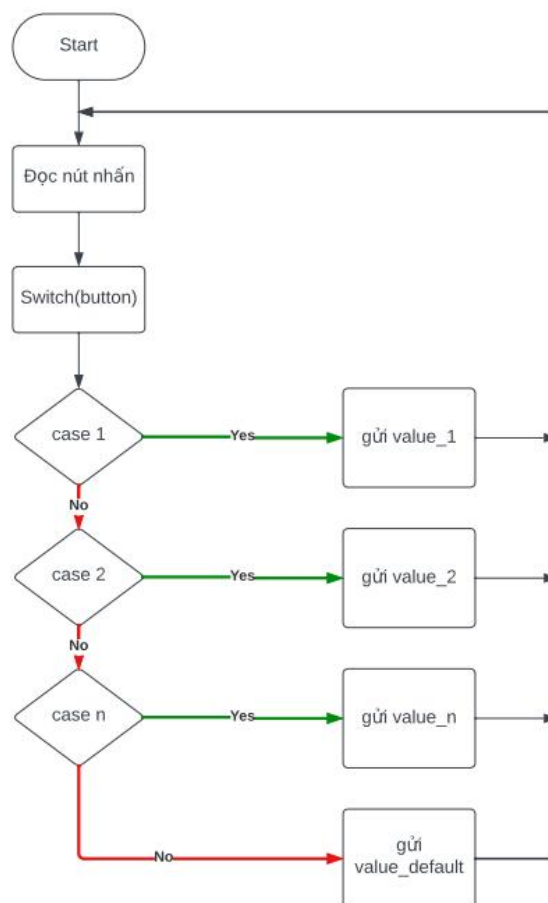
Chương trình bắt đầu với việc kích hoạt các cầu H của driver để chuẩn bị cho việc điều khiển động cơ. Sau đó, chương trình kiểm tra giá trị của PWM, một tín hiệu quan trọng



trong việc điều khiển tốc độ động cơ. Quyết định điều khiển động cơ dựa trên giá trị PWM được thực hiện như sau:

- Nếu giá trị PWM lớn hơn 0, chương trình hiểu rằng yêu cầu là quay động cơ theo chiều thuận. Trong trường hợp này, các tín hiệu điều khiển được kích hoạt để cung cấp nguồn và quy định chiều cho động cơ để đảm bảo quay theo chiều thuận với tốc độ tương ứng với giá trị PWM.
- Nếu giá trị PWM âm, chương trình hiểu rằng yêu cầu là quay động cơ theo chiều nghịch. Tương tự như trên, động cơ quay theo chiều nghịch với tốc độ tương ứng với giá trị PWM.
- Trong tất cả các trường hợp khác khi giá trị PWM bằng 0 hoặc không nằm trong các điều kiện trên, chương trình dừng động cơ. Các cầu H được ngưng kích hoạt và động cơ ngừng quay.

### 3.4.2 Lưu đồ giải thuật khởi App điều khiển

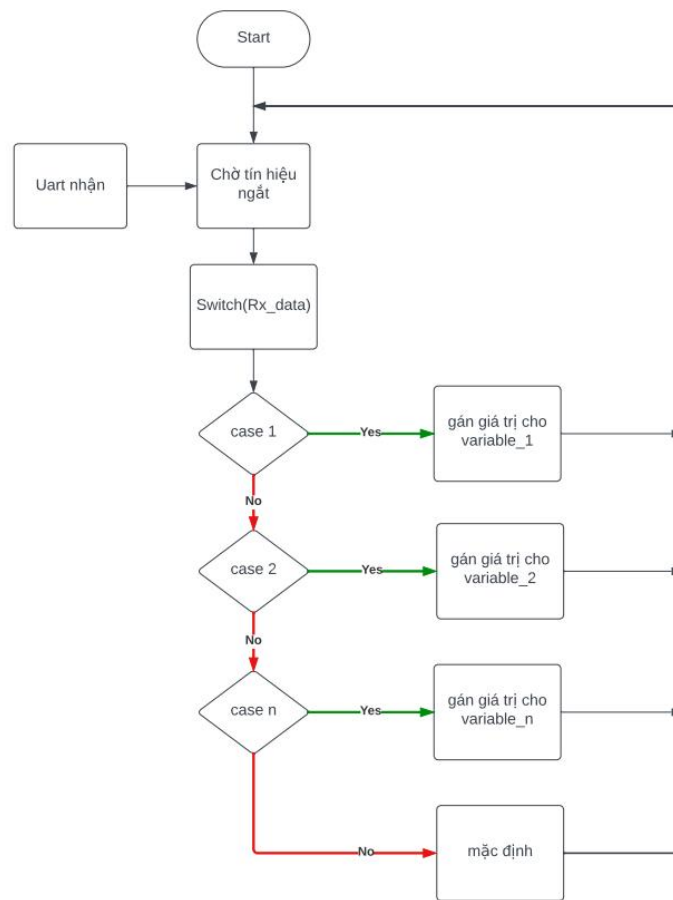


Hình 3.25: Lưu đồ giải thuật khởi App điều khiển

Chương trình bắt đầu với việc kiểm tra trạng thái của nút nhấn bằng cách sử dụng câu lệnh switch-case. Mỗi khi nút được nhấn tương ứng với một giá trị được gửi đi. Tổng

cộng có 10 nút, và mỗi nút có thể gửi 2 giá trị khác nhau tùy thuộc vào cấu hình từ người dùng, ví dụ như tiến tới, lùi, quay trái, quay phải, ...

