

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ

-----o0o-----



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Hệ thống vệ sinh của kính cho nhà cao tầng

GVHD: ThS. Nguyễn Trung Hiếu
SVTH: Trần Nhân Quyên
MSSV: 2011948

TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2024

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Độc lập – Tự do – Hạnh phúc.

-----☆-----

-----☆-----

Số: _____ /BKĐT

Khoa: **Điện – Điện tử**

Bộ Môn: **Điện Tử**

NHIỆM VỤ LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

1. HỌ VÀ TÊN: Trần Nhân Quyền
- MSSV: 2011948
2. NGÀNH: **ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**
- LỚP: DD20DV04
3. Đề tài: Hệ thống vệ sinh của kính cho nhà cao tầng
4. Nhiệm vụ (Yêu cầu về nội dung và số liệu ban đầu):
- Tìm hiểu nguyên lý áp suất âm, công thức tính toán và thiết kế khoang áp suất.
 - Thiết kế mô hình 3D.
 - Thiết kế phần cứng, lựa chọn linh kiện và động cơ.
 - Thiết kế phần mềm cho toàn bộ hệ thống
5. Ngày giao nhiệm vụ luận văn:
6. Ngày hoàn thành nhiệm vụ:
7. Họ và tên người hướng dẫn:
- ThS. Nguyễn Trung Hiếu
- Phần hướng dẫn
-

Nội dung và yêu cầu LVTN đã được thông qua Bộ Môn.

Tp.HCM, ngày..... tháng..... năm 20

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN

NGƯỜI HƯỚNG DẪN CHÍNH

PHẦN DÀNH CHO KHOA, BỘ MÔN:

Người duyệt (chấm sơ bộ):.....

Đơn vị:.....

Ngày bảo vệ :

Điểm tổng kết:

Nơi lưu trữ luận văn:

LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến bộ môn điện tử đã tạo điều kiện để chúng em thực hiện đồ án này.

Đặc biệt em xin chân thành cảm ơn thầy Nguyễn Trung Hiếu đã hỗ trợ, hướng dẫn em trong thời gian thực hiện dự án vừa qua.

Tuy nhiên trong quá trình nghiên cứu đề tài, do kiến thức chuyên ngành còn hạn chế nên em vẫn còn nhiều thiếu sót khi tìm hiểu, đánh giá và trình bày về đề tài. Rất mong được sự góp ý của thầy/cô để đề tài của em được hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 04 tháng 12 năm 2024

Sinh viên

Quyền

Trần Nhân Quyền

TÓM TẮT LUẬN VĂN

Luận văn này trình bày về thiết kế một hệ thống hay một con Robot có khả năng di chuyển trên tường và dùng để thay thế con người vệ sinh cửa kính cho tòa nhà cao tầng. Hệ thống bao gồm: mạch điều khiển hệ thống, mạch điều khiển động cơ DC và bộ điều khiển RF, mạch nguồn để điều khiển điện áp và một số linh kiện điện tử đang được ứng dụng và phổ biến, dễ dàng tìm kiếm trên thị trường.

ABSTRACT

Tóm tắt luận văn bằng tiếng Anh. Giới hạn trong 1 trang. Nội dung tóm tắt bao gồm:
bài toán nghiên cứu (mục tiêu). Phương pháp nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu.

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	iii
TÓM TẮT LUẬN VĂN	iv
ABSTRACT	v
MỤC LỤC	vi
DANH SÁCH HÌNH MINH HỌA	ix
DANH SÁCH BẢNG SỐ LIỆU.....	xiii
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU	1
1.1 Tổng quan	1
1.2 Nhiệm vụ luận văn	2
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	3
2.1 Mô hình động lực học	3
2.2 Đặc điểm kỹ thuật	6
2.3 Mô hình hệ thống	7
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN CÚNG.....	9
3.1 Mạch điều khiển động cơ giảm tốc DC.....	9
3.1.1 Yêu cầu thiết kế	9
3.1.2 Chọn linh kiện động cơ	9
3.1.3 Sơ đồ mạch nguyên lý	23
3.1.4 Sơ đồ mạch cầu H	24
3.1.5 Sơ đồ mạch nguồn	24
3.2 Mạch nguồn hệ thống.....	24
3.2.1 Yêu cầu thiết kế:	24
3.2.2 Sơ đồ khối tổng quát	25
3.2.3 Chọn linh kiện	25

3.3	Mạch bảo vệ quá áp	29
3.3.1	<i>Sơ đồ nguyên lý khói nguồn</i>	30
3.3.2	<i>Mô hình 3D</i>	30
3.4	Thiết kế mạch điều khiển hệ thống.....	31
3.5	Mạch điều khiển RF	39
3.6	Các linh kiện khác.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	<i>NRF24L01</i>	47
3.6.2	<i>TFT ILI9341</i>	48
3.6.3	<i>GA25-370 Động Cơ Giảm Tốc 12VDC, 58 rpm, Trục 4mm.....</i>	48
3.6.4	<i>Động cơ không chổi than 20W.....</i>	49
3.6.5	<i>PIN Ovonic 850mAh 6S 100C 22.2V LiPo Battery XT30 / XT60 Plug.....</i>	49
3.6.6	<i>Pin TX 1500mAh 2S 8C 7.4V LiPo Battery</i>	50
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN MỀM		52
4.1	Mạch điều khiển hệ thống	52
4.1.1	<i>Lưu đồ giải thuật tổng quát.....</i>	52
4.1.2	<i>Lưu đồ giải thuật chi tiết</i>	52
4.1.3	<i>Lưu đồ hệ thống.....</i>	53
4.2	Mạch của bộ điều khiển.....	55
4.2.1	<i>Lưu đồ giải thuật tổng quát.....</i>	55
4.2.2	<i>Lưu đồ giải thuật chi tiết</i>	55
4.2.3	<i>Lưu đồ hệ thống.....</i>	56
CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC HIỆN.....		59
5.1.	Mô hình trên Solidworks.....	59
5.2.	Kết quả mô phỏng	59
5.2.1	<i>Mô phỏng mạch nguồn LM2734YMK</i>	59

