

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

**TÊN ĐỀ TÀI: GIẢI PHÁP THIẾT KẾ ROBOT DI ĐỘNG SỬ
DỤNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO CHO CUỘC THI
SDC E-Fest 2023**

Lĩnh vực: Kỹ thuật – Công nghệ

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ điện tử

Nhóm sinh viên thực hiện:

Nguyễn Huy Việt Anh – Lớp KT CĐT 2 – K15.

Lê Trọng An – Lớp KT CĐT 2 – K15

Khoa Cơ khí – Cơ điện tử

Năm thứ: 2

Số năm đào tạo: 4.5

Ngành học: KT Cơ điện tử

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Đức Nam

Hà Nội, tháng 5 năm 2023

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

**TÊN ĐỀ TÀI: GIẢI PHÁP THIẾT KẾ ROBOT DI ĐỘNG SỬ
DỤNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO CHO CUỘC THI
SDC E-Fest 2023**

Lĩnh vực: Kỹ thuật – Công nghệ

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ điện tử

Nhóm sinh viên thực hiện:

Nguyễn Huy Việt Anh – Lớp KT CĐT 2 – K15.

Lê Trọng An – Lớp KT CĐT 2 – K15

Khoa Cơ khí – Cơ điện tử

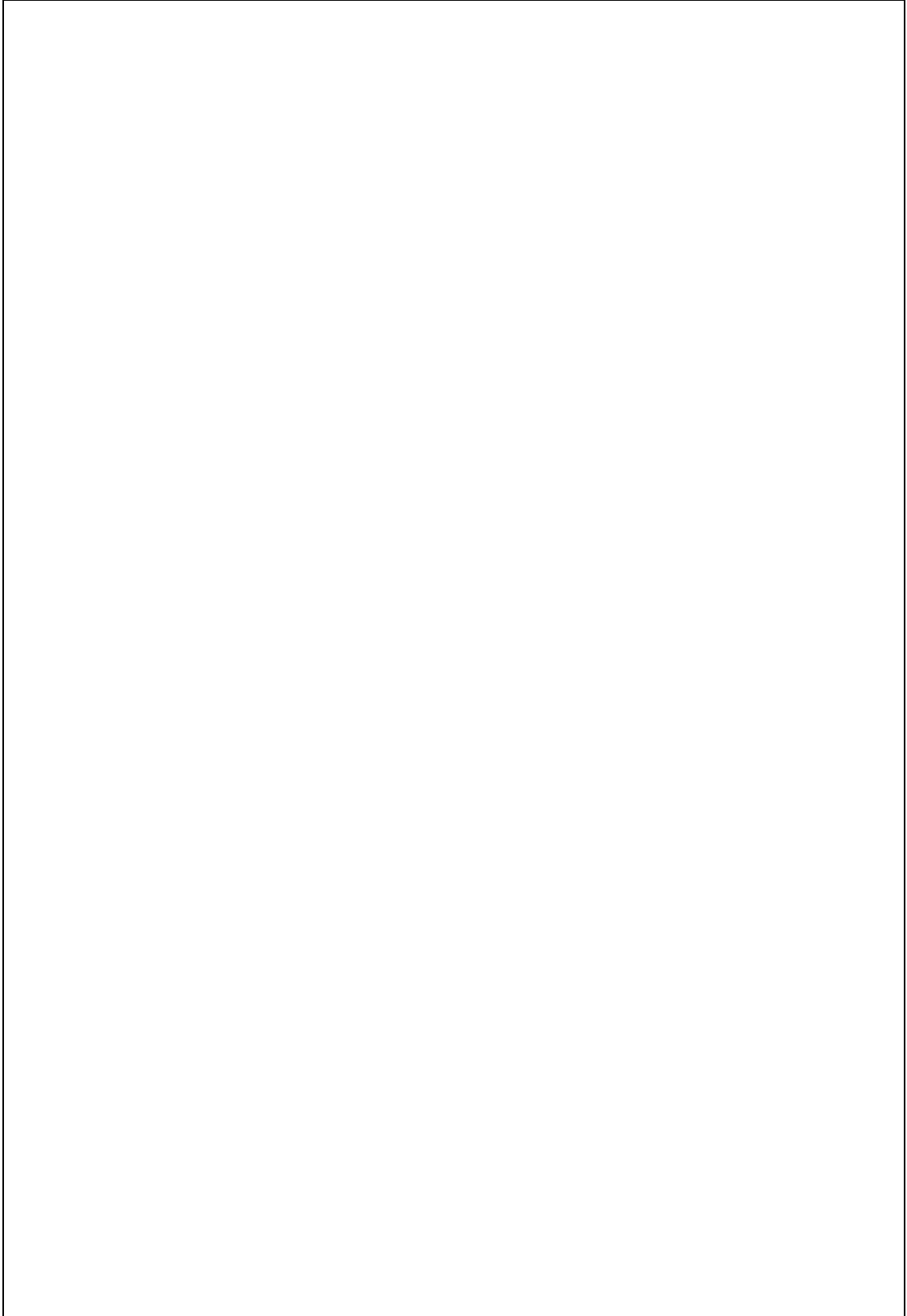
Năm thứ: 2

Số năm đào tạo: 4.5

Ngành học: KT Cơ điện tử

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Đức Nam

Hà Nội, tháng 5 năm 2023



HƯỚNG DẪN TRÌNH BÀY BÁO CÁO TỔNG KẾT BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI SINH VIÊN NCKH

I. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học của sinh viên

1. Báo cáo tổng kết đề tài là cơ sở để hội đồng đánh giá kết quả thực hiện đề tài khoa học của sinh viên. Báo cáo tổng kết phải phản ánh đầy đủ nội dung, kết quả thực hiện đề tài và phải được đóng thành quyển.

2. Hình thức của báo cáo tổng kết đề tài

- Khổ giấy A4 (210 X 297 mm); đóng bìa mềm.

- Số trang tối đa là 80 trang (*không tính mục lục, tài liệu tham khảo và phụ lục*);
phông chữ Times New Roman, cỡ chữ 13; paragraph 1,3 - 1,5 line; lề trái 3 cm; lề trên, lề dưới, lề phải 2 cm.

- Số thứ tự của trang ở chính giữa trang, phía trên.

- Tài liệu tham khảo và phụ lục (*nếu có*): Tối đa là 40 trang; tên các tác giả nước ngoài nêu trong báo cáo tổng kết phải viết theo đúng ngôn ngữ trong tài liệu nguyên bản được trích dẫn.

- Không gạch dưới các từ, câu trong báo cáo tổng kết; không viết lời cảm ơn và không được ký tên.

- Ngôn ngữ sử dụng trong báo cáo tổng kết: Tiếng Việt, tiếng Anh hoặc ngôn ngữ khác thì yêu cầu phải có bản dịch ra Tiếng Việt.

II. Cấu trúc báo cáo tổng kết

1. Bìa báo cáo;

a) Trang bìa chính (mẫu 1).

b) Trang bìa phụ (mẫu 2).

2. Mục lục;

3. Danh mục bảng biểu;

4. Danh mục những từ viết tắt (xếp theo thứ tự bảng chữ cái);

5. Mở đầu;

6. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài;

7. Lý do lựa chọn đề tài;

8. Mục tiêu, nội dung, phương pháp nghiên cứu của đề tài;

9. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

10. Kết quả nghiên cứu và thảo luận: Trình bày thành các chương 1, 2, 3,...; nêu các kết quả nghiên cứu đạt được và đánh giá về các kết quả này.

11. Kết luận và kiến nghị:

a) Phần kết luận: Kết luận về các nội dung nghiên cứu đã thực hiện. Đánh giá những đóng góp mới của đề tài;

b) Phần kiến nghị: Các đề xuất được rút ra từ kết quả nghiên cứu. Đề xuất về các nghiên cứu tiếp theo; các biện pháp cần thiết để có thể ứng dụng kết quả nghiên cứu vào thực tiễn đời sống và sản xuất; các kiến nghị về cơ chế, chính sách.

12. Tài liệu tham khảo: Tài liệu tham khảo là danh mục sách, báo, tài liệu các loại được sử dụng để tham khảo trong quá trình nghiên cứu, sắp xếp các nguồn tài liệu và các sách xuất bản đã tham khảo để tiến hành đề tài, thông thường được trình bày theo thứ tự: họ và tên tác giả, nhan đề, các yếu tố về xuất bản. Các văn bản được xếp theo trình tự: văn bản pháp qui; sách, báo, tạp chí; bài viết của các tác giả...; trong mỗi loại được xếp theo thứ tự bảng chữ cái.

13. Phụ lục (nếu có) bao gồm các bảng biểu, sơ đồ, hình vẽ, bảng liệt kê các tư liệu... để minh họa cho báo cáo tổng kết đề tài.

CONTENTS

I.	MỞ ĐẦU	8
II.	TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU	11
	1. Yêu cầu đề bài cuộc thi SDC 2023	11
	2. Giải pháp trên thế giới	11
III.	LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI	12
IV.	MỤC TIÊU, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	13
	Mục tiêu	13
	Nội dung	13
	Tóm tắt kết quả	14
V.	ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU	15
VI.	KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	17
	CHƯƠNG I. GIẢI PHÁP NĂNG LƯỢNG	17
	1. Năng lượng mặt trời	17
	2. Năng lượng gió	20
	3. Giải pháp tích trữ năng lượng	21
	CHƯƠNG II. THIẾT KẾ CƠ KHÍ VÀ GIẢI PHÁP HẠ TẢI TỰ ĐỘNG	23
	1. Thiết kế khung cơ khí	23
	2. Giải pháp hạ tải tự động	26
	CHƯƠNG III. THIẾT KẾ MẠCH ĐIỆN TỬ VÀ ĐIỀU KHIỂN	27
	1. Mạch ESP32	27
	2. Mạch hạ áp DC LM2596	32
	3. Joystick	33
	4. Màn hình LCD 16x2 kèm module I2C	34
	5. Cảm biến điện áp 25VDC	35
	6. Động cơ DC 3V có hộp giảm tốc	36
	7. Mạch 4 Relay Opto chọn mức kích High/Low 5VDC	37
	8. Tấm pin mặt trời Polysilicon	39
	9. Pack siêu tụ điện Oxit Mangan	39

10. Tuabin gió.....	41
11. Servo MG996R.....	42
12. Sơ đồ đấu nối.....	43
CHƯƠNG IV. GIẢI PHÁP TRUYỀN THÔNG GIAO TIẾP	44
1. Giới thiệu ESP-NOW:.....	44
2. Các chế độ hoạt động:	44
CHƯƠNG IV. ĐO LƯỜNG VÀ KẾT QUẢ ĐO	46
1. Bài đo tốc độ sạc pin.....	46
2. Bài đo khả năng mang tải trong thời gian 15 phút	47
CHƯƠNG V. KẾT QUẢ THI ĐẤU	49
VII. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	50
VIII. Tài liệu tham khảo.....	50
IX. PHỤ LỤC	52
CHƯƠNG TRÌNH NHẬN – RECEIVER	52
CHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN – TRANSMITTER	61

I. MỞ ĐẦU

Hiện nay năng lượng tái tạo đang được xem là giải pháp và xu hướng tất yếu của ngành năng lượng hiện nay trên thế giới. Khi các nguồn nhiên liệu hóa thạch có hạn như than đá dầu mỏ ngày càng trở nên cạn kiệt, gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng và biến đổi khí hậu, buộc các quốc gia trên thế giới phải đẩy mạnh chuyển dịch cơ cấu ngành năng lượng theo hướng sạch và bền vững. Phát triển nguồn năng lượng tái tạo đang dần chiếm vị trí quan trọng trong sự phát triển kinh tế bền vững ở các nước trên thế giới, do lợi ích to lớn trong việc tận dụng tối đa nguồn thiên nhiên vô tận (như gió, mặt trời...) để tạo ra nguồn năng lượng thay thế cho những nguồn năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch, cũng như góp phần giảm tác động của hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu gây ra cho trái đất. Theo nghiên cứu của cơ quan năng lượng quốc tế (IEA), đến năm 2025, năng lượng tái tạo sẽ trở thành nguồn sản xuất điện chính, cung cấp một phần ba lượng điện trên thế giới, ước tính, công suất điện gió và quang điện sẽ vượt công suất của khí đốt vào năm 2023 và than đá vào năm 2024. Các sản phẩm công nghệ cao sử dụng nguồn năng lượng tái tạo như nhà thông minh, xe điện, ... đang dần trở nên phổ biến trên toàn thế giới [1-3].

Theo nhận định của giới chuyên gia Việt Nam là quốc gia hội tụ những đặc điểm địa lý, khí hậu lý tưởng cho việc sản xuất các loại năng lượng tái tạo. Với vị trí địa lý có đường biển dài, thời tiết của khu vực nhiệt đới nhận được lượng nhiệt mặt trời tương đối lớn... đây là một trong những tiềm năng rất lớn để Việt Nam xây dựng và phát triển ngành công nghiệp năng lượng tái tạo như nhà máy năng lượng mặt trời, nhà máy năng lượng gió (Hình 1). Việc này có ý nghĩa vô cùng to lớn trong định hướng phát triển nền kinh tế Việt Nam trong tương lai, cũng như an ninh năng lượng, ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu.

Các hãng xe điện như Tesla, Mitsubishi, ... và robot di động đã công bố những sản phẩm sử dụng năng lượng tái tạo để phục vụ con người. Để phục vụ cho công cuộc chuyển

đổi xanh, nhiều quốc gia trên thế giới đã và đang triển khai các cuộc thi năng lượng xanh dành cho sinh viên.



Hình 1: Cụm nhà máy điện mặt trời Dầu Tiếng có công suất đứng thứ 2 trên cả nước

ASME (American Society of Mechanical Engineers) RoboGames là một cuộc thi về robot tự động được tổ chức hàng năm bởi Hội Kỹ sư Cơ khí Hoa Kỳ (ASME). Cuộc thi ASME RoboGames được tổ chức lần đầu tiên vào năm 1989 với tên gọi là "Olympiad Robot Cơ khí" tại San Francisco, California. Ban đầu, cuộc thi chỉ dành cho các học sinh cấp trung học. Tuy nhiên, sau này, cuộc thi mở rộng tham gia cho các học sinh trung học và sinh viên đại học trên toàn cầu.

Các đề thi mẫu của cuộc thi ASME thường bao gồm các thử thách khác nhau mà robot phải vượt qua, như đẩy đồ vật, di chuyển trên địa hình đa dạng, thu thập và vận chuyển đồ vật. Các thử thách này được thiết kế để kiểm tra khả năng của robot trong việc hoạt động trong môi trường khác nhau và giải quyết các vấn đề khó khăn.