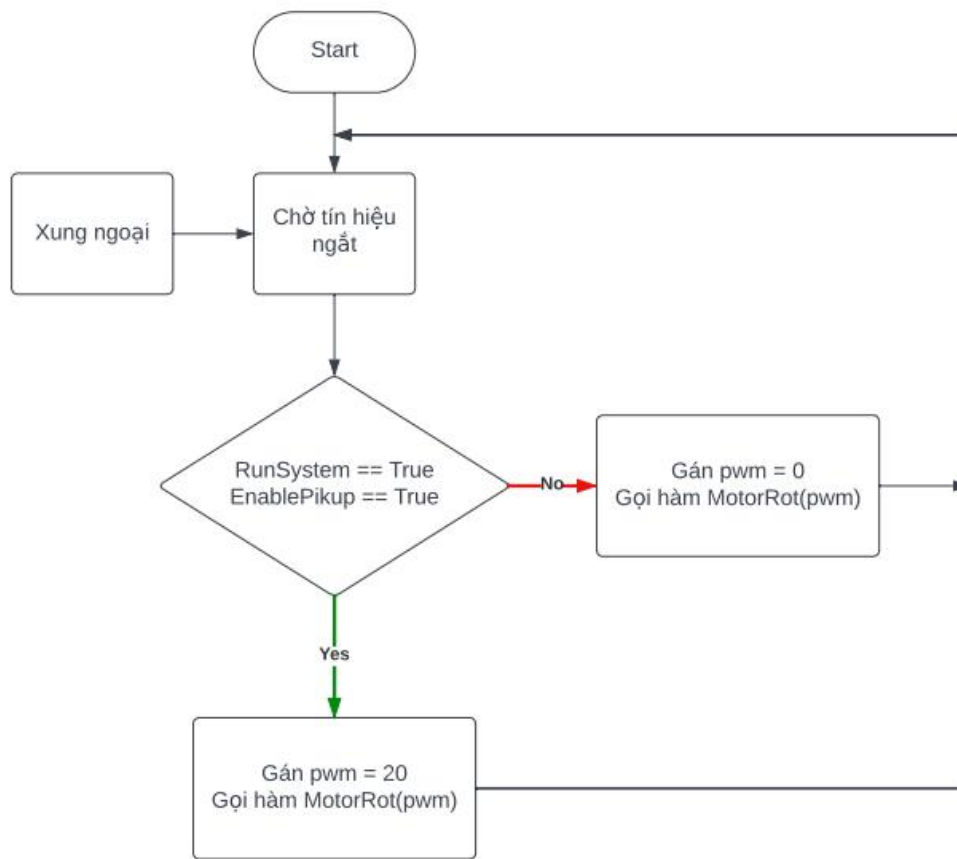
### 3.4.3 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data uart



Hình 3.26: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data uart

Chương trình bắt đầu bằng việc lắng nghe tín hiệu từ cổng UART. Khi nhận được tín hiệu, chương trình sẽ chuyển đến phần switch case để kiểm tra giá trị nhận được. Mỗi giá trị nhận được sẽ được gán một biến cụ thể trong chương trình STM32 và được gán giá trị tương ứng mà chương trình mong muốn. Sau đó, chương trình tiếp tục lặp lại, chờ đợi để xử lý tín hiệu từ UART lần tiếp theo.

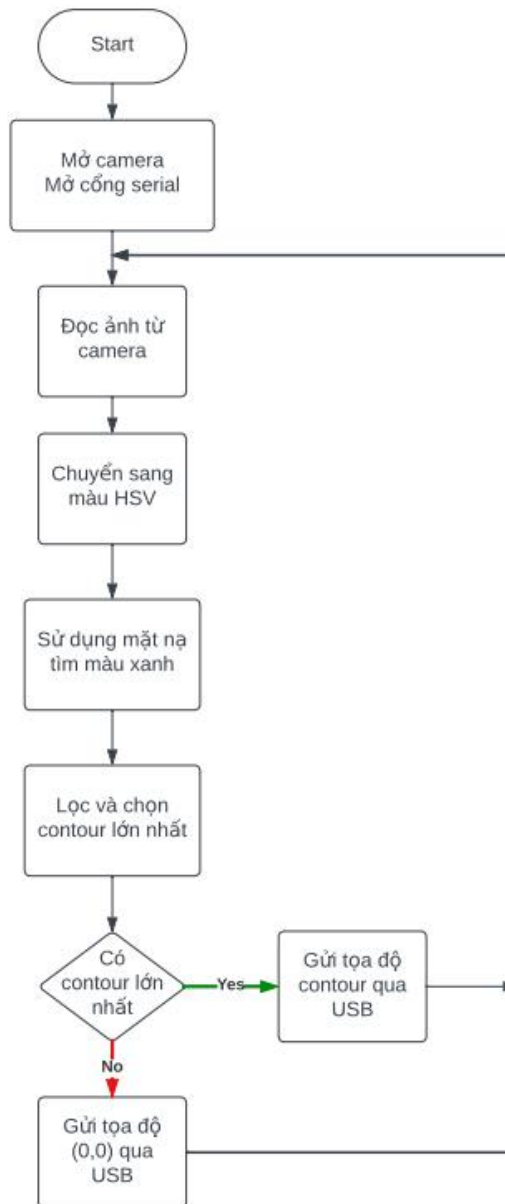
### 3.4.4 Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (nhặt bóng)