5.2.2	<i>Mô phỏng mạch chuyển mức BSS138</i>	60
5.2.3	<i>Mô phỏng mạch cầu H</i>	60
5.3.	Kết quả thực tế	61
5.3.1	<i>Mô hình thực tế</i>	61
5.3.2	<i>Mạch PCB thực tế</i>	61
5.4.	Kết quả đo	64
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN		65
6.1	Kết luận	65
6.2	Hướng phát triển	65
PHỤ LỤC		66
TÀI LIỆU THAM KHẢO		67

DANH SÁCH HÌNH MINH HỌA

Hình 1-1: Hình ảnh Robot leo tường	1
Hình 2-1: Các đại lượng liên quan trong áp suất âm.....	3
Hình 2-2: Mô hình động học.....	4
Hình 2-3: Hệ số ma sát trượt của một số bề mặt	6
Hình 2-4: Sơ đồ tổng quát toàn hệ thống	7
Hình 3-1: IRF3205SPbF	9
Hình 3-2 Pulse Width và Duty cycle của IRF3205SPbF	10
Hình 3-3: Đặc tuyến giữa V_{DS} và I_D.....	10
Hình 3-4: Đặc tuyến giữa V_{GS} và I_D.....	11
Hình 3-5: H-Bridge Driver	12
Hình 3-6: Ảnh các thông số trong file tính toán của Texas Instrument	12
Hình 3-7: Schematic của H-Bridge Driver.....	14
Hình 3-8: IR2104SPBF	14
Hình 3-9: Một số thông số đặc trưng của IR2104SPBF.....	15
Hình 3-10: Sơ đồ mạch theo datasheet	15
Hình 3-11: Công thức tính điện dung của tụ và điện áp Diode	16
Hình 3-12: Giá trị điện tích tổng cộng.....	16
Hình 3-13: Công thức tính điện dung của boot diode	16
Hình 3-14: Tín hiệu điều khiển cho cổng lái MOSFET	17
Hình 3-15: Schematic của IR2104SPBF.....	17
Hình 3-16: BSS138	18
Hình 3-17: Schematic BSS138	18
Hình 3-18: LM2734YMK	18
Hình 3-19: Sơ đồ mạch của LM2374	19
Hình 3-20: Công thức tính tỉ lệ giữa ngõ vào và ngõ ra	19
Hình 3-21: Công thức tính tỷ lệ gọn sóng tối đa.....	20

Hình 3-22: Công thức tính cuộn cảm.....	20
Hình 3-23: Hiệu suất giữa dòng tải với cuộn cảm $L = 10\mu H$.....	21
Hình 3-24: công thức để chọn điện áp đầu ra.....	21
Hình 3-25: Schematic của BSS138.....	22
Hình 3-26: MCP1700T-3300E/TT	22
Hình 3-27: Sơ đồ mạch tham chiếu của MCP1700.....	23
Hình 3-28: Schematic của MCP1700	23
Hình 3-29: Sơ đồ mạch nguyên lý.....	23
Hình 3-30: Sơ đồ mạch cầu H	24
Hình 3-31: Sơ đồ 3D của mạch điều khiển động cơ	24
Hình 3-32: Sơ đồ khối tổng quát	25
Hình 3-33: Sơ đồ mạch tham chiếu schematic của TPS5430.....	26
Hình 3-34: Công thức tính giá trị cuộn cảm nhỏ nhất	26
Hình 3-35: Công thức tính điện dung ngõ ra.....	26
Hình 3-36: Schematic của TPS5430.....	27
Hình 3-37: XL1509 - 5.0.....	28
Hình 3-38: Sơ đồ mạch tham chiếu của XL1509-5.0.....	28
Hình 3-39: Schematic của XL1509-5.0	29
Hình 3-40: Mạch bảo vệ quá áp	29
Hình 3-41: Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ quá áp	30
Hình 3-42: Sơ đồ 3D mạch bảo vệ quá áp	30
Hình 3-43: Sơ đồ mạch tổng quát	31
Hình 3-44: Hình STM32F103C8T6	32
Hình 3-45: Hình cảm biến MPU6050	32
Hình 3-46: Hình cảm biến BME680	33
Hình 3-47: Hình USBLC6-2SC6	34
Hình 3-48: Mạch nguyên lý STM32F103C8T6.....	35
Hình 3-49: Mạch nguyên lý khói Motor_Driver.....	36