Cuộc thi ASME được tổ chức tại nhiều địa điểm trên thế giới, với các đội tuyển đến từ nhiều quốc gia khác nhau. Tuy nhiên, một trong những địa điểm tổ chức chính là Mỹ,

và các trường đại học hàng đầu của Mỹ như University of Illinois, University of Michigan và University of California đã từng đăng cai tổ chức cuộc thi ASME.



Hình 2: Cuộc thi ASME Trường Đại học Phenikaa

Trường ĐH Phenikaa tổ chức cuộc thi sinh viên thiết kế (SDC) năm 2023 với chủ đề và luật thi đấu lấy từ cuộc thi ASME SDC E-Fest 2023 (Hình 2). Mỗi đội tham gia chế tạo một chiếc xe được điều khiển từ xa di chuyển với tải đặt trên xe đến khu vực dỡ tải trên sân thi đấu có thể hấp thụ và lưu trữ hai loại năng lượng tái tạo là gió và mặt trời để sử dụng cho quá trình di chuyển và thả tải của xe trong quá trình thi đấu. Thời gian thi đấu của mỗi trận đấu là 15 phút đội nào có số điểm quy đổi cao hơn sẽ là đội chiến thắng.

II. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

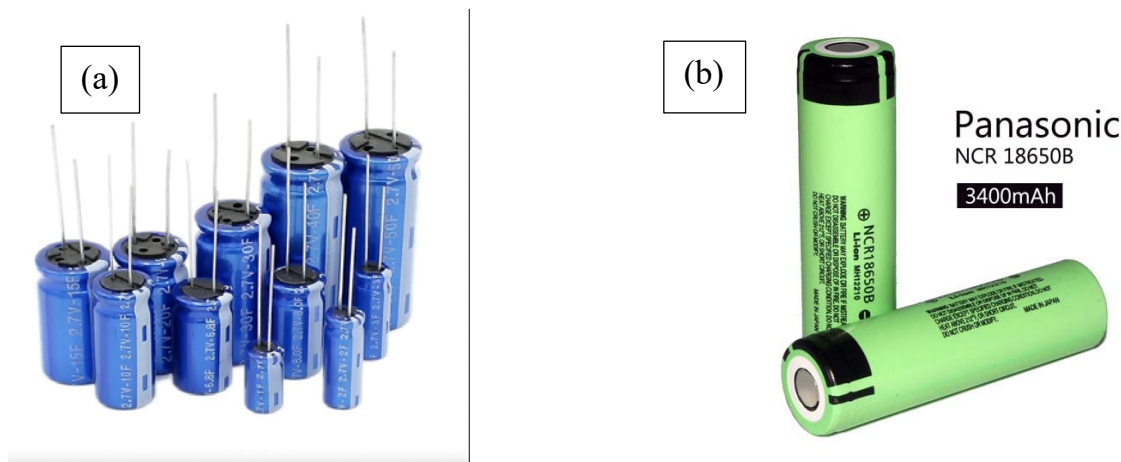
1. Yêu cầu đề bài cuộc thi SDC 2023

Đề bài cuộc thi ASME SDC 2023 yêu cầu thiết bị có khả năng thu nhận năng lượng gió và năng lượng mặt trời và hoàn thành nhiệm vụ di chuyển vật tải từ vị trí xuất phát, hạ hoặc thả vật tải tại vị trí hạ tải. Đây là một đề bài được chỉnh sửa từ cuộc thi SDC 2021 có yêu cầu gần giống với SDC 2023 về mặt thu nhận năng lượng nên nhóm tác giả đã phân tích, tinh chỉnh và tính toán để phân năng lượng có thể hoạt động tối ưu nhất đối với yêu cầu đề SDC 2023.

2. Giải pháp trên thế giới

Theo yêu cầu đề bài cuộc thi SDC 2023 tương tự như đề thi năm 2021, thiết bị phải có khả năng thu thập và lưu trữ năng lượng gió, mặt trời. Nhìn chung, các đội tham gia năm 2021 đều có giải pháp chung dùng pin năng lượng mặt trời để thu thập năng lượng từ đèn halogen và động cơ phát điện kèm cánh quạt thu năng lượng từ thiết bị quạt của ban tổ chức. Có hai loại công nghệ pin năng lượng mặt trời phổ thông là loại pin sử dụng tế bào quang điện đa tinh thể và tế bào quang điện đơn tinh thể. Tế bào loại đơn tinh thể có tuổi thọ cao, khả năng hoạt động với nguồn sáng yếu và hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao hơn đa tinh thể.

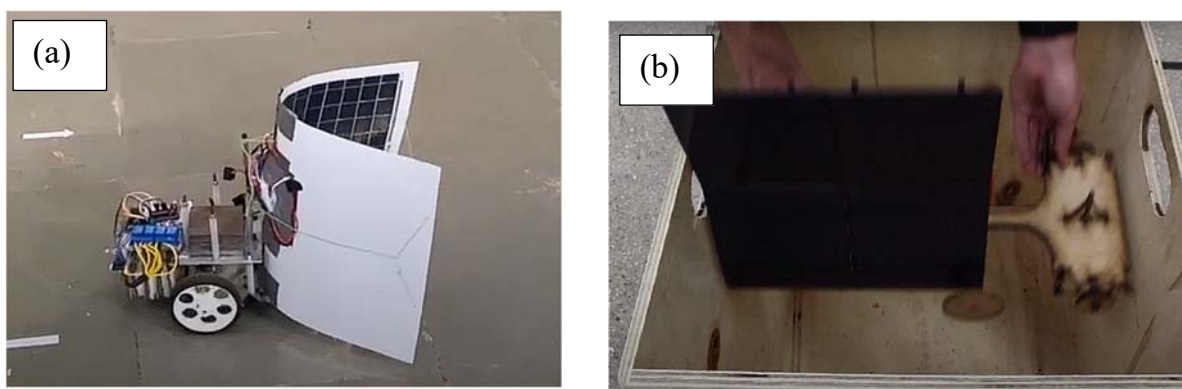
Phần lưu trữ năng lượng có thể chia thành 2 loại phổ thông của các đội là pin và siêu tụ. Pin gồm 2 loại chính là pin sắt 18650 và pin li-po (Hình 3). Siêu tụ có khả năng nạp xả, dòng xả cao và nhanh gấp nhiều lần so với pin nhưng không có khả năng tích trữ năng lượng nhiều bằng pin cùng kích thước.



Hình 3: (a) tụ, (b) pin

Về phần cơ khí, thiết bị sẽ được chia thành 2 cơ cấu chính. Đối với đội thi đến từ Innovation Cell IT Bombay đã dùng cơ cấu 2 cùng 2 bánh tự lựa, đội thi đến từ đại

học Wisconsin-Madison đã dùng cơ cấu xe kéo (hình 4). Cơ cấu 2 bánh kèm bánh tự lựa cho phép thiết bị có thể quay với bán kính quay nhỏ và không cần dùng đến bộ truyền động vi sai. Cơ cấu xe kéo mang lại cho thiết bị lợi thế hơn, tiết kiệm năng lượng hơn khi kéo-đẩy phần tải và có thể mang theo lượng tải lớn hơn nhưng cần có tính toán thiết kế trọng tâm của thiết bị chính xác để không dẫn tới việc công sinh ra bị hao hụt do trượt bánh đầu kéo, đối với cơ cấu này thiết bị cần có bộ truyền động vi sai hoặc truyền động 2 bánh dẫn không đồng tốc để có thể vào cua được mượt mà.



Hình 4: Giải pháp Robot di động thu thập năng lượng mặt trời của (a) đội Innovation Cell IT Bombay và (b) Wisconsin-Madison

III. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Cuộc thi ASME SDC E-Fest là cuộc thi được tổ chức hàng năm bởi Hiệp hội kỹ sư cơ khí Hoa Kỳ - là một trong những Hiệp hội uy tín trên thế giới trong lĩnh vực cơ khí – cơ điện tử. Cuộc thi có đề thi mang yêu cầu kỹ thuật cao và phù hợp với kiến thức của sinh viên. Cuộc thi này nhằm giúp cho sinh viên khối kỹ thuật, đặc biệt là chuyên ngành KT Cơ khí, KT Cơ điện tử có cơ hội học tập các kiến thức mới, áp dụng kiến thức đã được học và phát triển khả năng sáng tạo, tự học. Ngoài ra, nhóm đề tài gồm các bạn sinh viên năm thứ 2 còn được trải nghiệm quy trình thiết kế và sáng tạo nhiệm vụ khoa học, kỹ năng làm việc nhóm. Do đó, đề tài sẽ góp phần thúc đẩy tinh thần ham học, đam mê nghiên cứu và sáng tạo cho sinh viên tham gia.

Sản phẩm được chế tạo không chỉ nhằm mục đích tham gia cho cuộc thi ASME SDC 2023 mà có thể sử dụng để làm học cụ cho các môn học như: Vi điều khiển và vi xử lý, Cảm biến, ...

IV. MỤC TIÊU, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mục tiêu

- Hoàn thành thiết kế robot với giải pháp tối ưu về năng lượng, không gian để phù hợp với cuộc thi SDC E-Fest 2023
- Hiểu được nguyên lý của các dạng tích trữ năng lượng tái tạo
- Lập trình điều khiển, giao tiếp với robot thông qua mạch ESP32
- Thực hành được kỹ năng làm việc nhóm
- Thực hành kỹ năng gia công các chi tiết cơ khí

Nhóm nghiên cứu dự kiến thực hiện kết quả như bảng:

Bảng 1: Chỉ tiêu thiết kế sản phẩm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
Kích thước	Mm	$\leq 300 \times 300 \times 300$
Cân nặng	Kg	≤ 2
Tải trọng một lần di chuyển	Kg	≥ 3
Năng lượng tích trữ		Tụ/pin
Giá thành	VND	$< 2,000,000$

Nội dung

Cách thức triển khai:

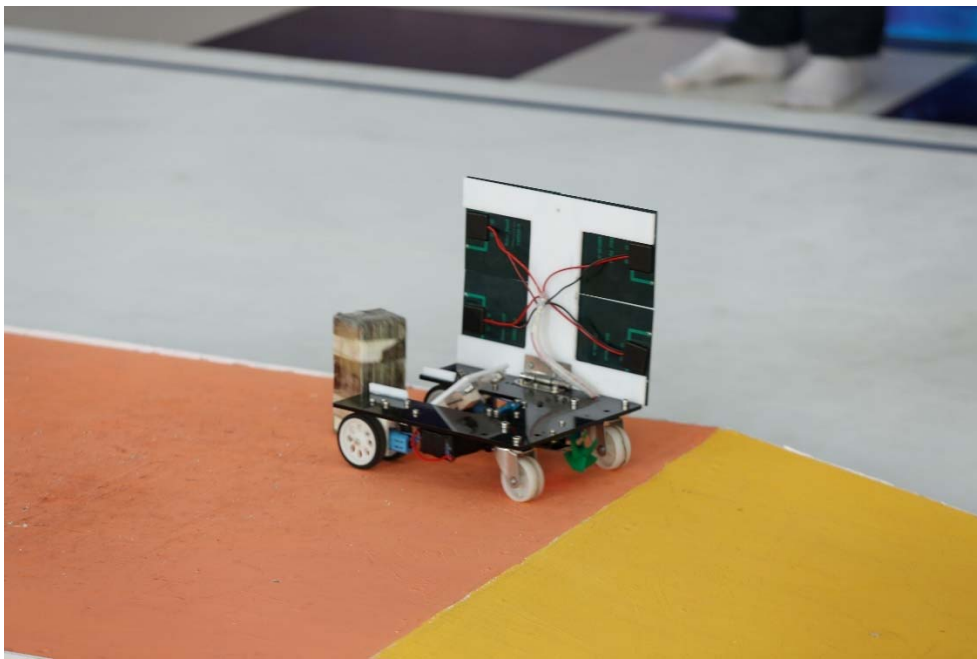
- Nhóm thực hiện theo quy trình nghiên cứu và phát triển sản phẩm bằng cách thực nghiệm.
- Phần mềm sử dụng: SolidWorks, Visual Studio, ...

Tóm tắt kết quả

Trong thời gian 04 tháng, nhóm nghiên cứu đã thực hiện được những công việc như sau:

- Về mặt lý thuyết:
 - Phân tích và lựa chọn được kết cấu hợp lý, khả thi để thiết kế và gia công.
 - Xây dựng được mô hình động học, động lực học đơn giản của Robot.
- Về mặt thực nghiệm:
 - Chế tạo thành công Robot phù hợp với mục đích nghiên cứu.
 - Thử nghiệm cơ cấu hạ tải tự động và cơ cấu mở tấm pin mặt trời thành công.
 - Lập trình được khả năng điều khiển từ xa ổn định cho Robot.
 - Robot có khả năng vượt địa hình dốc trong sân thi đấu tốt.
 - Đạt giải Nhất cuộc thi ASME – Student Design Competitions E-Fest 2023 do Khoa Cơ khí – Cơ điện tử Trường Đại học Phenikaa tổ chức.