Hình 3.27: Lưu đồ giải thuật khối Tính toán giá trị điều khiển (nhặt bóng)

Chương trình bắt đầu bằng việc theo dõi sự kiện ngắt từ timer. Khi ngắt xảy ra, chương trình kiểm tra giá trị của hai biến là RunSystem và EnablePickup. Nếu cả hai biến đều bằng 1, chương trình gán giá trị pwm là 20 và sau đó gọi hàm MotorRot(pwm) để điều khiển động cơ nhặt bóng. Trong trường hợp nếu một trong hai hoặc cả hai biến không bằng 1, chương trình gán giá trị pwm là 0 và tiếp tục gọi hàm MotorRot(pwm) để tắt động cơ. Sau đó, chương trình tiếp tục lặp lại, chờ đợi cho sự kiện ngắt từ timer xảy ra tiếp theo để thực hiện các kiểm tra và điều khiển động cơ theo logic tương ứng.

### 3.4.5 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý ảnh

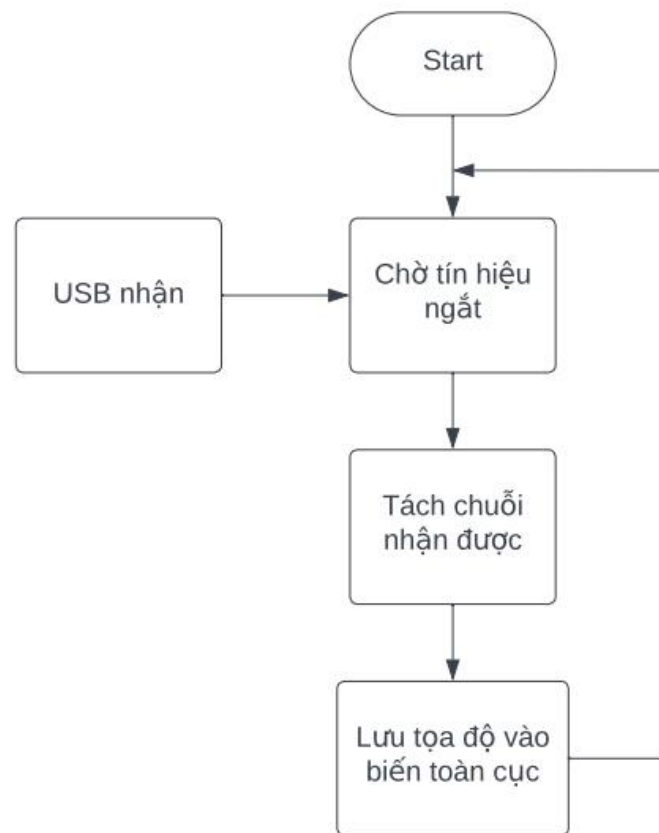


Hình 3.28: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý ảnh

Chương trình bắt đầu bằng việc khởi tạo cổng serial và kích hoạt camera để đọc dữ liệu hình ảnh từ nguồn camera. Hình ảnh sau đó được chuyển từ không gian màu RGB sang hệ màu HSV để thuận tiện trong việc phân biệt các màu sắc. Tiếp theo, chương trình áp dụng một mặt nạ để lọc ra các pixel có màu xanh tương ứng với màu của bóng. Sau khi có được hình ảnh lọc, chương trình xác định và chọn contour lớn nhất trong ảnh. Nếu tồn tại contour lớn nhất, chương trình trích xuất tọa độ tâm của contour đó và gửi thông tin này qua cổng USB.

Trong trường hợp không có contour lớn nào được tìm thấy, chương trình gửi tọa độ (0,0) qua cổng USB để thể hiện rằng không có bóng nào được phát hiện. Sau cùng, chương trình tiếp tục lặp lại quá trình trên, chờ đợi dữ liệu mới từ camera để thực hiện các bước xử lý và kiểm tra một lần nữa.