Hình 3-50: Mạch nguyên lý MPU6050	37
Hình 3-51: Mạch nguyên lý BME680	37
Hình 3-52: Mạch nguyên lý USB-C	38
Hình 3-53: Mạch nguyên lý khói nguồn	38
Hình 3-54: Mô hình 3D	39
Hình 3-55: Mạch điều khiển RF	40
Hình 3-56: STM32F405RGT6	41
Hình 3-57: PAM8403	41
Hình 3-58: TPS4056	42
Hình 3-59: USBLC6-2SC6	42
Hình 3-60: Mạch nguyên lý STM32F405RGT6	43
Hình 3-61: Mạch nguyên lý khói Audio và SD card	44
Hình 3-62: Mạch nguyên lý USB và mạch sạc	44
Hình 3-63: Mạch nguyên lý khói nguồn	45
Hình 3-64: Mô hình 3D của mạch điều khiển RF	45
Hình 3-65: Module NRF24L01	47
Hình 3-66: Màn LCD TFT ILI9488	48
Hình 3-67: Động cơ DC GA25-370 58rpm	49
Hình 3-68: Động cơ không chổi than	49
Hình 3-69: Ovonic 850mAh 6S 100C 22.2V	50
Hình 3-70: Pin TX 1500mAh 2S 8C 7.4V	50
Hình 4-1: Lưu đồ giải thuật tổng quát	52
Hình 4-2: Sơ đồ truyền nhận dữ liệu của NRF24L01	53
Hình 4-3: Lưu đồ giải thuật điều khiển hệ thống	54
Hình 4-4: Lưu đồ giải thuật tổng quát	55
Hình 4-5: Sơ đồ truyền nhận dữ liệu của NRF24L01	56
Hình 4-6: Nguyên lí hoạt động của Joytick	56
Hình 4-7: Lưu đồ hệ thống của bộ điều khiển	57

Hình 5-1: Mô hình 3D trên Solidworks	59
Hình 5-2: Mô phỏng mạch nguồn LM2374YMK	59
Hình 5-3: Mô phỏng mạch chuyển mức BSS138	60
Hình 5-4: Mô phỏng mạch cầu H.....	60
Hình 5-5: Mô hình hệ thống thực tế	61
Hình 5-6: Mô hình bộ điều khiển.....	61
Hình 5-7: Mạch bộ điều khiển hệ thống.....	62
Hình 5-8: Mạch điều khiển động cơ	62
Hình 5-9: Mạch điều khiển RF.....	63
Hình 5-10: Mạch nguồn	63
Hình 5-11: Băm xung 70%	64
Hình 5-12: Băm xung 90%	64

DANH SÁCH BẢNG SỐ LIỆU

Bảng 2-1: Bảng thông số thiết kế của robot	5
Bảng 3-1: Bảng tín hiệu HO theo ~SD và IN	17

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU

1.1 Tổng quan

Thử tưởng tượng, mỗi lần đi qua một tòa nhà cao tầng ví dụ như Landmark 81, lâu lâu 1 – 2 tháng hoặc thậm chí 1 – 2 tuần sẽ thấy có những người vệ sinh cửa kính tới và vệ sinh những tấm kính bên ngoài tòa nhà ấy. Đôi với những tòa nhà, chiều cao thường rất cao có thể lên tới 100 – 400m, trên đó điều kiện thời tiết rất khắc nghiệt, gió to, nắng gắt, bụi, Điều đó cho chúng ta thấy đó là một công việc rất nguy hiểm và đó là lý do mà vì sao đè tài này ra đời.

Với sự phát triển về công nghệ hiện đại, đã có một số hệ thống lau kính cho nhà cao tầng ra đời và cũng có một số loại dành cho cá nhân, đó là việc bạn ở chung cư và bạn muốn lau kính bên ngoài thì việc sở hữu một con robot thay bạn làm việc đó thì rất tiện lợi, và ngày nay có rất nhiều dòng robot vệ sinh kính trong nhà rất phổ biến ví dụ như:



Hình 1-1: Hình ảnh Robot leo tường

Nhìn lại lịch sử ở những năm đầu thế kỷ 21, Robot vệ sinh cửa kính rất đắt đỏ và thường chỉ được một số công ty hay tập đoàn lớn cũng như một số nhà có tiền mua về. Nhưng đến nay, Robot vệ sinh cửa kính đã và đang được ứng dụng rộng rãi ở nhiều nơi đặc biệt là nhà, chung cư và một số công ty lớn. Đặc biệt là với giá ngày càng rẻ và ổn định nên đang được nhiều người săn đón. Trong tình hình đó, hệ thống

hay robot vệ sinh cửa kính có đầy đủ các yếu tố như chi phí thấp, nhỏ gọn, linh kiện phổ biến dễ dàng chế tạo và có thể tích hợp nhiều loại mô hình khác nhau với những mục đích sử dụng khác nhau được ra đời là điều tất yếu.

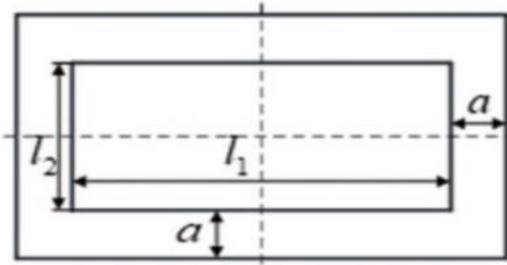
1.2 Nhiệm vụ luận văn

- **Nội dung 1:** Tìm hiểu nguyên lý, lý thuyết về khoang áp suất âm, lực đẩy phương ngang và các sử dụng lực đẩy để khiến Robot bám tốt trên tường.
- **Nội dung 2:** Tìm hiểu về mạch Điều khiển động cơ.
- **Nội dung 3:** Thiết kế phần cứng và lựa chọn linh kiện đáp ứng với các mục tiêu và đặc điểm kỹ thuật đã đề ra.
- **Nội dung 4:** Thiết kế phần mềm điều khiển và vận hành cho hệ thống, tiến hành xây dựng mô hình thử nghiệm.
- **Nội dung 5:** Thiết kế mạch PCB và hoàn thiện mô hình sản phẩm