Một số hình ảnh sản phẩm (hình 4-5) :



Hình 4: Quá trình hạ tải tự động



Hình 5: Quá trình leo dốc

V. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Cuộc thi Thiết kế dành cho Sinh viên năm 2023 yêu cầu các đội thiết kế và chế tạo một chiếc xe được điều khiển từ xa với các mục tiêu sau:

- Thiết bị phải càng nhỏ càng tốt, với kích thước bên trong tối đa là 50 cm x 50 cm x 50 cm (được tặng thưởng điểm qua Hệ số hộp kích thước)

$$\text{Hệ số hộp kích thước} = \sqrt[3]{\frac{(50\text{cm})^3}{\text{rộng} \times \text{dài} \times \text{cao}}}$$

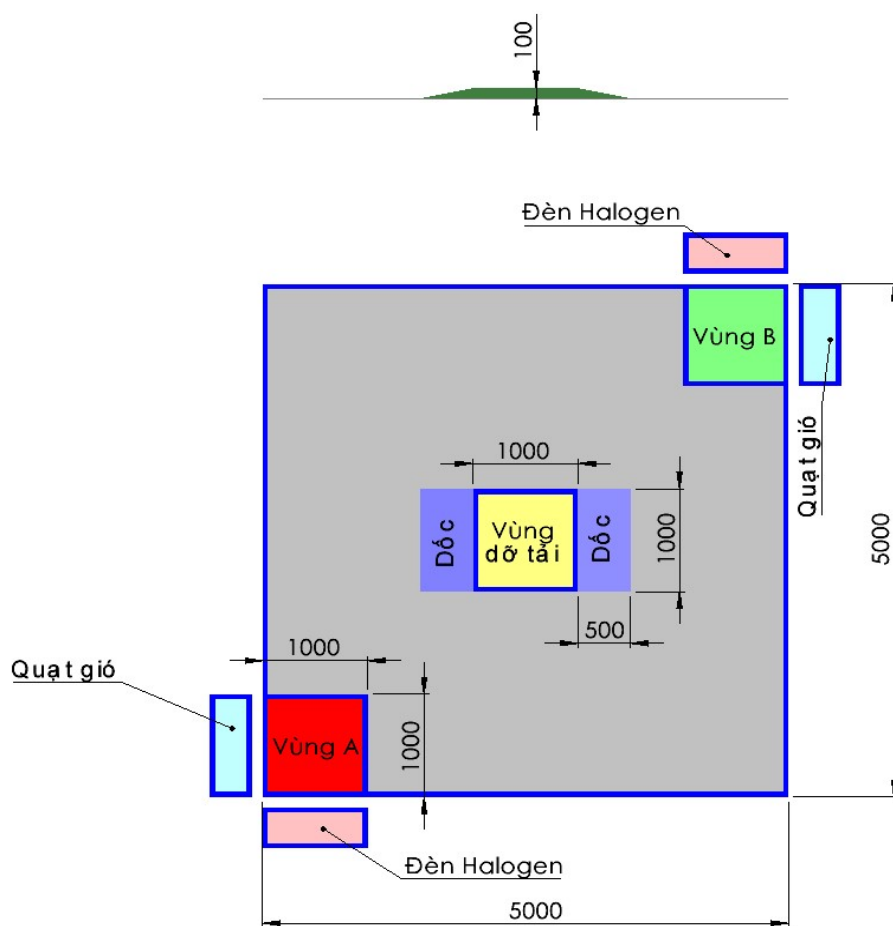
- Các đội phải chế tạo một thiết bị được đẩy bằng năng lượng thu được từ các nguồn năng lượng mặt trời hoặc gió. Các đội phải quyết định cách năng lượng thu thập được sẽ được lưu trữ trong thiết bị (pin, tụ điện, bộ lưu trữ cơ học, v.v.). Ngoài ra, một pin AAA có thể sạc được phép sử dụng để đẩy thiết bị. Mỗi đội sẽ được ASME cung cấp pin tại cuộc thi (Pin sạc AmazonBasics AAA có dung lượng 800 mA-giờ - hoặc tương đương) và các đội sẽ được cho khoảng thời gian phù hợp để sạc pin. Khi bắt đầu mỗi vòng, các đội phải chỉ ra rằng các thiết bị không chứa năng lượng dự trữ để đẩy xe ngoài pin AAA. Một hệ số điểm thưởng được trao cho các thiết bị sử dụng cả năng lượng mặt trời và năng lượng gió.

- Thiết bị điều hướng một hành trình để vận chuyển càng nhiều trọng lượng càng tốt từ khu vực chất hàng lên khu thả tải trong một khoảng thời gian nhất định. Các đội tự xác

định khối lượng được mang theo trong mỗi chuyến đi và số chuyến đi được thực hiện trong thời gian nhất định.

- Các vật nặng sẽ được đặt thủ công vào thiết bị và có thể được đỡ bằng tay hoặc tự động tại vùng đỡ tải (việc đỡ tải tự động sẽ có điểm thưởng hệ số 1.2).

- Sân trình diễn sẽ là một không gian 5m x 5m được đánh dấu trên sàn bằng băng keo (hình 6). Các thiết bị phải ở trong ranh giới mép ngoài của băng keo trong quá trình trình diễn. Sân sẽ có hai Khu vực Khởi động / Sạc pin với kích thước 1m x 1m mà các đội cụ thể sẽ được chỉ định, được đánh dấu bằng băng keo trên sàn. Nền khu vực đỡ hàng có kích thước 1m x 1m sẽ được đặt ở trung tâm của sân đấu, được nâng cao khoảng 10 cm và được chế tạo từ gỗ. Khu vực đỡ hàng sẽ là chung cho cả hai đội trong các vòng loại. Cả hai đường dốc lên đến Khu vực đỡ hàng sẽ đồng nhất và chiều dài ngang của đoạn đường nối sẽ là khoảng 0,5 m. Vùng A, Vùng B: khu vực đặt vật nặng lên thiết bị và nạp năng lượng tương ứng của đội A và đội B.



Hình 6: Sân thi đấu

- Trong cuộc thi, một thành viên trong đội có thể kích hoạt một trong hai hoặc cả hai nguồn năng lượng khi thiết bị của nhóm đang ở trong Vùng sạc, sau đó tắt tất cả các nguồn năng lượng khi thiết bị rời khỏi vùng sạc.

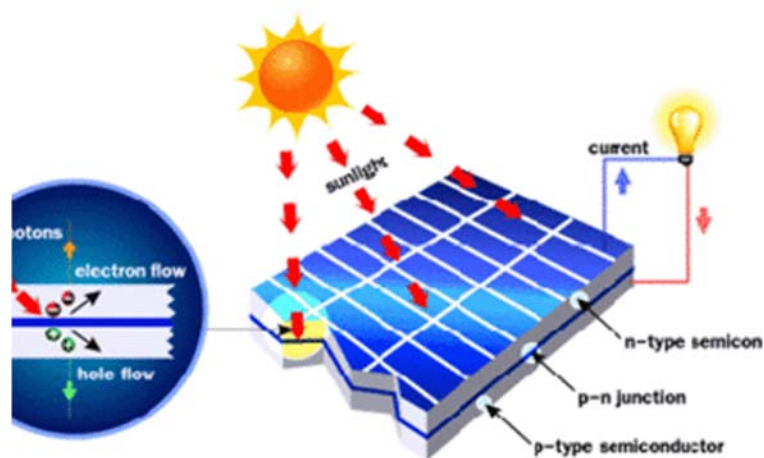
- Bộ điều khiển từ xa do một thành viên trong nhóm vận hành sẽ điều khiển chuyển động của thiết bị. Bộ điều khiển từ xa có thể có pin riêng và không cần phải là pin sạc. Một pin bổ sung có thể được sử dụng trên thiết bị cho mục đích điều khiển (không dùng để đẩy xe).
- Thời gian thi đấu của mỗi trận là 15 phút (cả sạc) tuy nhiên nếu nếu ý kiến của hai đội thi muốn sạc đầy thiết bị trước khi bước vào 15 phút thi đấu thì cả 2 đội sẽ có tối đa 30 phút để sạc thiết bị. Trong 30 phút sạc khi một trong 2 đội đã báo sạc xong và yêu cầu thi đấu thì trận đấu bắt đầu và thời gian thi đấu là 15 phút.
- Thực hiện thiết kế và quản lý thời gian thích hợp để chế tạo và thử nghiệm được coi trọng. Một hệ số điểm thưởng được trao cho video (tùy chọn) thiết kế và hoạt động ban đầu được gửi trước cuộc thi.

VI. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

CHƯƠNG I. GIẢI PHÁP NĂNG LƯỢNG

1. Năng lượng mặt trời

a. Nguyên lý hoạt động của pin năng lượng mặt trời



Hình 7: Nguyên lý hoạt động của tấm pin năng lượng mặt trời

Khi một photon chạm vào mảnh silic, một trong hai điều sau sẽ xảy ra [4]:

- Photon truyền trực xuyên qua mảnh silic (hình 7). Điều này thường xảy ra khi năng lượng của photon thấp hơn năng lượng đủ để đưa các hạt electron lên mức năng lượng cao hơn.
- Năng lượng của photon được hấp thụ bởi silic. Điều này thường xảy ra khi năng lượng của photon lớn hơn năng lượng để đưa electron lên mức năng lượng cao hơn.

Khi photon được hấp thụ, năng lượng của nó được truyền đến các hạt electron trong màng tinh thể. Thông thường các electron này lớp ngoài cùng, và thường được kết dính với các nguyên tử lân cận vì thế không thể di chuyển xa. Khi electron được kích thích, trở thành dẫn điện, các electron này có thể tự do di chuyển trong bán dẫn. Khi đó nguyên tử sẽ thiếu 1 electron và đó gọi là “lỗ trống”. Lỗ trống này tạo điều kiện cho các electron của nguyên tử bên cạnh di chuyển đến điền vào “lỗ trống”, và điều này tạo ra lỗ trống cho nguyên tử lân cận có “lỗ trống”. Cứ tiếp tục như vậy “lỗ trống” di chuyển xuyên suốt mạch bán dẫn.

Một photon chỉ cần có năng lượng lớn hơn năng lượng đủ để kích thích electron lớp ngoài cùng dẫn điện. Tuy nhiên, tần số của mặt trời thường tương đương 6000°K, vì thế nên phần lớn năng lượng mặt trời đều được hấp thụ bởi silic. Tuy nhiên hầu hết năng lượng mặt trời chuyển đổi thành năng lượng nhiệt nhiều hơn là năng lượng điện sử dụng được.

Mô hình tính toán công suất của tấm pin mặt trời

Công suất tấm pin được đo bằng Wp (watt-peak). Wp là công suất được sinh ra từ một hoặc nhiều tấm pin mặt trời trong điều kiện tối ưu nhất. Đó là điều kiện về cường độ bức xạ mặt trời, hướng ánh sáng, nhiệt độ không khí, tốc độ gió, áp suất khí quyển...

Trong điều kiện tiêu chuẩn (cường độ bức xạ mặt trời 1000 W/m², tốc độ gió là 1 m/s, nhiệt độ không khí là 25 độ C, áp suất khí quyển là 1,5 Atm,...), 1Wp pin năng lượng mặt trời sẽ tạo ra 1Wh điện mặt trời.

Bên cạnh công suất 1 tấm pin mặt trời, sản lượng điện thực tế còn phụ thuộc vào hiệu suất tấm pin. Hiệu suất tấm pin là tỷ lệ % giữa năng lượng điện từ (công suất 1m² diện tích bề mặt tấm pin) và năng lượng mặt trời (cường độ bức xạ tiêu chuẩn).

Công thức tính hiệu suất tấm pin như sau:

$$\text{Hiệu suất tấm pin} = \text{Công suất tấm pin} / (\text{Diện tích tấm pin} \times 1000)$$

Trong đó:

- Hiệu suất tấm pin (%)
- Công suất tấm pin (Wp)
- Diện tích tấm pin (m²)

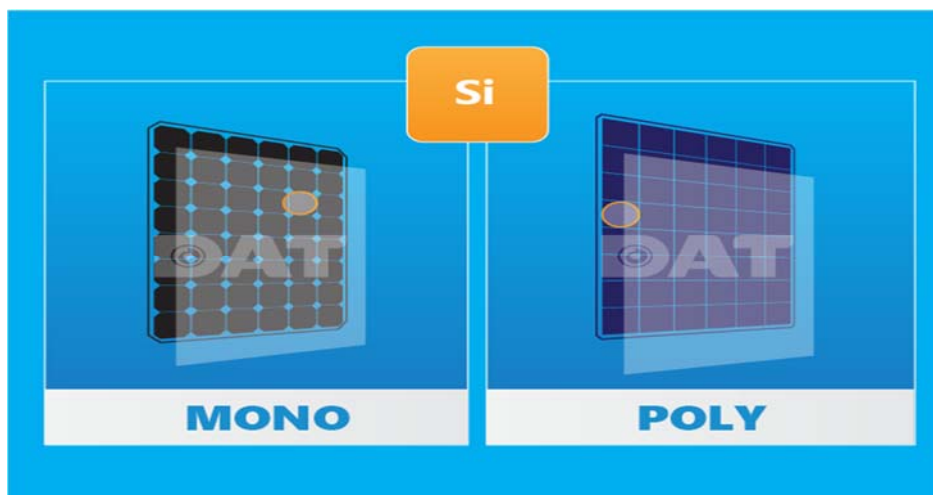
Hiện nay, công suất 1 tấm pin mặt trời rất đa dạng. Ví dụ như: 200Wp, 265Wp, 380Wp, 400Wp, 440Wp... Trong đó, tấm pin năng lượng mặt trời công suất 400 – 440 Wp cho sản lượng điện lớn nhất. Vì hiệu suất của những tấm pin này lên tới 18 – 20%.

Trên thực tế, một tấm pin mặt trời có thể tạo ra 50 – 60% lượng điện so với công suất ghi trên tấm pin. Nghĩa là một tấm pin mặt trời có công suất 440Wp có thể sản xuất ra 220 – 264W điện.

b. Các loại pin năng lượng mặt trời

Pin Mono và Poly (Hình 8) [5]:

- Cả hai loại pin mặt trời mono và poly đều có các solar cell (tế bào quang điện) làm từ các tấm silic. Để tạo ra một tấm pin mono và poly, các tấm wafer (miếng silic mỏng chừng 0.76 mm) được lắp thành các hàng và cột để tạo thành một hình chữ nhật, sau đó được phủ bằng một tấm kính và đóng khung lại với nhau.
- Trong khi cả hai loại pin mặt trời này đều có các cell được làm từ silic, các tấm mono và poly khác nhau trong thành phần của chính silic. Pin mặt trời mono được cắt từ một tinh thể silic đơn, tinh khiết. Còn pin mặt trời Poly bao gồm các mảnh tinh thể silic được nung chảy trong khuôn trước khi được cắt thành tấm wafer.