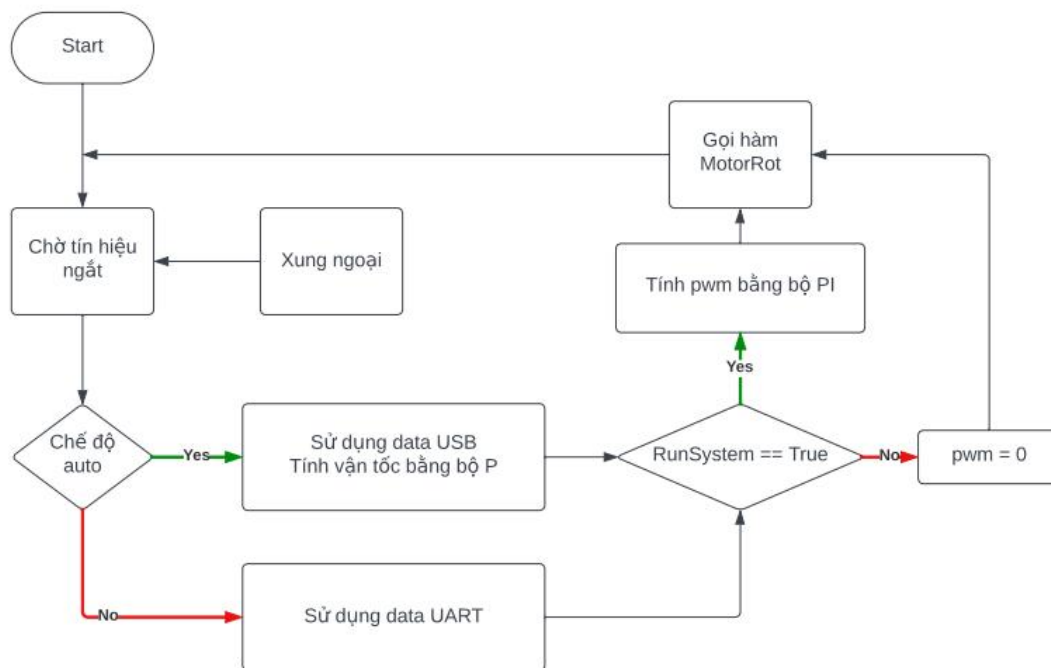
### 3.4.6 Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data usb



Hình 3.29: Lưu đồ giải thuật khối Xử lý data usb

Chương trình bắt đầu bằng việc lắng nghe tín hiệu được truyền qua cổng USB. Khi nhận được tín hiệu, chương trình tiến hành tách chuỗi dữ liệu nhận được thành các phần riêng lẻ và lưu giá trị của mỗi phần vào các biến toàn cục để sử dụng trong quá trình thực thi chương trình. Sau khi xử lý xong tín hiệu từ USB, chương trình tiếp tục lặp lại, chờ đợi cho đến khi nhận được tín hiệu mới từ USB để tiếp tục quá trình xử lý và cập nhật giá trị của các biến toàn cục.

### 3.4.7 Lưu đồ giải thuật khởi Tính toán giá trị điều khiển (di chuyển)



Hình 3.30: Lưu đồ giải thuật khởi Tính toán giá trị điều khiển (di chuyển)

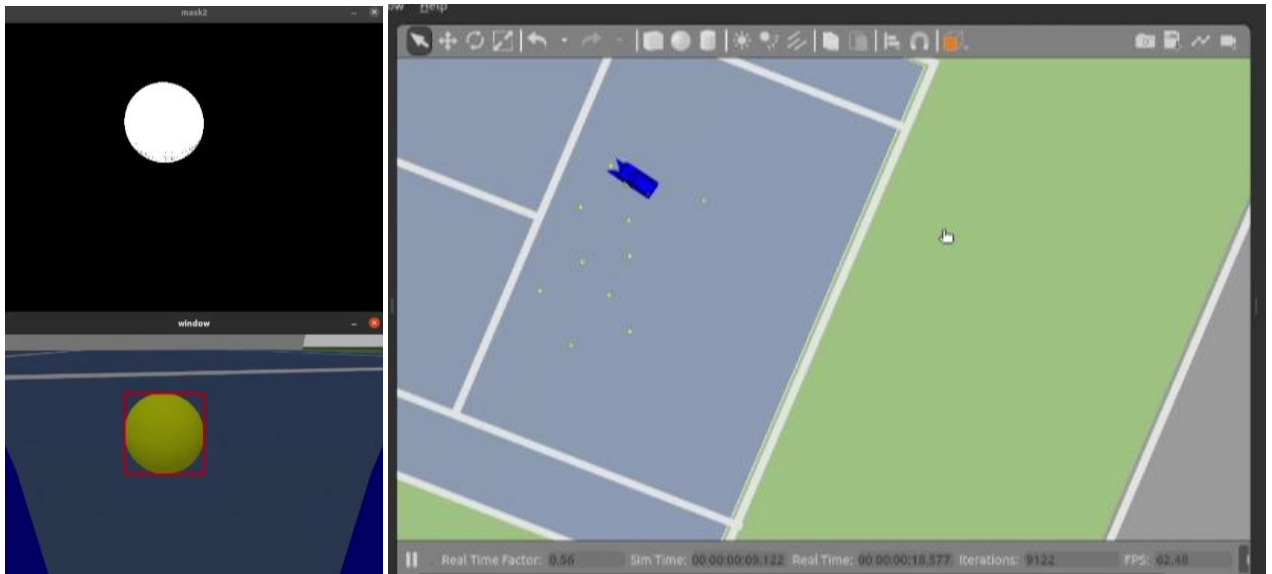
Chương trình bắt đầu với việc kiểm tra sự kiện ngắt từ timer. Trong trường hợp chế độ là "auto", chương trình sử dụng dữ liệu từ cổng USB để tính toán vận tốc sử dụng bộ điều khiển P. Tiếp theo, chương trình kiểm tra biến RunSystem. Nếu RunSystem bằng 1, chương trình tiếp tục tính toán giá trị PWM bằng bộ điều khiển PI và sau đó gọi hàm MotorRot để điều khiển động cơ.