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Mô hình động lực học

- Tính toán áp suất âm



(a) Rectangular negative pressure chamber

Hình 2-1: Các đại lượng liên quan trong áp suất âm

Ta có:

- F_δ là lực tổng hợp của áp suất khí quyển tác dụng lên khoang áp suất âm.
- P_0 là áp suất không khí bên ngoài khoang áp suất âm.
- P_1 là áp suất không khí đi vào khoang trống bên trong khoang áp suất
- l_1 là chiều dài khoang áp suất
- l_2 là chiều rộng khoang áp suất
- a là chiều rộng chẵn ngoài của khoang

Vậy ta có công thức tính toán lực tổng hợp của áp suất khí quyển tác dụng lên khoang áp suất.

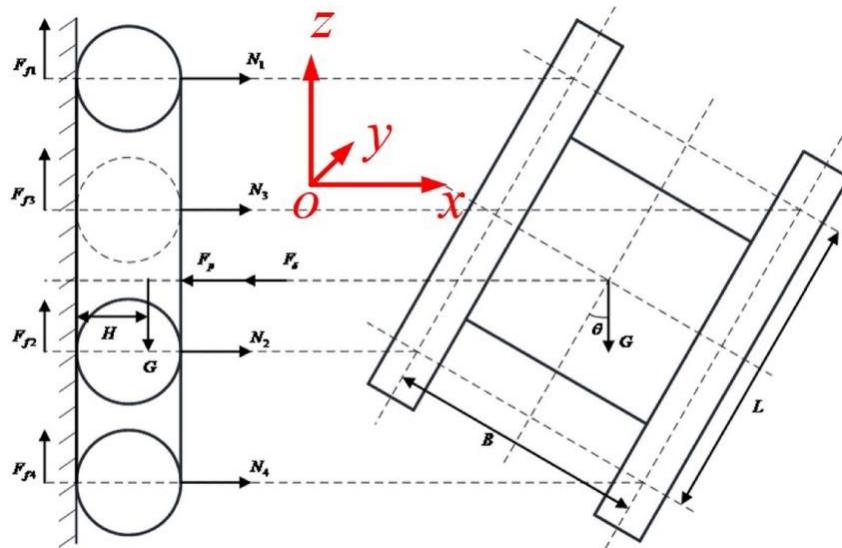
$$f_\delta = \frac{p_0 - p_1}{2} 2a(l_1 + 2a + l_2 + 2a) = a(p_0 - p_1)(l_1 + l_2 + 4a) \quad (1)$$

Ngoài ra, ta có F_p là áp suất bên trong khoang áp suất:

$$F_p = (p_0 - p_1)l_1l_2$$

$$f_\delta = EF_p \text{ với } E = \frac{a(l_1 + l_2 + 4a)}{l_1 l_2} \quad (2)$$

- *Tính toán thông số và mô hình động học*



Hình 2-2: Mô hình động học

- Ff 1, Ff 2, Ff 3 và Ff 4 lần lượt là lực ma sát tĩnh của tường lên các bánh bên trái, bánh sau bên trái, bánh trước bên phải và bánh sau bên phải của robot leo tường, $Ff 1 = \mu N1$, $Ff 2 = \mu N2$, $Ff 3 = \mu N3$ và $Ff 4 = \mu N4$.
- μ là hệ số ma sát tĩnh giữa tường và mỗi bánh xe của robot leo tường.
- G là trọng lực của robot leo tường và độ lớn của nó là $G = mg$.
- m là khối lượng của robot leo tường; g là gia tốc trọng lực.
- H là khoảng cách giữa trọng tâm của robot leo tường và tường.
- L là khoảng cách giữa bánh trước và bánh sau của robot.
- B là khoảng cách 2 bên của bánh xe của robot leo tường.
- θ là góc giữa trọng lực và hướng của vật.
- F_p là lực đẩy của động cơ đẩy.

Ta có các hệ phương trình động học của Robot như sau:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 + N_3 + N_4 - F_p = 0 \\ F_{f1} + F_{f2} + f_{f3} + f_{f4} - G = 0 \\ F_p \frac{L}{2} - N_1 L - N_3 L - GH \cos \theta = 0 \\ F_p \frac{B}{2} - N_3 B - N_4 B - GH \sin \theta = 0 \\ N_1 + N_4 = N_2 + N_3 \end{cases} \quad (3)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Fp = \frac{G}{(1+E)\mu} \\ Fp = \frac{2GH}{(1+E)} \left(\frac{\cos \theta}{L} + \frac{\sin \theta}{B} \right) + 4N \end{cases}$$

$$\text{Vậy } Fp > \max\left\{\frac{G}{(1+E)\mu}, \frac{2GH}{(1+E)} \left(\frac{\cos \theta}{L} + \frac{\sin \theta}{B} \right)\right\} \quad (4)$$