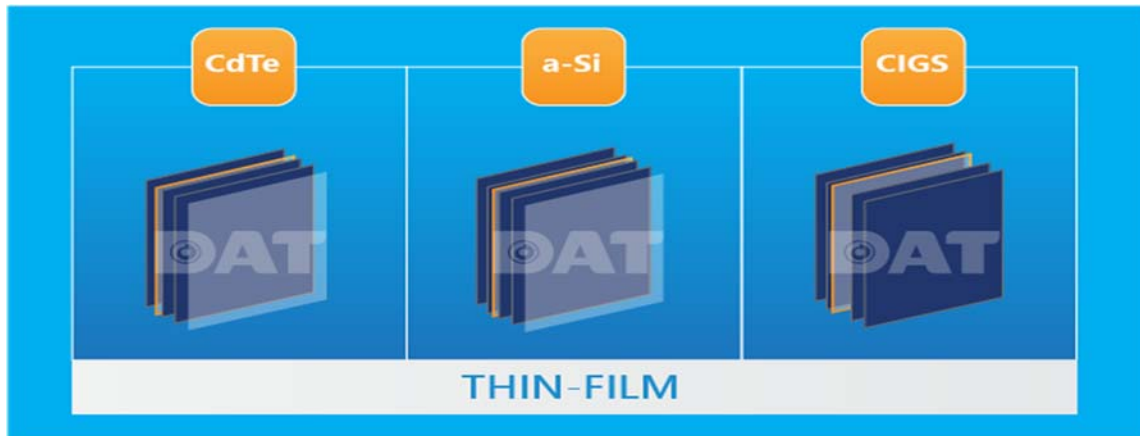


Hình 8: Pin Mono và Poly

Pin Thin-film (Hình 9):

- Không giống như các tấm pin mặt trời mono và poly, các tấm pin Thin-film được làm từ nhiều loại vật liệu. Loại pin mặt trời Thin-film phổ biến nhất được làm từ cadmium Telluride (CdTe). Để tạo ra loại pin thin film này, các nhà sản xuất đặt một lớp CdTe giữa các lớp màng dẫn trong suốt giúp thu ánh sáng mặt trời. Loại công nghệ Thin-film này cũng có một lớp kính trên cùng để bảo vệ.
- Các tấm pin mặt trời Thin-film cũng có thể được chế tạo từ silic vô định hình (a-Si), tương tự như thành phần của các tấm mono và poly. Mặc dù loại pin Thin-film này có silic trong thành phần nhưng chúng không được tạo thành từ các tấm silic cứng. Thay vào đó, chúng bao gồm silic không kết tinh được đặt trên thủy tinh, nhựa hoặc kim loại.

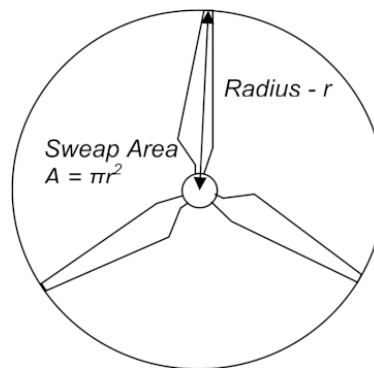
- Cuối cùng là Copper Indium Gallium Selenide (CIGS), một loại công nghệ Thin-film phổ biến khác. Các tấm pin CIGS có tất cả bốn thành phần được đặt giữa hai lớp dẫn điện (ví dụ như thủy tinh, nhựa, nhôm hoặc thép) và các điện cực được đặt ở mặt trước và mặt sau để thu dòng điện.



Hình 9.: Pin Thin-Film

2. Năng lượng gió

Cánh quạt tuabin gió (Hình 10) [6]



Hình10: Cánh quạt tuabin gió

* Công thức tính năng lượng gió là:

$$E_w = (1/2) \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot t$$

Với diện tích lòng quét của cánh quạt tuabin gió: $A = \pi \cdot r^2$

Trong đó: + E_w [J] – năng lượng gió

+ A [m^2] – diện tích dòng khí

+ ρ [kg/m³] – mật độ không khí, bằng 1,225 kg/m³ ở áp suất 1013,25 hPa và nhiệt độ 15°C

+ v [m/s] – tốc độ gió (không khí)

+ t [s] – thời gian

* Công thức tính năng lượng tuabin gió là:

$$E_{wt} = (\eta_{wt} / 100) \cdot E_w$$

Trong đó: + E_{wt} [J] – năng lượng tuabin gió

+ η_{wt} [%] – hiệu suất tuabin gió

+ E_w [J] – năng lượng gió

3. Giải pháp tích trữ năng lượng

a. Các phương pháp tích trữ năng lượng

// Các loại pin, tụ: liệt kê và phân tích khoảng 2-3 loại pin, tụ phổ biến nhất (LiPo, pin sắt, pin gốm, tụ ...)

Các phương pháp tích trữ năng lượng chủ yếu được dùng cho thiết bị là các loại pin có khả năng sạc lại được như Li-Ion, Li-Po hoặc siêu tụ. Ngoài ra còn có các cơ cấu cơ khí có khả năng tích trữ năng lượng như lò xo, dây cốt.

b. So sánh chọn ra giải pháp

Về lưu trữ năng lượng bằng các cơ cấu cơ khí yêu cầu kích thước lớn, tính toán phức tạp, chi tiết, chính xác và giá thành gia công cao nên nhóm tác giả đã bỏ qua phương pháp này.

Giải pháp ban đầu được nhóm tác giả đưa ra là sử dụng pin Li-Po 1S để lưu trữ năng lượng từ tấm pin mặt trời và máy phát điện gió. Nhưng sau khi tính toán, so sánh đưa ra được kết quả pin Li-Po có nhiều điểm hạn chế như không thể xả cạn được điện áp của pin, thời gian sạc quá lâu, dòng xả kém,... Siêu tụ có thể khắc phục được những hạn chế này vì tính chất nạp nhanh, xả dòng lớn nhưng cần được tính toán hợp lý để có thể đưa ra phương án chế tạo bộ pin cho thiết bị có thể đáp ứng được thời gian sạc sẽ bù đắp lại đủ phần năng lượng tổn hao khi thiết bị hoàn thành 1 chu kì thả tải (Gồm 3 lượt thả tải và 60s sạc duy trì). Dưới đây là bảng so sánh ưu nhược điểm của pin và siêu tụ.

Battery Pros and Cons

Pros	Cons
Energy Density Lower Self-Discharge Constant Voltage Output	Limited Service Life Surge Current Limitation Long Charge and Discharge Times Temperature Sensitive

Flexible Supercapacitor Pros and Cons

Pros	Cons
Long Service Life High Instantaneous Current Short Charging Time Excellent Temperature Performance Mechanically Flexible	Low Energy Density Linear Discharge Voltage High Self-Discharge

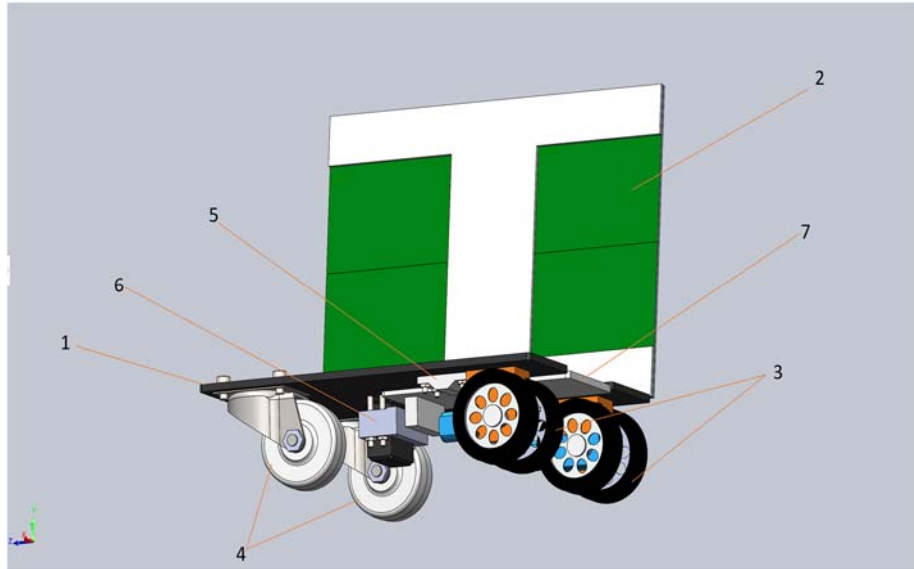
Qua tính toán, thử nghiệm trên mô hình thiết bị nhóm tác giả đã đưa ra được phương án tối ưu. Siêu tụ của thiết bị được ghép từ 12 tụ theo cách mắc song song 3 pack, mỗi pack gồm **4 tụ nối tiếp** để được pack tụ có điện dung tổng 18.75F, điện áp 12V.

Qua tính toán sơ bộ thông số của bộ tích trữ năng lượng bằng siêu tụ như sau:

- Điện tích cần để sạc đầy tụ : $Q = CU = 225C$
- Thời gian sạc của tụ: $T = C \cdot V / I$
- Cường độ dòng điện (Dòng ngắn mạch của pin mặt trời) : $\sim 0.45A$ (*dữ liệu đo đạc thực tế*)
- Thời gian sạc dự kiến $225/0.45 = 500s = 8p20s$ (*dữ liệu tính toán*)

CHƯƠNG II. THIẾT KẾ CƠ KHÍ VÀ GIẢI PHÁP HẠ TẢI TỰ ĐỘNG

Sau những lần thử nghiệm chế tạo nhóm nghiên cứu đã đưa ra thiết kế cuối cùng của xe với tiêu chí tối ưu về kích thước ba chiều (Hình 11).

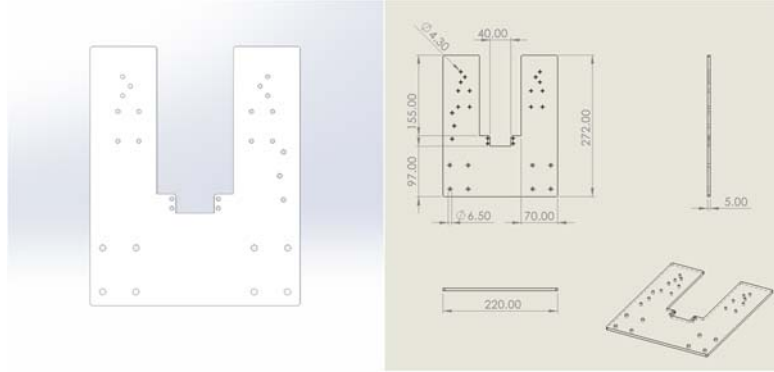


Hình 11: Thiết kế 3D của xe do nhóm nghiên cứu chế tạo

STT	Tên chi tiết
1	Khung xe
2	Tấm pin
3	Bánh xe chủ động
4	Bánh xe bị động
5	Cụm gá servo
6	Servo
7	Mặt đỡ tải

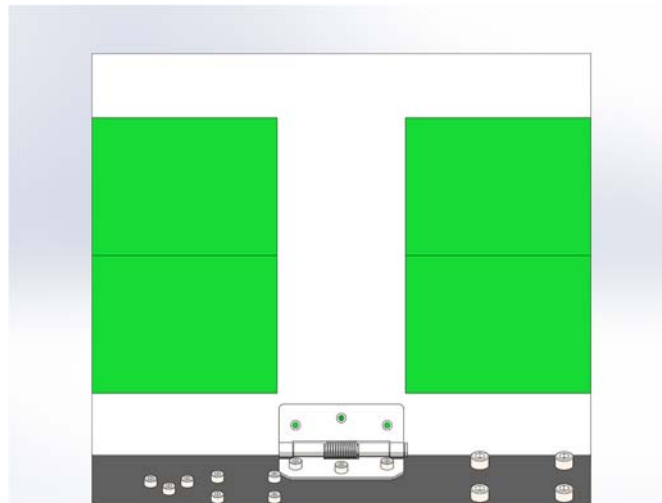
1. Thiết kế khung cơ khí

Việc xác định vị trí lắp đặt các linh kiện là rất quan trọng vì điều này ảnh hưởng trực tiếp tới không gian của xe. Kích thước của xe bị giới hạn trong khoảng 50 x 50 x 50 cm. Việc lựa chọn biên dạng, kích thước của khung xe sao cho phù hợp với bài toán tối ưu đã được thực hiện sau nhiều lần thử nghiệm. Sau nhiều lần thử nghiệm, nhóm nghiên cứu đã đưa ra được các thông số cuối cùng của khung xe (Hình 12). Trong quá trình nghiên cứu, nhóm sinh viên nhận thấy phần khung là phần chịu lực chính của xe, do vậy cần lựa chọn vật liệu phù hợp với độ dày tấm phù hợp để có thể chịu được lực do tải gây ra. Khung xe được làm toàn bộ bằng mica với độ dày 5mm, và được gia công bằng phương pháp cắt lazer với độ chính xác cao.



Hình 12: Khung xe

Nhằm mục đích thu được nhiều năng lượng nhất trong một khoảng thời gian, nhóm sinh viên đã sử dụng 4 tấm pin năng lượng mặt trời (12V-5W) ghép thành tấm lớn có kích thước tương đương với kích thước của khung xe (Hình 13). Tấm pin được liên kết với khung xe bởi một bản lề lo xo.



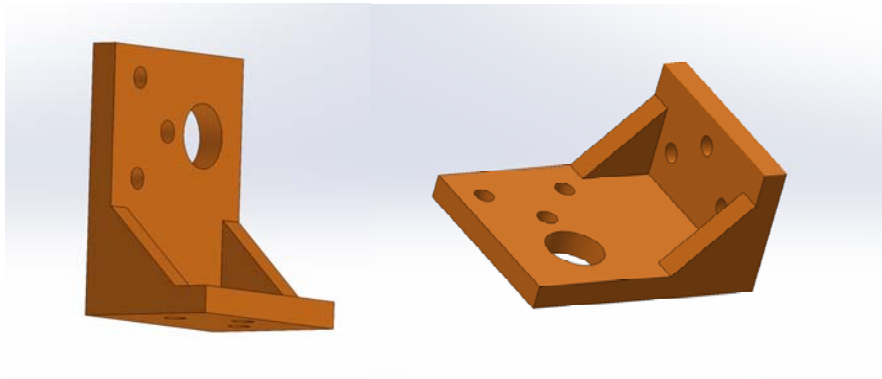
Hình 13: Tấm pin

Với phương án điều khiển xe di chuyển bằng 2 bánh xe chủ động kết hợp với 2 bánh xe tự lùa ở phía đầu của xe giúp xe có thể giữ thăng bằng và có thể chia đều lực do tải trọng gây ra. Bánh xe chủ động được đặt ngay phía dưới khu vực chứa tải trọng, do vậy phải chịu sức nặng khá lớn, nhận định được vấn đề trên nhóm nghiên cứu đã lựa chọn giải pháp sử dụng một cặp bánh xe cho mỗi bên (Hình ...), điều này giúp tăng khả năng tiếp xúc khiến xe chịu lực tốt hơn. Nhưng đồng thời sẽ bị hao tổn năng lượng do ma sát lớn hơn so với sử

dụng 1 bánh xe. Bánh xe được gắn cố định với trục của động cơ, cụm động cơ và bánh xe được kết nối với phân khung xe bằng gá với biên dạng hình chữ T (Hình 14, 15).