Trong trường hợp biến RunSystem không bằng 1, chương trình gán giá trị PWM bằng 0 và tiếp tục gọi hàm MotorRot để đảm bảo động cơ dừng lại. Quá trình này được lặp lại khi timer ngắt lần tiếp theo.

Nếu chế độ không phải là "auto" tức là người dùng chọn chế độ manual, chương trình sử dụng dữ liệu từ cổng UART để tính toán vận tốc. Sau đó, chương trình kiểm tra biến RunSystem và thực hiện quá trình tính toán giá trị PWM và điều khiển động cơ tùy thuộc vào giá trị của RunSystem tương tự như ở chế độ "auto".

### 3.5 Mô phỏng trên Gazebo

Nhóm em sử dụng phần mềm Gazebo để mô phỏng kiểm chứng lại toàn bộ phần thiết kế như phần cứng, lưu đồ và thuật toán PID xem có hoạt động được không. Kết quả là robot hoạt động mượt mà, hệ thống nhận diện đầy đủ và đạt hiệu suất cao.



Hình 3.31: Mô phỏng trên Gazebo

## CHƯƠNG 4 THI CÔNG VÀ THỰC NGHIỆM

### 4.1 Thi công mô hình

#### 4.1.1 Chuẩn bị phần cứng

Sau khi thiết kế và tính toán chọn lựa các linh kiện, nhóm tiến hành tổng hợp lại và bổ sung những thứ đi kèm

| STT | Tên linh kiện                                   |
|-----|---|
| 1   | Khung xe  |
| 2   | Vỏ xe mica                                      |
| 3   | Raspberry Pi 3+                                 |
| 4   | Camera 5MP Raspberry Pi                         |
| 5   | Kit STM32F103C8T6                               |
| 6   | Module điều khiển động cơ DC BTS7960            |
| 7   | Module Bluetooth HC-05                          |
| 8   | Ắc quy  |
| 9   | Sạc dự phòng                                    |
| 10  | Mạch giảm áp Buck DC-DC LM2596                  |
| 11  | Thùng đựng bánh                                 |
| 12  | Ốc, vít và con tuốt cho nhôm định hình          |
| 13  | Khớp nối vuông                                  |
| 14  | Động cơ dẫn động cùng bánh xe $d =$             |
| 15  | Động cơ bắn bóng cùng bánh xe $d = 65\text{mm}$ |



|    |                            |
|----|----------------------------|
| 16 | Công tắc                   |
| 17 | Dây điện và domino nối dây |
| 18 | Công tắc                   |

Bảng 4.1: Tổng hợp linh kiện của robot

#### 4.1.2 Lắp ráp

##### Bước 1: Lắp ráp khung robot



Hình 4.1: Khung Robot

Khung robot được lắp bằng các thanh nhôm định hình liên kết với nhau bằng các khớp nối vuông góc giúp chịu lực tốt hơn.

Hai cơ cấu truyền động chủ động và thứ cấp sẽ được gắn trực tiếp vào khung nhôm. Để khung nhôm chịu toàn bộ lực cho robot.

##### Bước 2: Lắp cơ cấu nhật bóng



Hình 4.2: Cơ cấu nhật bóng

Cơ cấu nhật bóng sử dụng hai động cơ gắn bánh xe lắp song song với mặt đất. Khi động cơ xoay sẽ tạo với mặt đất một lực nén giúp bắn bóng vào thùng đựng.

Hai động cơ được gắn trên các thanh nhôm để có thể điều chỉnh độ cao giúp tùy chỉnh lực nén hợp lý.