Bảng 2-1: Bảng thông số thiết kế của robot

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Khoảng cách giữa bánh trước và bánh sau của robot	L	200	mm
Khoảng cách 2 bên của bánh xe của Robot	B	200	mm
Khoảng cách từ trọng tâm Robot tới tường	H	30	mm
Khối lượng của Robot dự tính	m	2	Kg
Chiều dài khoang áp suất	l_1	265	mm
Chiều rộng khoang áp suất	l_2	265	mm
Chiều rộng chấn ngoài của khoang	a	10	mm

Giả sử hệ số ma sát trượt của bê tông và cao su là tầm 0.7 và Robot hướng Robot hợp với trọng lực góc 90 độ

Cặp vật liệu tiếp xúc nhau	μ
Gỗ trên gỗ (khô)	0,20
Thép trên thép (khô)	0,57
Thép trên thép (trơn)	0,07
Cao su trên bê tông (khô)	0,70
Cao su trên bê tông (ướt)	0,50
Cao su trên băng	0,10

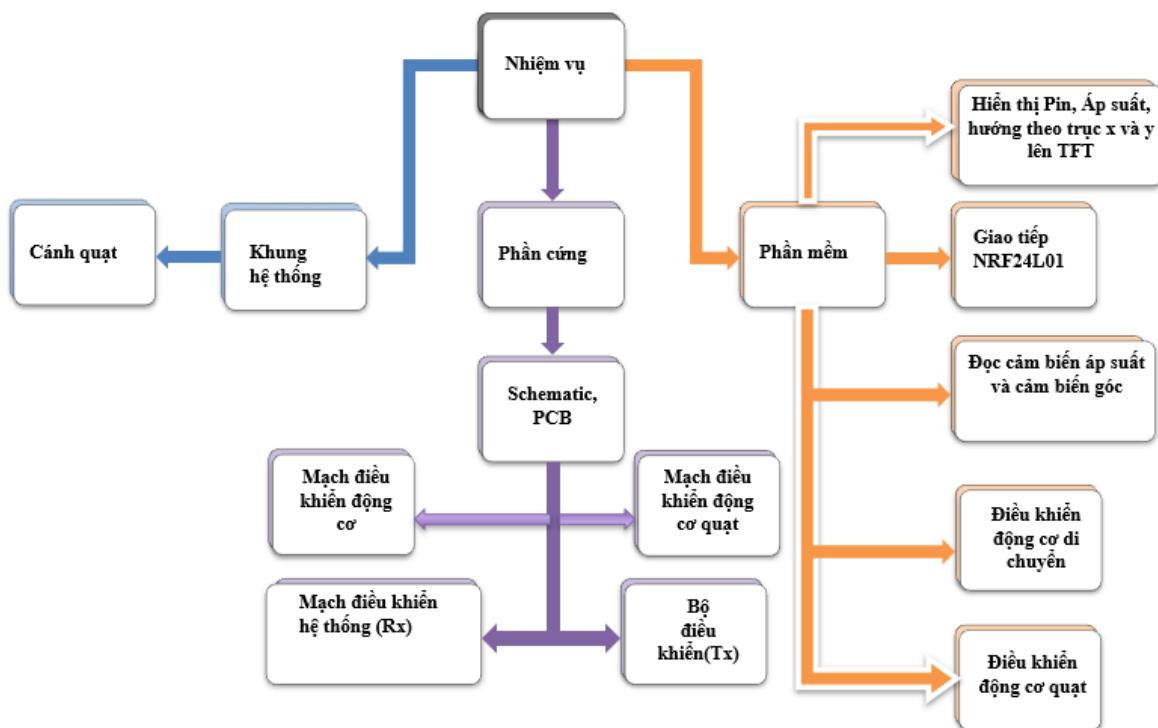
Hình 2-3: Hệ số ma sát trượt của một số bề mặt

$$Fp > \max\left\{\frac{G}{\mu(1+E)}, \frac{2GH}{1+E} \left(\frac{\cos \theta}{L} + \frac{\sin \theta}{B}\right)\right\} = \max \{26.43N, 6N\} \quad (5)$$