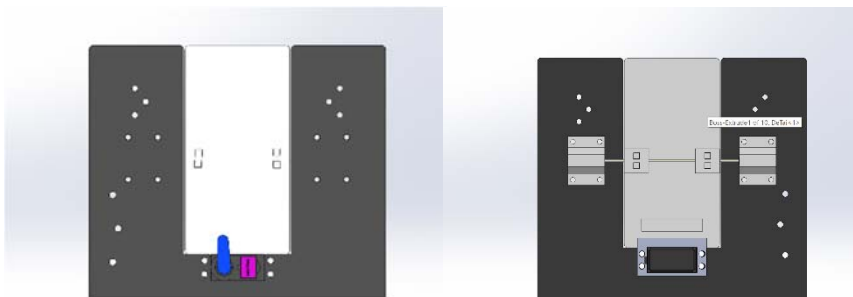


Hình 14: Thiết kế bánh xe chủ động



Hình 15: Gá động cơ

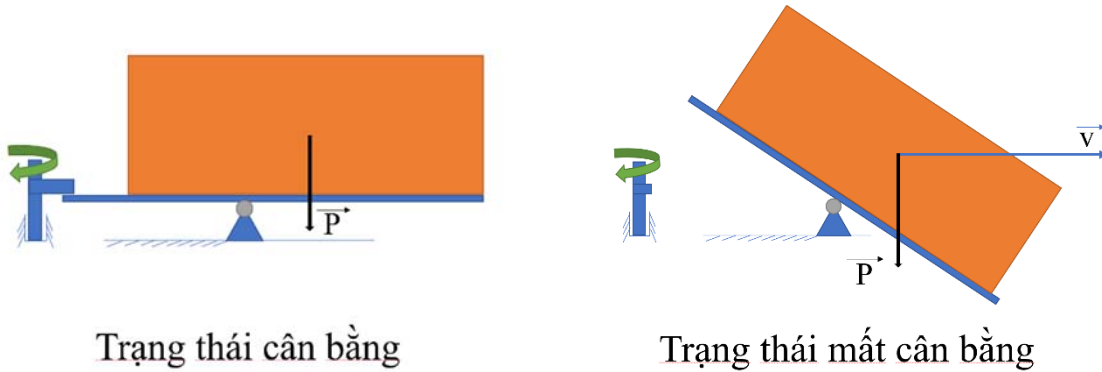
Với phương án sử dụng cơ cấu hạ tải tự động, tải trọng sẽ không đặt trực tiếp trên khung xe mà được đặt trên mặt phẳng khác có khả năng lật có chủ đích. Mặt đỡ tải được đặt trên trục được làm bằng vật liệu hợp kim Tungsten với khả năng chịu lực rất lớn và có thể quay quanh trục này. Chốt khóa được gắn với động cơ Servo được điều giúp đóng mở khi giữ tải và hạ tải (Hình 16).



Hình 16: Cụm đỡ tải trọng

2. Giải pháp hạ tải tự động

Dựa trên luật của cuộc thi, đội sử dụng phương pháp hạ tải tự động sẽ được nhận hệ số 1,2. Nhóm sinh viên thiết kế cơ cấu hạ tải dựa trên nguyên lý bập bênh (Hình 17). Vật nặng được đặt trên mặt tải có thể lật dựa trên trục quay được gắn vào khung xe. Ở trạng thái cân bằng mặt tải được đặt song song với khung xe và được giữ cố định bởi chốt (chốt được điều khiển bởi động cơ servo). Khi xe đến nơi hạ tải. Động cơ servo được điều khiển để mở chốt, khi này hệ bị mất cân bằng, trọng lượng của tải gây ra lực lệch trục dẫn đến mặt tải bị nghiêng về phía chứa tải. Lúc này, tải tự trượt xuống nơi hạ tải.



Hình 17.: Sơ đồ nguyên lý cơ cấu hạ tải tự động

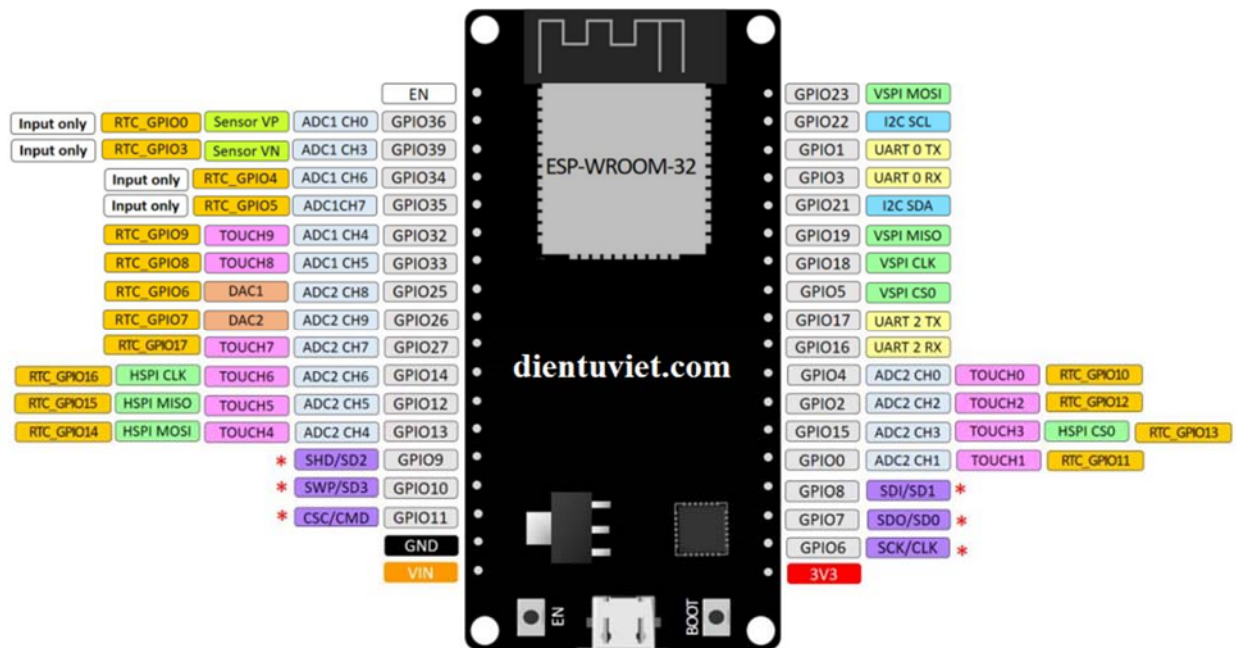
CHƯƠNG III. THIẾT KẾ MẠCH ĐIỆN TỬ VÀ ĐIỀU KHIỂN

1. Mạch ESP32

ESP32 là một series các vi điều khiển trên một vi mạch giá rẻ, năng lượng thấp có tích hợp WiFi và dual-mode Bluetooth (tạm dịch: Bluetooth chế độ kép). Dòng ESP32 sử dụng bộ vi xử lý Tensilica Xtensa LX6 có hai biến thể lõi kép và lõi đơn, và bao gồm các công tắc antenna tích hợp, RF balun, bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại thu nhiễu thấp, bộ lọc và module quản lý năng lượng.

ESP32 được chế tạo và phát triển bởi Espressif Systems, một công ty Trung Quốc có trụ sở tại Thượng Hải, và được sản xuất bởi TSMC bằng cách sử dụng công nghệ 40 nm. ESP32 là sản phẩm kế thừa từ vi điều khiển ESP8266 (Hình 18).

Pinout



Hình 18: Sơ đồ nguyên lý và các chân của mạch ESP32

CPU

- CPU: Xtensa Dual-Core LX6 microprocessor.
- Chạy hệ 32 bit
- Tốc độ xử lý từ 160 MHz đến 240 MHz
- ROM: 448 Kb
- Tốc độ xung nhịp từ 40 Mhz ÷ 80 Mhz (có thể tùy chỉnh khi lập trình)
- RAM: 520 Kb SRAM liền chip. Trong đó 8 Kb RAM RTC tốc độ cao – 8 Kb RAM RTC tốc độ thấp (dùng ở chế độ DeepSleep).

Hỗ trợ 2 giao tiếp không dây

- Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR và BLE

Hỗ trợ tất cả các loại giao tiếp

- 2 bộ chuyển đổi số sang tương tự (DAC) 8 bit
- 18 kênh bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC) 12 bit.
- 2 cổng giao tiếp I²C
- 3 cổng giao tiếp UART
- 3 cổng giao tiếp SPI (1 cổng cho chip FLASH)
- 2 cổng giao tiếp I²S
- 10 kênh ngõ ra điều chế độ rộng xung (PWM)
- SD card/SDIO/MMC host
- Ethernet MAC hỗ trợ chuẩn: DMA và IEEE 1588
- CAN bus 2.0
- IR (TX/RX)

Cảm biến tích hợp trên chip ESP32

- 1 cảm biến Hall (cảm biến từ trường)
- 1 cảm biến đo nhiệt độ
- Cảm biến chạm (điện dung) với 10 đầu vào khác nhau.

Bảo mật

- Hỗ trợ tất cả các tính năng bảo mật chuẩn IEEE 802.11, bao gồm WPA, WPA/WPA2 và WAPI
- Khởi động an toàn (Secure boot)
- Mã hóa flash (Flash encryption)
- 1024-bit OTP, lên đến 768-bit cho khách hàng
- Tăng tốc phần cứng mật mã: AES, SHA-2, RSA, mật mã đường cong elliptic (ECC – elliptic curve cryptography), bộ tạo số ngẫu nhiên (RNG – random number generator)

Nguồn điện hoạt động

- Điện áp hoạt động: 2,2V ÷ 3,6V
- Điện áp cấp qua cổng USB: 5V
- Nhiệt độ hoạt động: -40oC ÷ + 85oC
- Số cổng GPIO: 36

Bộ chuyển đổi tương tự sang số ADC (Analog to Digital Converter)

ESP32 có 18 kênh đầu vào ADC 12 bit (trong khi ESP8266 chỉ có 1 kênh ADC 10 bit). Đây là các GPIO có thể được sử dụng làm ADC và các kênh tương ứng:

- ADC1_CH0 (GPIO36)
- ADC1_CH1 (GPIO37)
- ADC1_CH2 (GPIO38)
- ADC1_CH3 (GPIO39)
- ADC1_CH4 (GPIO32)
- ADC1_CH5 (GPIO33)
- ADC1_CH6 (GPIO34)
- ADC1_CH7 (GPIO35)
- ADC2_CH0 (GPIO4)
- ADC2_CH1 (GPIO0)
- ADC2_CH2 (GPIO2)
- ADC2_CH3 (GPIO15)
- ADC2_CH4 (GPIO13)
- ADC2_CH5 (GPIO12)
- ADC2_CH6 (GPIO14)
- ADC2_CH7 (GPIO27)
- ADC2_CH8 (GPIO25)
- ADC2_CH9 (GPIO26)

Các kênh đầu vào ADC có độ phân giải 12 bit. Điều này có nghĩa là bạn có thể nhận được các giá trị tương tự từ 0 đến 4095, trong đó 0 tương ứng với 0V và 4095 đến 3,3V. Bạn cũng **Bộ chuyển đổi số sang tương tự DAC (Digital to Analog Converter)**

Có 2 kênh DAC 8 bit trên ESP32 để chuyển đổi tín hiệu số sang tương tự. Các kênh này chỉ có độ phân giải 8 bit, nghĩa là có giá trị từ 0 ÷ 255 tương ứng với 0 ÷ 3.3V

Đây là các kênh DAC:

- DAC1 (GPIO25)
- DAC2 (GPIO26)

Chân I2C

ESP32 có hai kênh I2C và bất kỳ chân nào cũng có thể được đặt làm SDA hoặc SCL. Khi sử dụng ESP32 với Arduino IDE, các chân I2C mặc định là:

- GPIO21 (SDA)
- GPIO22 (SCL)

Chân PWM

ESP32 LED PWM có 16 kênh độc lập có thể được cấu hình để tạo tín hiệu PWM với các thuộc tính khác nhau. Tất cả các chân có thể hoạt động như đầu ra đều có thể được sử dụng làm chân PWM (GPIO từ 34 đến 39 không thể tạo PWM).

Môi trường lập trình ESP32

ESP32 có thể được lập trình trong các môi trường lập trình khác nhau. Bạn có thể dùng:

- Arduino IDE
- Espressif IDF
- Micropython
- JavaScript
- LUA

Thư viện lập trình (SDK)

Như đã nói ở trên có 2 gói thư viện chính đó là Arduino và ESP-IDF. Vậy ưu nhược điểm của các gói này ra sao.

Arduino IDE: Được viết dựa trên ESP-IDF, cũng có thể nói Arduino là thư viện con của ESP-IDF.

Ưu điểm:

- Quen thuộc với người sử dụng Arduino
- Code nhanh dễ, có nhiều nguồn hỗ trợ

Nhược điểm:

- Không tối ưu code

- Thiếu một số chức năng

ESP-IDF: là gói thư viện do hãng phát hành, có nguyên 1 bản hướng dẫn sử dụng API, phù hợp với các bạn đọc được tiếng anh.

Điểm mạnh:

- Tối ưu
- Được các nhà phát triển sử dụng trong các sản phẩm thương mại
- Tài liệu đầy đủ, chính xác

Điểm yếu:

- Ít được cộng đồng hỗ trợ hơn
- có thể thiết lập độ phân giải cho các kênh thông qua chương trình (code).

Giao thức truyền thông ESP-NOW

ESP-NOW là một giao thức được phát triển bởi Espressif cho phép nhiều thiết bị có thể kết nối với nhau mà không cần dùng Wifi. Các thiết bị sau khi kết nối được với nhau sẽ là peer-to-peer, và không yêu cầu bắt tay.

ESP-NOW có thể được xem là một công nghệ được sử dụng cho ESP để truyền các gói dữ liệu với tốc độ cao, nó được ứng dụng trong các thiết bị chiếu sáng thông minh, điều khiển từ xa các cảm biến,...

Trong ESP-NOW dùng chuẩn IEEE802.11 cùng các hàm IE và mã hóa CCMP đảm bảo được độ tin cậy.