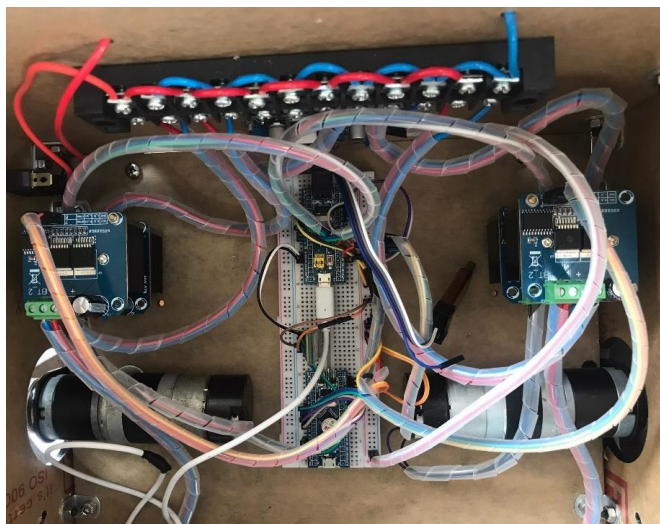
*Bước 4: Lắp cơ cấu dẫn hướng gom bóng*



Hình 4.3: Cơ cấu dẫn hướng gom bóng

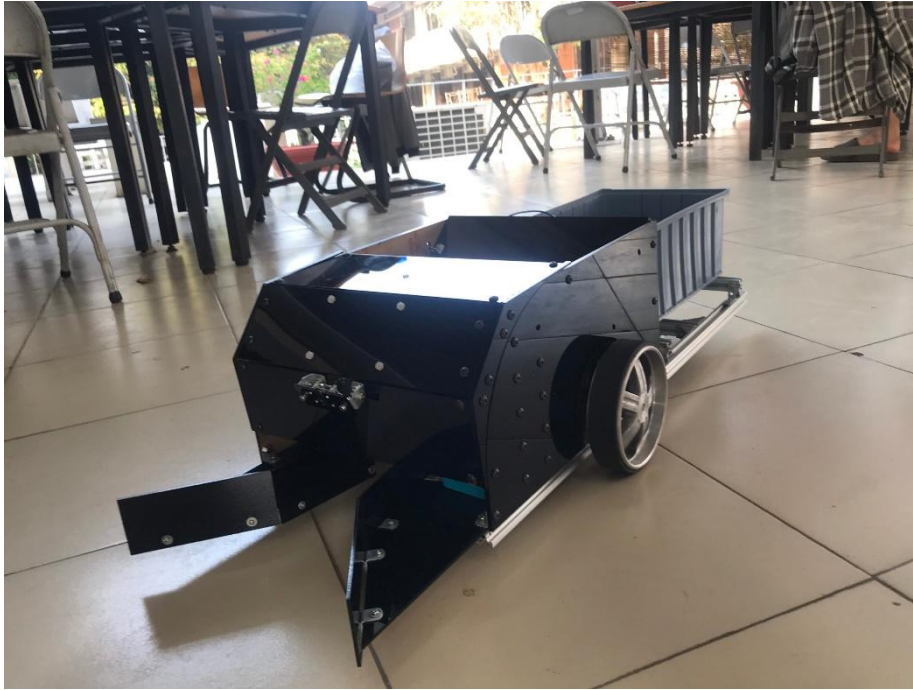
Cơ cấu dẫn hướng gồm 4 miếng mica hình chữ nhật được lắp đối xứng với nhau tạo thành 2 góc  $80^\circ$  và  $20^\circ$  cách nhau một khoảng phù hợp giúp bóng không bị kẹt.

*Bước 5: Kết nối các thiết bị điện tử*



Hình 4.4: Kết nối các thiết bị

#### *Bước 6: Lắp ráp hoàn thiện Robot*



Hình 4.5: Robot hoàn chỉnh

### **4.2 Thực nghiệm**

#### *Điều kiện thực nghiệm*

Trong phòng và ngoài trời: Có đủ không gian để robot di chuyển và thu lượm bóng. Bề mặt có độ ma sát để robot có thể di chuyển một cách hiệu quả. Đảm bảo có đủ ánh sáng để camera của robot có thể nhận diện bóng một cách chính xác.

Bóng: Chọn những quả bóng sạch, sáng màu và có kích thước như những quả bóng thông thường.

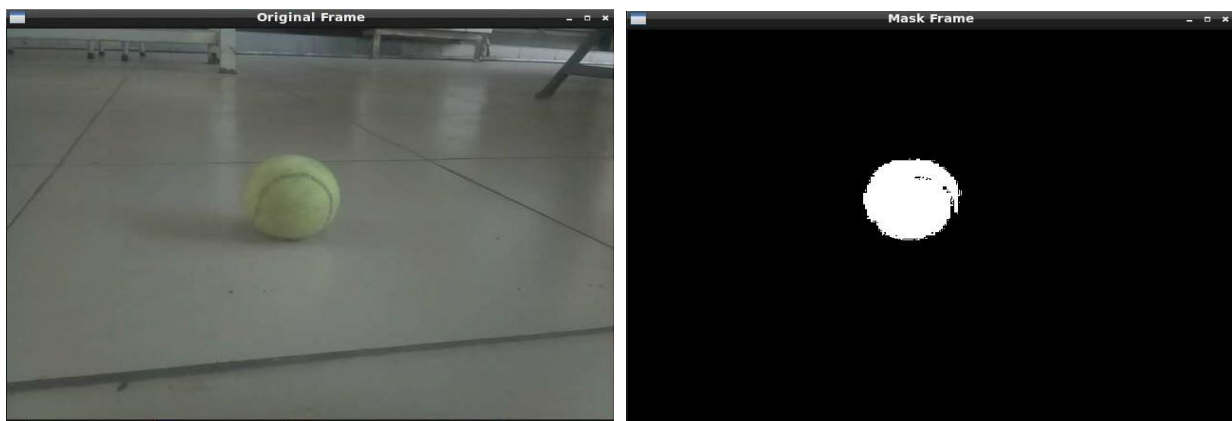
Thiết bị Điều Khiển:

Sử dụng bộ điều khiển qua App và cả chế độ Auto

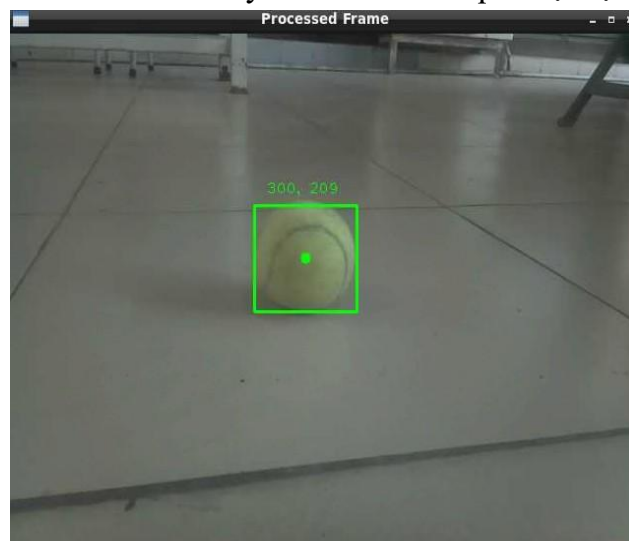
#### *Kết quả*

Về phân xử lý ảnh:

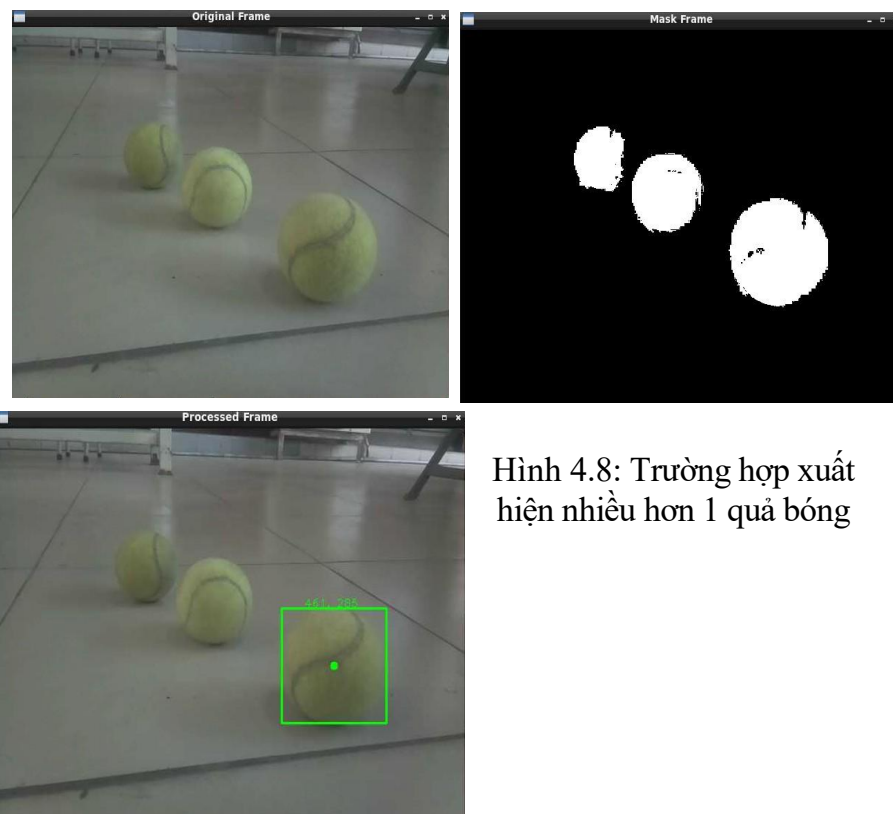
Mặt nạ thành công trong việc lọc màu quả bóng. Hệ thống nhận diện của robot cũng đã thể hiện độ chính xác cao trong việc nhận biết và trả về giá trị tọa độ của bóng. Tỷ lệ nhận diện đúng bóng là ấn tượng, và có sự lọc bỏ các quả bóng ở xa ưu tiên các quả ở gần hơn.



Hình 4.6: Ảnh chưa xử lý và ảnh sau khi qua mặt nạ lọc màu



Hình 4.7: Kết quả nhận diện và trả về tọa độ



Hình 4.8: Trường hợp xuất hiện nhiều hơn 1 quả bóng



Về phần điều khiển và lượm bóng:

Robot thành công di chuyển theo các phương hướng dưới chế độ điều khiển qua App. Tuy đôi lúc có lệch hướng nhưng vẫn coi như đã thành công trong việc điều khiển hệ thống. Còn phần lượm bóng, có thể thấy như hình bên dưới là đã thành công khi lượm được bóng trong nhiều trường hợp khác nhau như bóng trải đều, bóng chụm lại, ...



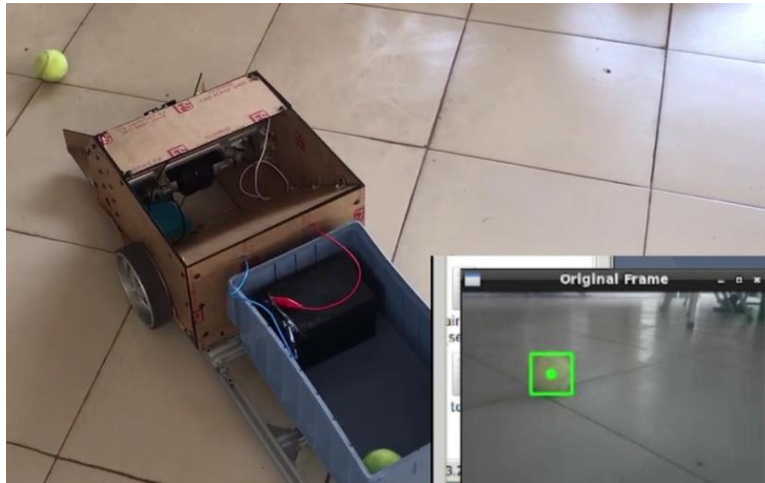
Hình 4.9: Thử nghiệm lượm bóng trường hợp 1



Hình 4.10: Thử nghiệm lượm bóng trường hợp 2

Về phần auto và lượm bóng:

Với chế độ auto thì cũng thành công trong việc nhận dạng cũng như điều khiển robot tới đúng vị trí của bóng. Thuật toán PID áp dụng vào hoạt động thành công.