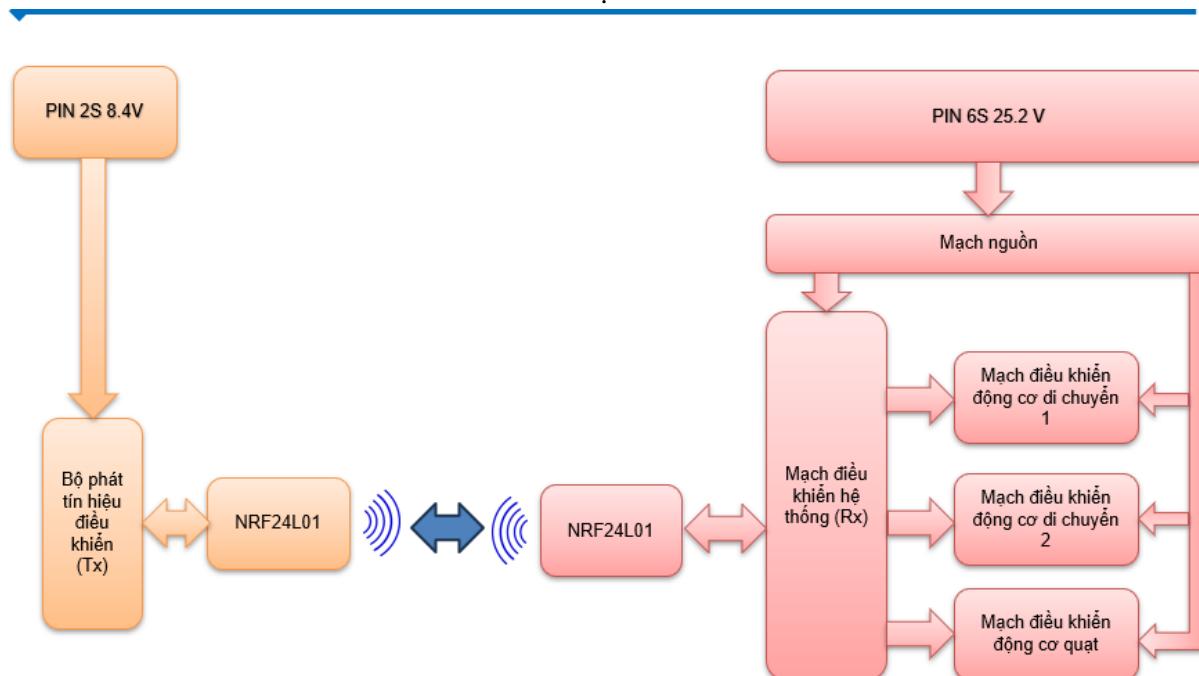
⇒ Lực cần để cho robot hút vào tường: $26.43N \Leftrightarrow$ Áp suất bên trong khoang sẽ là
 $p = \frac{F}{S} = 660.75 \text{ Pa.} \Rightarrow$ cần tạo khoang áp suất với áp suất từ $700 - 800 \text{ Pa}$

2.2 Đặc điểm kỹ thuật

- Tên sản phẩm: Robot vệ sinh cửa kính cho nhà cao tầng.
- Mục đích: Có khả năng bám tường tốt, giữ vị trí và thực hiện vệ sinh cửa kính một cách tốt nhất.
- Nguồn sử dụng: Pin Lipo 2s/6s (8.4v – 22.2v).
- Thời lượng sử dụng: 20 – 30 phút / 1 lần sạc.
- Phạm vi hoạt động: 50 m.
- Chức năng chính:
 - ✓ Di chuyển cân bằng trên tường / mặt kính.
 - ✓ Dễ dàng điều khiển bằng bộ điều khiển.
 - ✓ Lau kính tự động khi có lệnh điều khiển.
- Đặc tả hệ thống:



2.3 Mô hình hệ thống



Hình 2-4: Sơ đồ tổng quát toàn hệ thống

Mạch điều khiển hệ thống: Kiểm soát, cân bằng và điều khiển trạng thái của Robot. Nhận lệnh điều khiển từ tay điều khiển và thực hiện các thuật toán dựa vào

lệnh điều khiển từ bộ điều khiển.

Mạch điều khiển động cơ: Nhận tín hiệu xung PWM từ mạch điều khiển hệ thống để điều khiển hoạt động và điều tiết tốc độ của động cơ.

Mạch nguồn: Cung cấp và ổn định điện áp nguồn nuôi đến các thành phần.

Mạch bộ điều khiển RF: Nhận và xử lý tín hiệu từ Joystick và triết áp, nén dữ liệu và truyền đến mạch điều khiển hệ thống thông qua NRF24L01.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN CỨNG

3.1 Mạch điều khiển động cơ giảm tốc DC

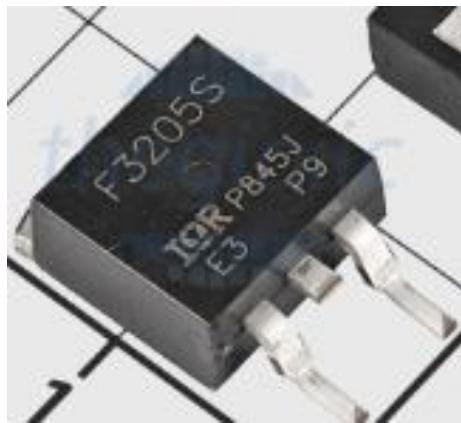
3.1.1 Yêu cầu thiết kế

Vì yêu cầu động cơ có điện áp hoạt động cực đại 12V và dòng có tải 1.8A

- Điện áp cấp đầu vào: 12 VDC
- Điện áp đầu ra: 12 VDC $\pm 5\%$
- Dòng điện đầu ra tối đa 1.8A

3.1.2 Chọn linh kiện động cơ

3.1.2.1 IRF3205SPbF



Hình 3-1: IRF3205SPbF

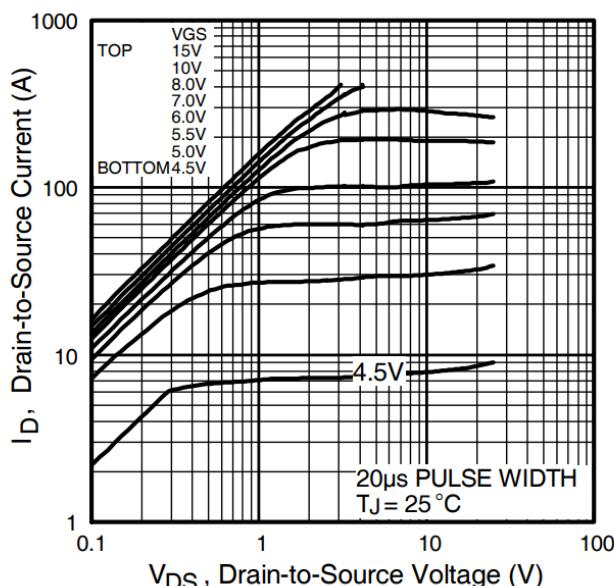
- Thông số kỹ thuật:
 - V_{DSmax} : 55V.
 - $I_{DS(Continuous)}$: 75A (package limitation current).
 - $V_{gs(th)}$: 4V
 - $R_{ds(on)}$: 8m Ohm
 - Nhiệt độ hoạt động: -55°C – 175°C
 - Công suất max: 200W

- ④ Pulse width $\leq 400\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.
- ⑤ Calculated continuous current based on maximum allowable junction temperature. Package limitation current is 75A.