ESP-NOW có hỗ trợ các đặc điểm sau:

- Mã hóa và giải mã gói tin unicast
- Mã hóa trộn và giải mã với peer devices
- Payload có thể lên tới 250 byte
- Có hàm callback để xác định được việc truyền dữ liệu thành công hay thất bại

Tuy nhiên cũng có một số hạn chế:

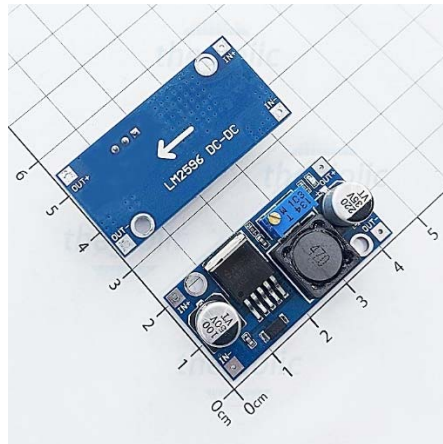
- Không hỗ trợ broadcast
- Giới hạn các peer được mã hóa. Khoảng 10 peer được mã hóa trong mode Station, 6 peer trong SoftAP hoặc SoftAP + mode Station. Peer không mã hóa có thể có số lượng nhiều hơn nhưng phải nhỏ hơn 20.
- Payload bị giới hạn 250 byte.

KẾT LUẬN về giải pháp vi điều khiển

Sau khi tham khảo thông số, nhóm quyết định chọn ESP32 để làm mạch điều khiển và truyền thông trên cả Robot và tay điều khiển vì những ưu điểm:

- Sử dụng nguồn điện hoạt động vào là $2,2V \div 3,6V$: điện áp thấp
- Kích thước nhỏ gọn, được tích hợp sẵn Wifi và Bluetooth nên giảm bớt được mạch giao tiếp ngoài, từ đó giảm diện tích chiếm giữ
- Có giao tiếp peer-to-peer qua ESP-NOW được xây dựng sẵn, lượng payload lớn lên đến 250 byte, phù hợp với yêu cầu giao tiếp hai chiều giữa Robot với tay cầm điều khiển
- Có đầy đủ số lượng các chân PWM, DAC và ADC cho điều khiển động cơ (trên Robot), đọc joystick (trên tay điều khiển), đọc giá trị điện áp trên Robot
- Có thể sử dụng framework Arduino với Arduino IDE dễ dàng cho việc lập trình

2. Mạch hạ áp DC LM2596



Hình 19: mạch hạ áp DC LM2596

LM2596 (hình 19) là một mạch giảm áp có khả năng điều khiển tải lên đến 3A, mạch có dải điện áp đầu vào rộng từ 3.2 đến 40VDC, điện áp đầu ra từ 1.25 đến 40VDC có thể điều chỉnh dễ dàng thông qua biến trở tinh chỉnh được tích hợp trên mạch. Mạch hạ áp LM2596 được sử dụng gắn trên tay cầm điều khiển và cả trên Robot để cấp nguồn cho ESP32, cảm biến.

Thông số kỹ thuật:

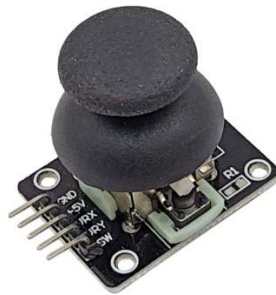
- Điện áp vào: $3.2V \sim 40V$
- Điện áp ra: $1.25V \sim 32V$
- Dòng ra: 3A (Max)
- Hiệu suất chuyển đổi: 92% (Max)

- Output ripple: <math><30\text{mV}</math>
- Tần số xung: 65kHz
- Nhiệt độ: $-45^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- Kích thước: 43mm * 21mm * 14mm

Lý do chọn linh kiện:

- Điện áp đầu vào phù hợp với đa số các loại pin thông dụng
- Điện áp đầu ra và cường độ dòng điện đầu ra phù hợp cho ESP32

3. Joystick



Hình 20: Joystick

Joystick (hình 20) là một thiết bị đầu vào bao gồm một gậy quay và bộ đọc góc hoặc hướng điều khiển (bằng biến trở) truyền tới thiết bị mà nó đang kiểm soát. Cần điều khiển được sử dụng gắn trên tay cầm điều khiển Robot.

Thông số Module Joystick đơn

- Nguồn cấp: Tùy chọn, thường cấp 3.3 hoặc 5VDC.
- Giá trị biến trở mỗi trục: 10 (k Ω)
- Kiểu dạng tín hiệu ngõ ra 1 Digital và 2 Analog (1 nút nhấn và hai trục X, Y), mức tín hiệu theo nguồn cấp vào.
- Kích thước: 4.0cm x 2.6cm x 3.2cm
- Trọng lượng: 12g

Lý do chọn linh kiện:

- Bộ đọc hướng gồm 2 trục phù hợp điều khiển Robot
- Có nút nhấn tích hợp tiện lợi khi lập trình nút kích hoạt hạ tải tự động

4. Màn hình LCD 16x2 kèm module I2C



Hình 21: LCD

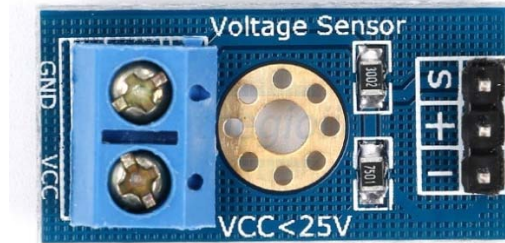
Màn hình text LCD 16x2 (hình 21) kèm module I2C sử dụng driver HD44780, có khả năng hiển thị 2 dòng với mỗi dòng 16 ký tự, màn hình có độ bền cao, rất phổ biến, nhiều code mẫu và dễ sử dụng thích hợp cho những người mới học và làm dự án. Màn hình sẽ được sử dụng gắn trên tay điều khiển để hiển thị giá trị điện áp pin trên Robot, giúp kiểm soát tốt hơn lượng pin của Robot

Thông số kỹ thuật của LCD 1602 kèm module I2C

- Điện áp hoạt động là 5 V.
- Địa chỉ I2C: 0x27 (có thể thay đổi theo đơn hàng của nhà sản xuất)
- Màu: Xanh lá
- Kích thước lỗ bắt ốc: 74mm x 30mm
- Kích thước của mạch: 80mm x 36mm x 19m
- Trọng lượng 38g

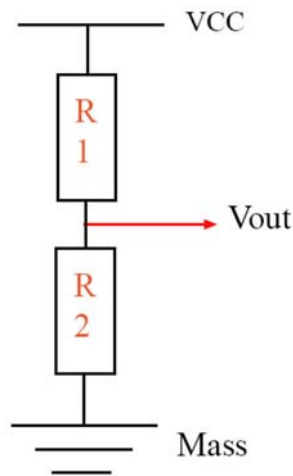
Lý do chọn linh kiện: Màn hình được hàn sẵn module giao tiếp I2C giúp việc giao tiếp được dễ dàng và nhanh chóng hơn rất nhiều, tránh được việc tốn nhiều chân GPIO của ESP32.

5. Cảm biến điện áp 25VDC



Hình 22: Cảm biến điện áp 25 VDC

Cảm biến điện áp 25VDC (hình 22) dựa trên nguyên tắc thiết kế bộ chia điện trở, nó có thể làm cho điện áp đầu vào của đầu nối đầu nhỏ hơn 5 lần (hình 23). Có thể sử dụng gắn trên Robot để đo điện áp pin.



Hình 23: Sơ đồ kết nối

Có thể tính V_{out} theo cách:

$$I = \frac{V_{cc}}{R1 + R2}$$

$$V_{out} = I \times R2 = V_{cc} \times \frac{R2}{R1 + R2}$$

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp đầu vào: 0V ~ 25V
- Điện áp đầu ra: 0V ~ 5V
- Dải phát hiện điện áp: 0.02445 ~ 25 VDC
- Độ phân giải điện áp: 0,00489 V

Lý do chọn linh kiện

- Điện áp đầu ra phù hợp với ESP32
- Độ phân giải điện áp nhỏ, tăng độ chính xác

6. Động cơ DC 3V có hộp giảm tốc

Hình 24: Động cơ sử dụng

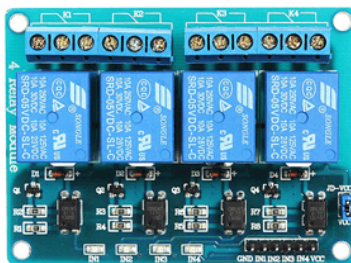
Thông số kỹ thuật (hình 24):

- Bánh răng: Kim loại
- Điện áp hoạt động: $>3\text{VDC}$
- Tỷ số truyền: 1:90

Lý do chọn linh kiện:

- Chất liệu bánh răng bằng kim loại phù hợp tải nặng
- Tỷ số truyền lớn tạo lực đẩy lớn hơn khi mục tiêu cần tải vật nặng lên dốc
- Điện áp hoạt động có thể xuống thấp tới 3V, tận dụng được tối đa nguồn năng lượng của pin.

7. Mạch 4 Relay Opto chọn mức kích High/Low 5VDC



Hình 25: Relay 5VDC

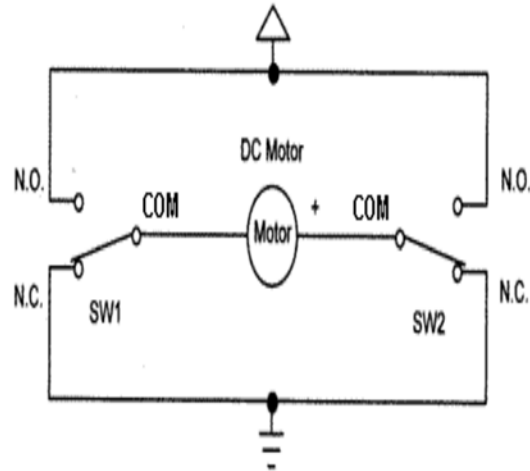
Mạch 4 Relay Opto (hình 25) chọn mức kích High/Low 5VDC được sử dụng để bật, tắt thiết bị AC/DC qua Relay, mạch có thể tùy chọn kích bằng mức cao hoặc thấp (High/Low) qua Jumper, ngoài ra mạch còn bổ sung thêm Opto cách ly cho độ an toàn và chống nhiễu vượt trội (một số mạch trên thị trường không có Opto), thích hợp với các ứng dụng bật tắt, điều khiển thiết bị qua Relay.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5VDC
- Điện áp kích hoạt: 5V/0V tùy theo cách cấu hình bằng jumper
- Tải chịu đựng của relay: 10A/250VAC, 10A/30VDC

Lý do chọn linh kiện:

Bộ 4 rơ le được chọn để sử dụng như 2 cầu H riêng biệt để điều khiển 2 động cơ của Robot. Trong đó, sử dụng 2 rơ le thành một bộ, các chân N.O và N.C của SW1 và SW2 lần lượt được đấu nối với dương nguồn và âm nguồn, để biến thành một cầu H theo nguyên lý như sau:



- Khi COM của SW1 và SW2 đều chập vào N.C, hiệu điện thế bằng 0V nên động cơ sẽ đứng yên
- Khi COM của SW1 và SW2 đều chập vào N.O, hiệu điện thế bằng 0V nên động cơ sẽ đứng yên
- Khi COM của SW1 chập vào N.O, COM của SW2 chập vào N.C thì động cơ có hiệu điện thế âm sẽ quay theo chiều thuận
- Khi COM của SW1 chập vào N.C, COM của SW2 chập vào N.O thì động cơ có hiệu điện thế dương sẽ quay theo chiều nghịch

Từ nguyên lý trên, có thể đưa vào điều khiển đóng mở các rơ le bằng các chân GPIO của ESP32.

Khi sử dụng rơ le điều khiển động cơ sẽ tận dụng được các ưu điểm như:

- Tránh được thất thoát năng lượng qua nhiệt năng như khi dùng Driver điều khiển động cơ DC sử dụng MOSFET thông thường
- Sử dụng được bình thường ngay cả khi điện áp của nguồn cấp cho động cơ xuống thấp

Tuy nhiên vẫn có một số nhược điểm như:

- Thời gian đóng cắt khá lâu và không thể điều khiển tốc độ động cơ khiến việc lái khó khăn hơn
- Số lần đóng ngắt của rơ le có giới hạn, dẫn tới sẽ hỏng khi dùng nhiều. Do đó cần có bộ 4 relay dự phòng và phải thiết kế nối mạch có thể thay thế nhanh chóng khi thi đấu

8. Tấm pin mặt trời Polysilicon



Hình 26: Tấm pin năng lượng mặt trời

Thông số kỹ thuật (hình 26):

- Chất liệu: Epoxy Polysilicon
- Công suất: 5W
- Điện áp làm việc: 12V
- Điện áp mạch hở: 13,5V
- Dòng ngắn mạch: 180mA
- Hiệu suất chuyển đổi: 19.5%
- Nhiệt độ hoạt động: 0 đến +60°C
- Kích thước: khoảng 110x136mm / 4,33x5,35 inch
- Trọng lượng: 70 grams

Lý do chọn linh kiện:

- Kích thước nhỏ gọn
- Hiệu suất chuyển đổi tương đối tốt
- Chịu được nhiệt độ khá cao, giảm rủi ro cháy, hỏng khi đặt trước đèn của ban tổ chức

9. Pack siêu tụ điện Oxit Mangan



Hình 27: Siêu tụ

Siêu tụ điện (hình 27) thực chất chính là tụ điện phân cực có điện dung lớn, lưu trữ được nhiều năng lượng, đồng thời có khả năng sạc nhanh xả nhanh với dòng rất lớn. Vì vậy, nhóm quyết định sử dụng pack siêu tụ điện này để làm bộ lưu trữ điện năng thu được từ tấm pin mặt trời, thay thế các loại pin thông thường.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp tối đa: 12V
- Điện dung bộ tụ: 25F
- Kích thước: 28mm x 85mm

Lý do chọn linh kiện:

- Lưu trữ được nhiều năng lượng
- Có ưu thế sạc nhanh hơn rất nhiều so với pin, vì thế tối ưu được lượng năng lượng thu được
- Phù hợp với tấm pin mặt trời 12V
- Có số chu kì nạp xả rất lớn, sử dụng được lâu dài hơn pin thông thường

10. Tuabin gió



Hình 28: Cuộn cảm cho cánh quạt thu năng lượng gió

Thông số kỹ thuật (hình 28):

- Tốc độ quay tối đa: 6000 vòng/phút
- Điện áp đầu ra: 0.1 ~ 22VDC
- Dòng điện đầu ra: 1 ~ 400mA
- Chất liệu: Nam châm vĩnh cửu
- Đường kính củ phát điện: 24.5 mm
- Chiều dài động cơ: 34.2 mm (bao gồm cả trục phía trước và thanh tiếp điện phía sau)
- Đường kính trục: 2 mm
- Chiều dài trục: 13.5 mm

Lý do chọn linh kiện:

- Kích thước nhỏ gọn, phù hợp để tối ưu kích thước Robot
- Điện áp đầu ra phù hợp với pack siêu tụ điện\

11. Servo MG996R



Hình 29: Động cơ servo MG996R

Động cơ servo MG996R (hình 29) (nâng cấp MG995) có momen xoắn lớn, đây là bản nâng cấp từ động cơ servo MG995 về tốc độ, lực kéo và độ chính xác. Lực kéo ở 6V: 11kg. Phù hợp để chọn làm chốt trong cơ cấu hạ tải tự động trên Robot.