Hình 4.11: Robot định vị thành công và đang đi lượm bóng

### 4.3 Phân tích

*Ưu điểm của hệ thống:*

- Hiệu suất lượm bóng tốt, thử nghiệm đã cho thấy khả năng tìm kiếm và thu thập quả bóng một cách hiệu quả, giảm thiểu số lượng quả bóng bỏ sót.
- Hệ thống tự động hoạt động mà không cần sự can thiệp lớn từ phía người điều khiển, khả năng di chuyển cũng đầy đủ với hai chế độ manual và auto.
- Tốc độ hoạt động ổn định và nhanh chóng.

*Hạn chế của hệ thống:*

- Phát hiện một số sai số trong quá trình xác định vị trí của quả bóng, đặc biệt là trong điều kiện ánh sáng yếu.
- Robot có xu hướng không ổn định khi di chuyển liên tục, có thể do phần bánh xe bị dẫn chưa đủ đáp ứng cho robot.
- Khả năng xử lý trục trặc khi gặp vật cản.

## CHƯƠNG 5 KẾT LUẬN

### 5.1 Kết quả

Nhóm nghiên cứu đã đạt được các thành tựu quan trọng trong quá trình thực hiện dự án:

Trong lĩnh vực xử lý hình ảnh, thành công phát triển một hệ thống nhận dạng bóng tennis. Quá trình này bao gồm các bước chi tiết như lựa chọn hình ảnh đầu vào, tiền xử lý ảnh, phân đoạn màu và tích hợp thành hệ thống nhận dạng bóng hoạt động. Kết quả là một hệ thống nhận dạng bóng hoàn thiện. Hệ thống nhận dạng bóng có khả năng phân biệt quả bóng tennis với hầu hết các đối tượng nền khác. Cuối cùng là xác định vị trí chính xác của bóng trong khung ảnh. Điều này đạt được thông qua việc xác định vị trí trung tâm của quả bóng tennis và tính toán khoảng cách từ tâm bóng đến tâm khung ảnh dựa trên hệ tọa độ của hình ảnh.

thành công trong việc tạo ra một mô hình cơ khí sử dụng phần mềm Inventor, đặc biệt chú trọng vào việc đảm bảo độ thẩm mỹ, độ chắc chắn và tính dễ dàng lắp đặt, đồng thời đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật một cách hoàn hảo. Mô hình cơ khí này không chỉ thể hiện sự tinh tế về mặt thẩm mỹ mà còn đảm bảo tính chắc chắn, làm tăng khả năng ổn định và hiệu suất của hệ thống. Sự dễ dàng trong quá trình lắp đặt không chỉ giúp tiết kiệm thời gian mà còn tăng cường tính linh hoạt khi triển khai.

Thiết kế bộ điều khiển dựa vào thuật toán PID thành công. Tìm ra được các hệ số  $K_p$ ,  $K_i$  và  $K_d$  dựa vào hàm truyền hệ thống và phương pháp thử công. Việc này đồng nghĩa với việc hệ thống có sự ổn định trong quá trình điều khiển hệ thống. Sự thành công này không chỉ là kết quả của việc triển khai kỹ thuật PID mà còn là sự hiểu biết sâu sắc về đặc tính của hệ thống và cách tối ưu hóa nó thông qua điều khiển tự động.

### 5.2 Các hạn chế

Kích thước robot khá to khiến vận chuyển gặp khó khăn.

Phần cứng không đủ kín có thể khiến mạch điện tử bị ăn mòn hoặc thấm nước.

Hệ thống có thể gặp khó khăn khi hoạt động dưới điều kiện ánh sáng thay đổi.

Hệ thống có thể phản ứng chậm do thuật toán PID không đáp ứng đủ nhanh.

### 5.3 Các lĩnh vực cần nghiên cứu thêm

Tối ưu hóa lại thời gian nhận bóng và khả năng phát hiện bóng.

Làm ứng dụng trên điện thoại giúp điều khiển robot và quan sát màn hình.

Tối ưu hóa lại kích thước nếu khả thi.

Phát triển thêm khả năng né vật cản.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods - Digital Image Processing (2008, Prentice Hall)
2. Foo Shi Wei, “ Design and develop of an automated tennis ball collector and launcher robot for both able-bodied and wheelchair tennis players – ball recognition system”, 2012.
3. PGS Trần Hữu Quế, vẽ kỹ thuật cơ khí tập một, Vẽ kỹ thuật cơ khí tập 2, nhà xuất bản giáo dục Việt Nam.
4. Duru SARICALAR, Kadir Furkan ÇAYBAŞI, Bekir ÖZTÜRK, Volkan SEZER, “Development of an Autonomous Tennis Ball Retriever Robot”, 2020.