Hình 3-2 Pulse Width và Duty cycle của IRF3205SPbF

Nhận xét: Nếu chúng ta kích cực G của MOSFET thì phải kích với Pulse Width $\leq 400 \mu\text{s}$ hay tần số $F \geq 2500 \text{ Hz}$

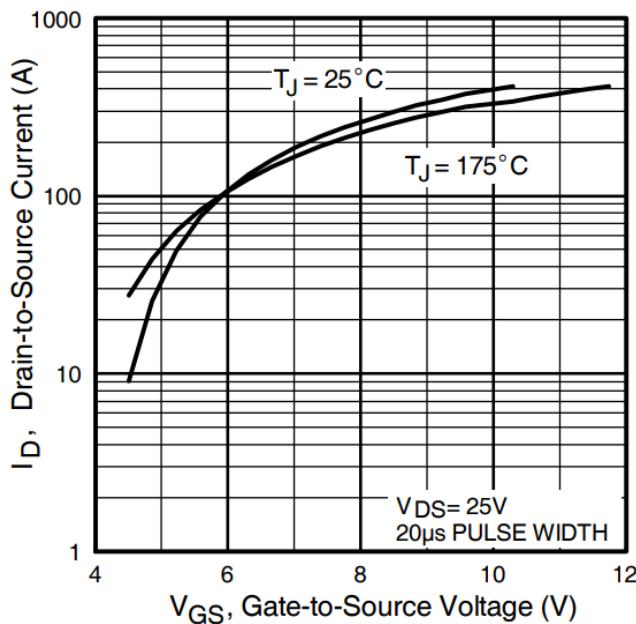
- Đặc tuyến giữa V_{DS} và I_D



Hình 3-3: Đặc tuyến giữa V_{DS} và I_D

Nhận xét: Nhìn vào đặc tuyến trên, ta thấy với điện áp đầu vào yêu cầu 12V, ta thấy được I_D xấp xỉ lớn hơn 100 A tại 25°C . Nhưng theo yêu cầu của mạch chỉ cần 1.8A.

- Đặc tuyến giữa V_{GS} và I_D

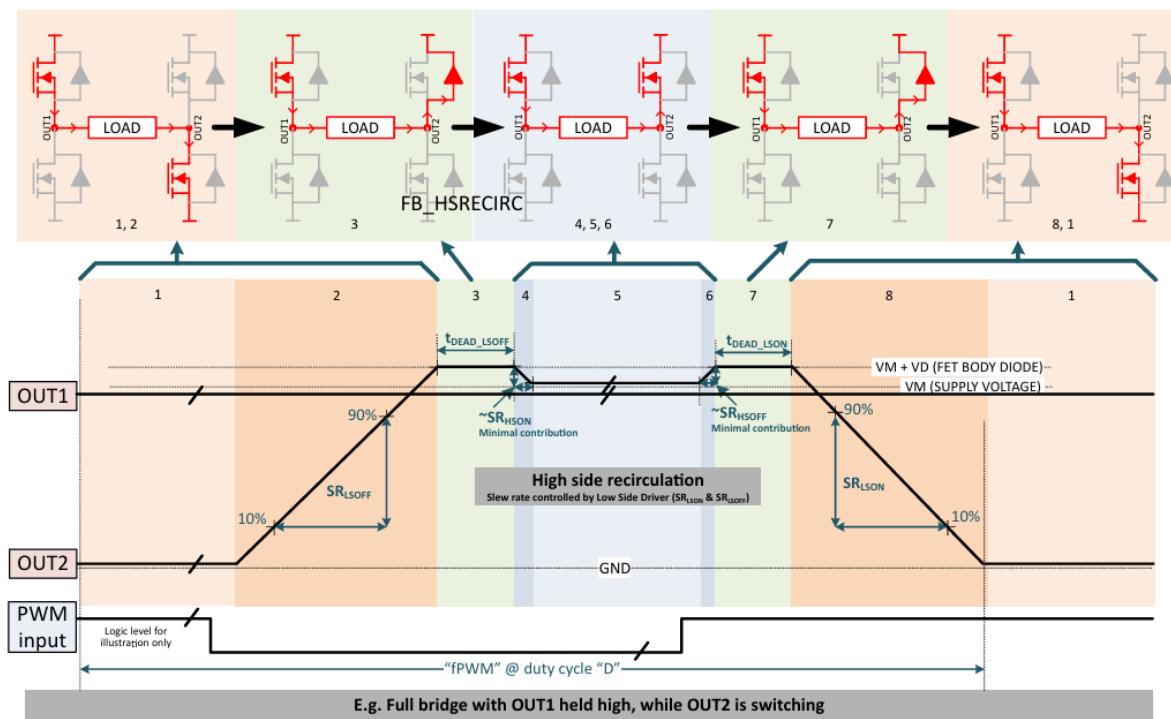


Hình 3-4: Đặc tuyến giữa V_{GS} và I_D

Nhận xét: Nhìn vào đồ thị, yêu cầu bài toán chỉ cần MOSFET lái dòng điện tối đa là 1.8A \Rightarrow chúng ta chỉ cần kích cồng G của Mosfet một điện áp trong khoảng 5 – 6V là đủ hoặc Pulse Width cỡ 20 μs .