Thông số kỹ thuật

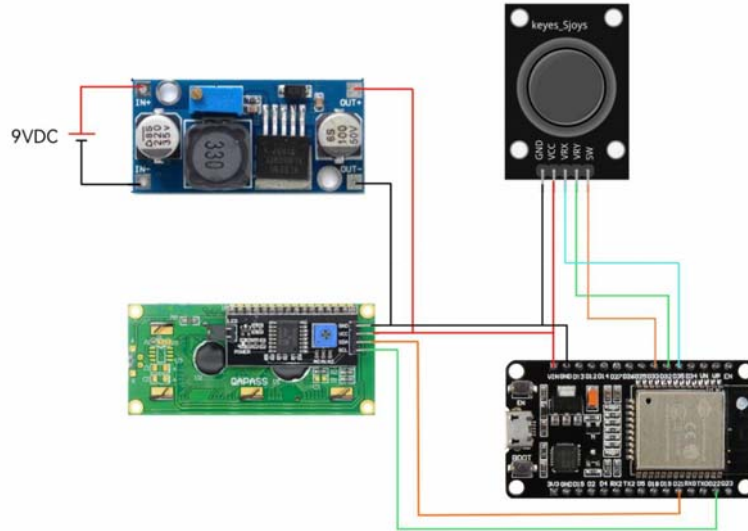
- Servo MG996R (nâng cấp MG995) có momen xoắn lớn
- Lực kéo ở 6V: 11kg
- Đây là bản nâng cấp từ servo MG995 về tốc độ, lực kéo và độ chính xác
- So với MG946R, MG996R nhanh hơn, nhưng hơi nhỏ hơn.
- Tên sản phẩm: MG996R
- Trọng lượng sản phẩm: 55g
- Kích thước sản phẩm: 40.7 * 19.7 * 42.9mm
- Lực kéo: 9.4kg / cm (4.8V), 11kg / cm (6V)
- Tốc độ xoay: 0.17 giây / 60 độ (4.8 v) 0.14 giây / 60 độ (6 v)
- Điện áp làm việc: 4.8-7.2V
- Nhiệt độ hoạt động: 0 °C -55 °C
- Dòng điện không tải: ~0.15A
- Vật liệu bánh răng: Kim loại

Lý do chọn linh kiện:

- Có khả năng điều khiển chính xác dễ dàng
- Có lực kéo và mô men lớn, bánh răng kim loại nên có thể đóng mở chốt hạ tải mượt mà, ổn định và bền.

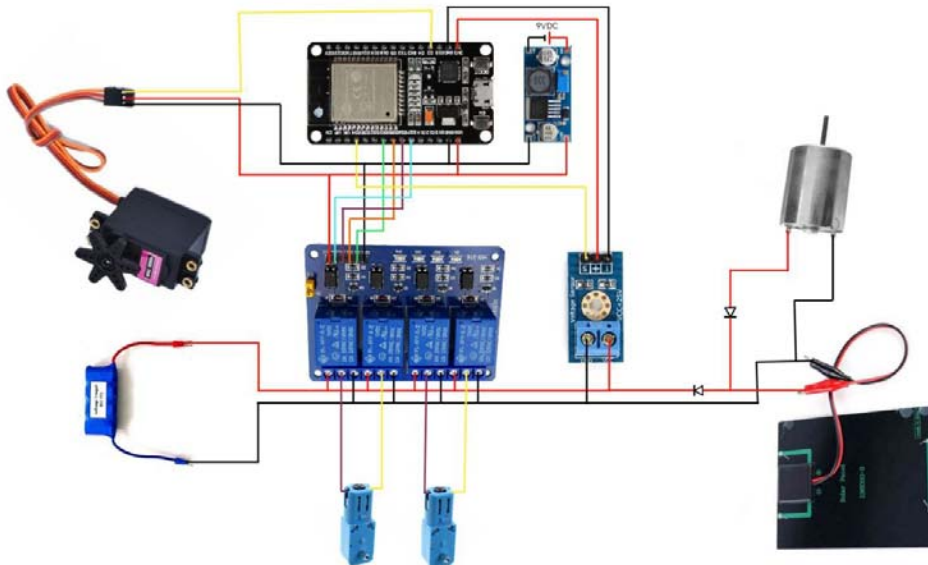
12. Sơ đồ đấu nối

a. Sơ đồ đấu nối tay điều khiển (Hình 30)



Hình 30: Sơ đồ đấu nối tay điều khiển

b. Sơ đồ đấu nối trên Robot (Hình 31)



Hình 31: Sơ đồ đấu nối trên Robot

CHƯƠNG IV. GIẢI PHÁP TRUYỀN THÔNG GIAO TIẾP

1. Giới thiệu ESP-NOW:

Espressif, nhà sản xuất của ESP8266 và ESP32, đã phát triển một giao thức cho phép tất cả các thiết bị này tạo một mạng không dây, riêng tư bằng cách sử dụng bộ thu phát 2,5 GHz. Đây là một mạng riêng biệt với mạng WiFi và chỉ có thể được sử dụng bởi các bộ vi điều khiển loại ESP. 'Giao thức được gọi là ESP-NOW.'

ESP-NOW cho phép liên lạc gói đơn giản giữa các thiết bị ESP, sử dụng băng tần 2,4 GHz. Các đường truyền này hoạt động rất giống với các đường truyền được sử dụng bởi chuột và bàn phím không dây và được giới hạn ở các gói có kích thước 250 byte trở xuống. Đủ để gửi các lệnh hoặc gói dữ liệu từ xa.

2. Các chế độ hoạt động:

- *Giao tiếp một chiều ESP-NOW:*

Một ESP32 gửi dữ liệu đến một ESP32 khác: Chế độ này bao gồm một ESP32 làm Master (gửi dữ liệu) và một ESP32 khác làm Slave (nhận dữ liệu) (Hình 32)



Hình 32: nguyên lý giao tiếp của ESP-NOW

Một ESP32 gửi dữ liệu đến nhiều ESP32 khác: Chế độ này bao gồm một ESP32 làm Master (gửi dữ liệu) và nhiều ESP32 khác làm Slave (nhận dữ liệu)



Hình 33: Nguyên lý kết nối One master – Multiple slaves

Nhiều ESP32 gửi dữ liệu đến một ESP32 khác: Chế độ này bao gồm nhiều ESP32 làm Master (gửi dữ liệu) và một ESP32 khác làm Slave (nhận dữ liệu) (Hình 33)

- *Giao tiếp hai chiều ESP32:*

Trong chế độ này, mỗi ESP32 có thể đồng thời là Master và Slave. Từ đó, hai hoặc nhiều ESP32 có thể giao tiếp ngang hàng với nhau. (Hình 34)



Hình 34: Nguyên lý giao tiếp 2 chiều

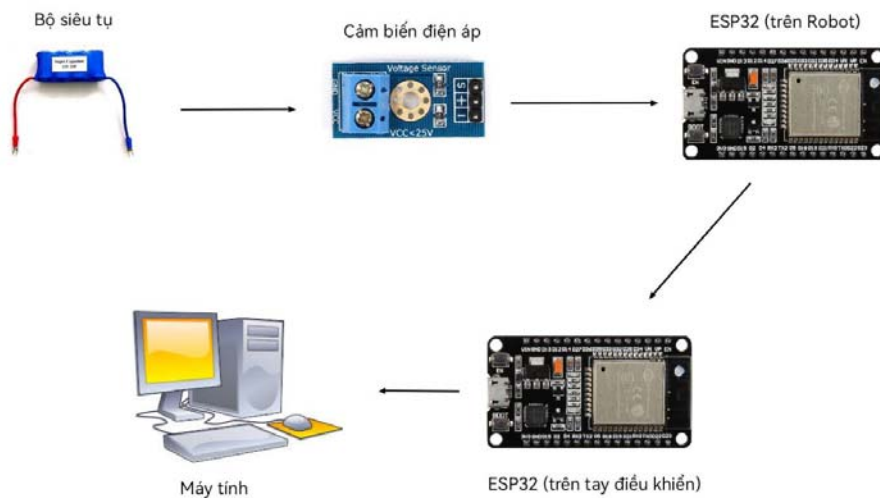
CHƯƠNG IV. ĐO LƯỜNG VÀ KẾT QUẢ ĐO

1. Bài đo tốc độ sạc pin

Bài đo có mục tiêu đó là xác định thời gian để sạc bộ tụ bằng các tấm pin mặt trời từ 2V đến 12V, từ đó có thể tính ra tốc độ sạc bộ tụ.

Thiết bị sử dụng và cách thức đo

Quy trình thực hiện đo được trình bày theo sơ đồ dưới đây: (hình 35)

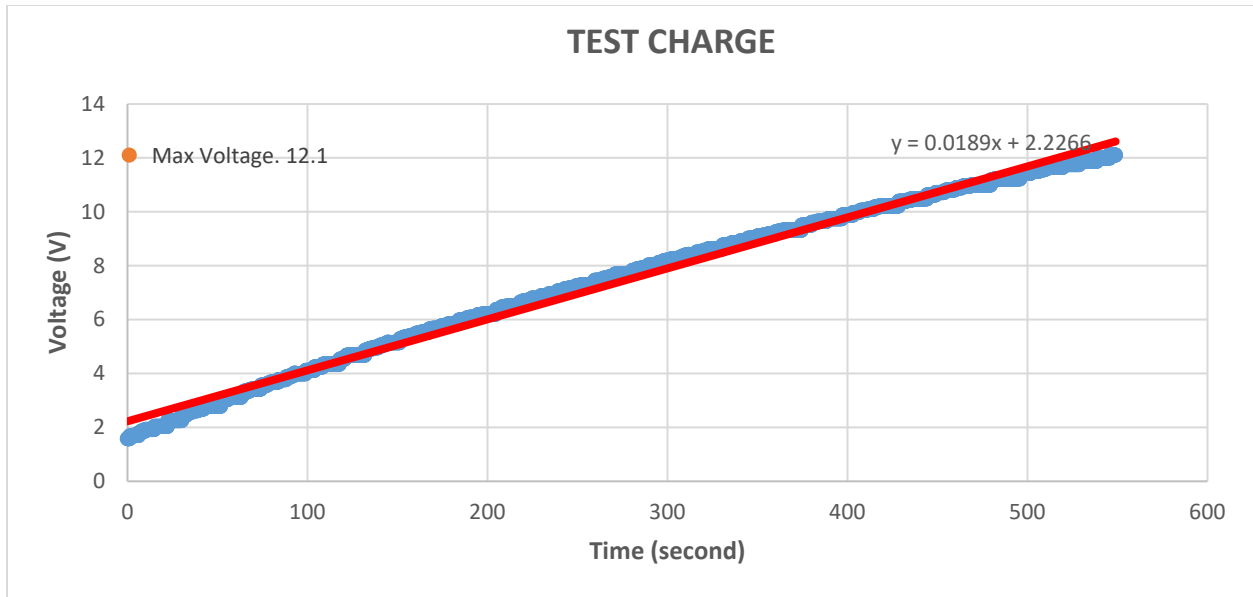


Hình 35: Sơ đồ kết nối bài đo tốc độ sạc pin

- Bước 1: ESP32 (gắn trên Robot) đọc giá trị điện áp từ cảm biến điện áp.
- Bước 2: ESP32 (gắn trên Robot) gửi giá trị điện áp đọc được cho ESP32 (gắn trên tay điều khiển) qua ESP-NOW.
- Bước 3: ESP32 (gắn trên tay điều khiển) gửi giá trị nhận được qua Serial cho máy tính. Máy tính thu thập và lưu lại giá trị điện áp cùng với giá trị thời gian lúc nhận được gói tin vào file Excel.

Kết quả bài đo

Dựa vào dữ liệu thu được, nhóm sinh viên vẽ được đồ thị:



Hình 36: Kết quả đo sạc pin từ 2V lên 12.1V

Dựa vào đồ thị và dữ liệu (hình 36), nhóm thu được kết quả như sau:

- Thời gian sạc từ 2V lên 12.1V là khoảng 558 giây, tương đương với 9.3 phút

Suy ra được phương trình nội suy giữa thời gian sạc (x) và điện áp bộ tụ (y) là:
 $y = 0.0189x + 2.2266$

2. Bài đo khả năng mang tải trong thời gian 15 phút

Chiến thuật di chuyển

Nhóm chọn chiến thuật di chuyển như sau: Mang tải 3 lần thành công, sau đó về khu vực sạc pin trong 1 phút để duy trì. Quá trình này được lặp lại cho đến khi hết thời gian.

Điều kiện thực hiện phép đo

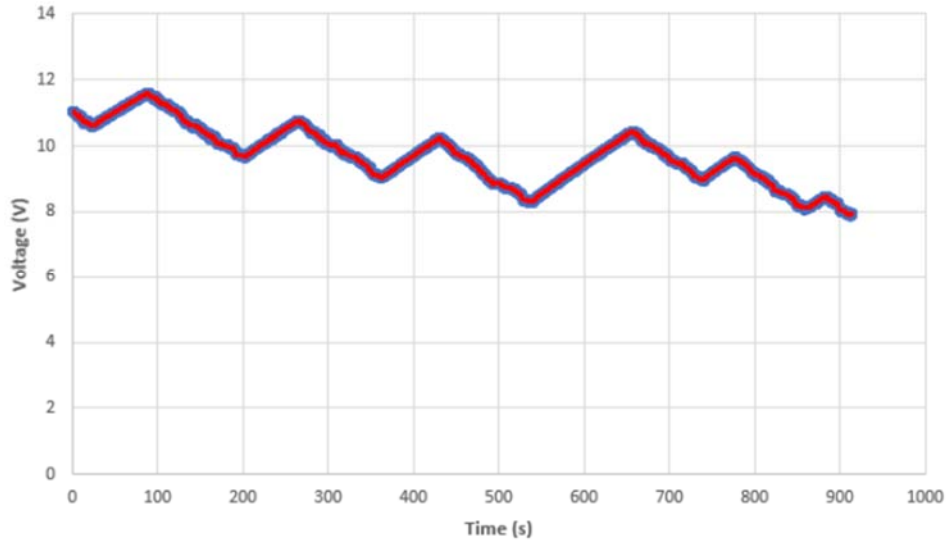
Robot sẽ được sạc lên 11V (Ban tổ chức cho phép 30 phút để sạc trước khi bắt đầu 15 phút thi đấu) và sau đó bắt đầu di chuyển mang tải trong 15 phút thi đấu. Khối tải nhóm lựa chọn có khối lượng là 4.1 kg.

Kết quả đo

Do kết quả bị ảnh hưởng rất lớn từ: cách đặt và vị trí đặt Robot khi sạc ảnh hưởng đến thời gian sạc; cách lái xe và quãng đường phải di chuyển thực tế ảnh

hưởng đến mức tiêu thụ điện cho quá trình mang tải về đích nên bài đo này có sự chênh lệch khá lớn.

Sử dụng phương pháp đo như đã trình bày ở phần đo tốc độ sạc, nhóm vẽ được đồ thị sau (hình 37):



Hình 37: Kết quả đo điện áp trong thời gian 15 phút thi đấu

Trên đồ thị, những đoạn đồ thị đi lên là khi Robot được sạc, những đoạn đồ thị đi xuống là khi Robot đang mang tải về đích và tiêu thụ điện.

Dựa vào đồ thị, có tất cả 7 lần đồ thị đi xuống, tương ứng với 7 chu trình mang 3 lần tải thành công và sạc lại. Từ đó có thể tính được tổng khối lượng tải mang được trong 15 thi đấu dự tính là:

$$m = 7 \times 3 \times 4.1 = 86.1(\text{kg})$$

CHƯƠNG V. KẾT QUẢ THI ĐẤU

Kết quả thi đấu vòng bảng (hình 38):

Trận số	Bảng	Đội màu Đỏ	Điểm	Điểm	Đội màu Xanh
1	A	(A1) Black-Hole	203.50	357.80	(A2) AML-1
2	B	(B1) IoT	0.00	84.40	(B2) HD-Robotics 2
3	A	(A2) AML-1	122.80	0.00	(A3) SOP-G
4	B	(B2) HD-Robotics 2	135.40	125.30	(B3) CĐT 2 (K16)
5	A	(A3) SOP-G	0.00	264.50	(A1) Black-Hole
6	B	(B3) CĐT 2 (K16)	94.00	41.50	(B1) IoT
7	C	(C1) AML-3	0.00	26.40	(C2) HD-Robotics 1
8	D	(D1) Team - One	0.00	1.20	(D2) J4F
9	C	(C2) HD-Robotics 1	18.80	107.80	(C3) HMC
10	D	(D3) AML-2	212.00	162.80	(D4) Champion Team
11	C	(C3) HMC	Không thi đấu		(C1) AML-3
12	D	(D2) J4F	0.00	494.70	(D3) AML-2
13	D	(D4) Champion Team	199.80	0.00	(D1) Team-One
14	D	(D3) AML- 2	Không thi đấu		(D1) Team-One
15	D	(D2) J4F	Không thi đấu		(D4) Champion Team

Hình 38 : kết quả thi đấu vòng bảng

Đội AML-2: nhất bảng D với thành tích cân nặng kỉ lục 103.3kg.

Đội AML-2 sau đó trở thành đội vô địch (hình 39).



Hình 39: 2 thành viên của đội AML-2 (Lê Trọng An – đội trưởng, Nguyễn Huy Việt Anh) nhận phần thưởng cho đội vô địch

VII. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Yêu cầu hạ tải tự động: nhóm đã chế tạo và áp dụng nguyên lý hạ tải tự động dựa trên cơ cấu bập bênh
- Yêu cầu thu năng lượng mặt trời + gió: thu thập thành công và tích trữ vào 4 siêu tụ
- Yêu cầu về giải pháp truyền thông:
- Yêu cầu về tối ưu kích thước: nhóm có kích thước thu gọn nhỏ với hệ số kích thước 2.85 (lớn thứ 2 toàn giải đấu)
- Khối lượng tải mang được trong thời gian 15 phút: tối đa 103.3 kg
- Hoàn thành những chỉ tiêu sản phẩm đã nêu ở Bảng 1

Thảo luận – kiến nghị:

Trong quá trình thực hiện, nhóm đã gặp một số vấn đề như sau:

- Mạch ESP32 bị hỏng không lý do (2 lần)
- tín hiệu truyền thông đôi khi không ổn định nên cần cải thiện giải pháp

Kiến nghị:

- Tiếp tục hoàn thiện những vấn đề còn chưa hoàn thành
- Nâng cấp sản phẩm ở kích cỡ lớn hơn và tải trọng lớn hơn để có thể áp dụng trong thực tế như Robot giao hàng, robot vận chuyển.
- Nâng cấp robot thành robot tự động trong một số điều kiện hoạt động nhất định

VIII. Tài liệu tham khảo

- [1] Hassan, A.A., M. El Habrouk, and S. Deghedie, *Renewable Energy for Robots and Robots for Renewable Energy – A Review*. Robotica, 2019. **38**(9): p. 1576-1604.
- [2] Lee, M.-F.R. and A. Nugroho, *Intelligent Energy Management System for Mobile Robot*. Sustainability, 2022. **14**(16): p. 10056.
- [3] Sanguesa, J.A., et al., *A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges*. Smart Cities, 2021. **4**(1): p. 372-404.

- [4] <https://www.acs.org/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/how-a-solar-cell-works.html>
- [5] <https://datsolar.com/cac-loai-pin-nang-luong-mat-troi-nen-chon-loai-nao/>
- [6] <https://x-engineer.org/wind-turbine-energy/>

IX. PHỤ LỤC

CHƯƠNG TRÌNH NHẬN – RECEIVER

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

#include <Wire.h>

#include <ESP32Servo.h>
Servo servo;
ESP32PWM pwm;

#define pwmA 25
#define pwmB 26

//Các chân rơ le
#define in1 33
#define in2 25
#define in3 26
#define in4 27

#define servoPin 2 //Chân điều khiển servo

#define voltageSensor 34 //Chân đọc giá trị cảm biến điện áp
```

```
bool check = true;  
int pos;  
  
uint8_t broadcastAddress[] = {0xB8, 0xD6, 0x1A, 0x57, 0x8C, 0x74};; //Địa chỉ ESP32  
trên tay điều khiển  
  
// Define variables to store incoming readings  
int incomingX;  
int incomingY = 1850;  
int incomingAngle;  
  
// Variable to store if sending data was successful  
String success;  
  
// Structure example to send data  
// Must match the receiver structure  
typedef struct struct_message  
{  
int x;  
int y;  
int angle;  
} struct_message;  
  
// Create a struct_message called BME280Readings to hold sensor readings  
struct_message incomingsReadings;
```

```
// Create a struct_message to hold incoming sensor readings
int voltageReadings;

esp_now_peer_info_t peerInfo;

//Hàm điều khiển động cơ từ giá trị của joystick
void Control(int x, int y)
{

    if (y > 2300)
    {
        if (x > 1000 && x < 3000) //Đi tiến thẳng
        {
            digitalWrite(in1, 0);
            digitalWrite(in2, 1);

            digitalWrite(in3, 0);
            digitalWrite(in4, 1);
        }
        if (x < 1000) //Đi tiến và rẽ trái
        {
            digitalWrite(in1, 1);
            digitalWrite(in2, 1);

            digitalWrite(in3, 0);
            digitalWrite(in4, 1);
        }
    }
}
```

```
if (x > 3000) //Đi tiến và rẽ phải
{
    digitalWrite(in1, 0);
    digitalWrite(in2, 1);

    digitalWrite(in3, 1);
    digitalWrite(in4, 1);
}
}
else if (y < 1500)
{
    if (x > 1000 && x < 3000) //Đi lùi thẳng
    {
        digitalWrite(in1, 1);
        digitalWrite(in2, 0);

        digitalWrite(in3, 1);
        digitalWrite(in4, 0);
    }
    if (x < 1000) //Đi lùi và rẽ trái
    {
        digitalWrite(in1, 1);
        digitalWrite(in2, 1);

        digitalWrite(in3, 1);
        digitalWrite(in4, 0);
    }
}
```

```

if (x > 3000) //Đi lùi và rẽ phải
{
    digitalWrite(in1, 1);
    digitalWrite(in2, 0);

    digitalWrite(in3, 1);
    digitalWrite(in4, 1);
}
}
else if (y > 1500 && y < 2300) //Đứng yên
{
    digitalWrite(in1, 1);
    digitalWrite(in2, 1);

    digitalWrite(in3, 1);
    digitalWrite(in4, 1);
}
}

// Callback when data is sent
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status)
{
    Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
    Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" : "Delivery
Fail"); // "Delivery Success" : "Delivery Fail"
    if (status == 0)
    {

```



```

    success = "Delivery Success :)";
}
else
{
    success = "Delivery Fail :(";
    Control(0, 0); //Mất kết nối đứng yên
}
}

// Callback when data is received
void OnDataRecv(const uint8_t *mac, const uint8_t *incomingData, int len)
{
    memcpy(&incomingsReadings, incomingData, sizeof(incomingsReadings));

    incomingX = incomingsReadings.x;
    incomingY = incomingsReadings.y;
    incomingAngle = incomingsReadings.angle;

    if (incomingAngle != pos) //Đảo góc servo để đóng mở chốt
    {
        servo.write(incomingAngle);
        pos = incomingAngle;
    }

    Control(incomingX, incomingY); //Điều khiển động cơ dựa theo dữ liệu nhận được từ joystick
}

```

```
void setup()
{
  // Init Serial Monitor
  Serial.begin(9600);

  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);

  //Cho xe đùng yên
  digitalWrite(in1, 0);
  digitalWrite(in2, 0);
  digitalWrite(in3, 0);
  digitalWrite(in4, 0);

  pinMode(voltageSensor, INPUT);

  servo.attach(servoPin, 500, 2400);

  // Set device as a Wi-Fi Station
  WiFi.mode(WIFI_STA);

  // Init ESP-NOW
  if (esp_now_init() != ESP_OK)
  {
    Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
  }
}
```

```

    return;
}

// Once ESPNow is successfully Init, we will register for Send CB to
// get the status of Trasnmitted packet
esp_now_register_send_cb(OnDataSent);

// Register peer
memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
peerInfo.channel = 0;
peerInfo.encrypt = false;

// Add peer
if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK)
{
    Serial.println("Failed to add peer");
    return;
}

// Register for a callback function that will be called when data is received
esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
}

//Đọc giá trị cảm biến điện áp
void getReadings()
{
    voltageReadings = analogRead(voltageSensor);
}

```

```
void loop()
{
  getReadings();

  // Send message via ESP-NOW
  esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *)&voltageReadings,
sizeof(voltageReadings));

  if (result == ESP_OK)
  {
    Serial.println("Sent with success");
  }
  else
  {
    Serial.println("Error sending the data");
  }

  delay(300); //gửi dữ liệu điện áp đi theo chu kì 300ms
}
```

CHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN – TRANSMITTER

```

#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#define xPin 35
#define yPin 32
#define buttonPin 33

uint8_t broadcastAddress[] = {0xB8, 0xD6, 0x1A, 0x45, 0x49, 0x90}; // Địa chỉ MAC
của ESP32 trên Robot

// Các biến để debouncing nút nhấn hạ tải tự động
boolean check = true;
int lastButtonState = 0;
int connectStatus = 1;

float xReadings; //Biến đọc giá trị joystick theo trục x
float yReadings; //Biến đọc giá trị joystick theo trục x
float angle; //Biến góc Servo

unsigned long timeP;

```

```
int enA, enB = 0;

int buttonReadings;

String success;

// Đóng gói dữ liệu vào struct để gửi đi
typedef struct struct_message
{
    int x;
    int y;
    int angle;
} struct_message;

struct_message Readings;

int incomingReadings;
float incomingsVoltage;

esp_now_peer_info_t peerInfo;

// Hàm được gọi khi dữ liệu được gửi
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status)
{
```

```
status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS;

//Kiểm tra gửi có thành công hay không
if (status == 0)
{
    success = "Delivery Success :);";
}
else
{
    success = "Delivery Fail :(";
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print("Deli : Fail :(");
}

if (connectStatus != status)
{
    if (status == 0)
    {
        lcd.setCursor(1, 1);
        lcd.print("Deli : Success");
    }
    else
    {
        lcd.setCursor(1, 1);
        lcd.print("Deli : Fail :(");
    }
}
```

```

    connectStatus = status;
}
}

// Hàm được gọi khi nhận được dữ liệu
void OnDataRecv(const uint8_t *mac, const uint8_t *incomingData, int len)
{
    memcpy(&incomingReadings, incomingData, sizeof(incomingReadings));
    incomingsVoltage = (float)(incomingReadings *
0.0040293040293040293040293040293) + 0.6; //Tính giá trị điện áp pin từ giá trị đọc
được

    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print(incomingsVoltage);
    if (incomingsVoltage < 10)
    {
        lcd.setCursor(4, 0);
        lcd.print(" Vol ");
    }
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    lcd.init();
    lcd.backlight();
}

```



```
pinMode(xPin, INPUT);
pinMode(yPin, INPUT);
pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);

pinMode(13, OUTPUT);
digitalWrite(13, HIGH);
lcd.clear();

//Cài đặt thiết bị ở chế độ Wi-Fi Station
WiFi.mode(WIFI_STA);

//Khởi tạo ESP-NOW
if (esp_now_init() != ESP_OK)
{
  Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
  return;
}

esp_now_register_send_cb(OnDataSent);

memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
peerInfo.channel = 0;
peerInfo.encrypt = false;

if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK)
{
  Serial.println("Failed to add peer");
}
```

```
    return;
}

esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);

}

//Hàm đọc giá trị joystick
void getReadings()
{
    xReadings = analogRead(xPin);
    yReadings = analogRead(yPin);

    buttonReadings = digitalRead(buttonPin);
    if (buttonReadings != lastButtonState)
    {
        if (buttonReadings == 0)
        {
            check = !check;
        }
    }
    lastButtonState = buttonReadings;
    angle = (check) ? 0 : 45;
}

void loop()
{
```

```
getReadings();  
  
// Set values to send  
Readings.x = xReadings;  
Readings.y = yReadings;  
Readings.angle = angle;  
// Send message via ESP-NOW  
esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *)&Readings,  
sizeof(Readings));  
  
if (result == ESP_OK)  
{  
    Serial.println("Sent with success");  
}  
else  
{  
    Serial.println("Error sending the data");  
}  
  
// delay(10);  
}
```