\Rightarrow Vậy để động cơ có thể hoạt động và thay đổi chiều thì chúng ta sẽ có một mạch đơn giản gồm 4 MOSFET nối với nhau

- Trường hợp 1: H-Bridge Driver Using High-Side Recirculation



Hình 3-5: H-Bridge Driver

Ta có công thức dựa vào file tính toán của Texas Instrument:

Region	Time ratio within PWM cycle	HS1 [W]	LS1 [W]	HS2 [W]	LS2 [W]
1	$D = \text{On-time} \times f_{PWM}$ ①	$R_{ON} \times I_L^2$	0	0	$R_{ON} \times I_L^2$
2	$V_M / SR_{LSOFF} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	0	$0.5 \times V_M \times I_L$
3	$t_{DEAD_LSOFF} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	$V_D \times I_L$	0
4	$V_D / SR_{HSON} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	$0.5 \times V_D \times I_L$	0
5	$(1 - D) = \text{Off-time} \times f_{PWM}$ ②	$R_{ON} \times I_L^2$	0	$R_{ON} \times I_L^2$	0
6	$V_D / SR_{HSOFF} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	$0.5 \times V_D \times I_L$	0
7	$t_{DEAD_LSON} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	$V_D \times I_L$	0
8	$V_M / SR_{LSON} \times f_{PWM}$	$R_{ON} \times I_L^2$	0	0	$0.5 \times V_M \times I_L$

Hình 3-6: Ảnh các thông số trong file tính toán của Texas Instrument

Trong đó:

- R_{ON} = FET on-resistance [ohm] = 0.0008 [ohm]
- f_{PWM} = PWM switching frequency [Hz] = 200 KHz
- V_M = Supply voltage to the driver [V] = 12V
- I_L = Load current [A] = 1.8 A
- D = PWM duty cycle [a fractional number between 0 and 1] = 50%
- SR_{LSOFF} = Output voltage slew rate during rise when LS2 is turned off

$$[\text{V/sec}] = 184.6 \text{V}/\mu\text{s} (\text{vì } t_f = 65 \text{ ns})$$

- $\text{SR}_{\text{LSON}} = \text{Output voltage slew rate during fall when LS2 is turned on} [\text{V/sec}] = 118.8 \text{V}/\mu\text{s}$ (vì $t_r = 101 \text{ ns}$)
- $V_D = \text{FET body diode forward bias voltage} [\text{V}] = V_{SD} = 1.3 \text{ V}$
- $t_{\text{DEAD_LSOFF}} = \text{dead time after LS2 has been turned off} [\text{sec}] = t_{d(\text{off})} = 50 \text{ ns}$
- $t_{\text{DEAD_LSON}} = \text{dead time before LS2 is turned on} [\text{sec}] = t_{d(\text{on})} = 14 \text{ ns}$
- $\text{SR}_{\text{HSON}} = \text{Output voltage slew rate during rise when HS2 is turned on} [\text{V/sec}] = 118.8 \text{ V}/\mu\text{s}$
- $\text{SR}_{\text{HSOFF}} = \text{Output voltage slew rate during fall when HS2 is turned off} [\text{V/sec}] = 184.6 \text{V}/\mu\text{s}$

Và công suất sẽ được tính lần lượt theo công thức dưới đây:

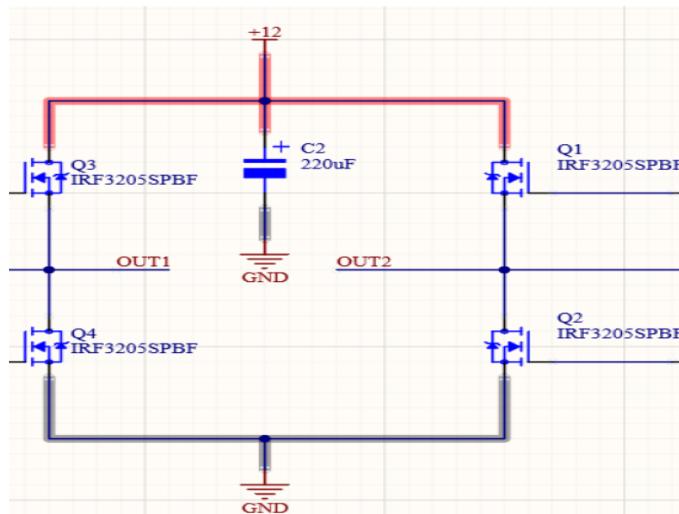
- $P_{\text{HS1}} = R_{\text{ON}} \times I_L^2$
- $P_{\text{LS1}} = 0$
- $P_{\text{HS2}} = [R_{\text{ON}} \times I_L^2 \times (1-D)] + [2 \times V_D \times I_L \times t_{\text{DEAD}} \times f_{\text{PWM}}]$
- $P_{\text{LS2}} = [R_{\text{ON}} \times I_L^2 \times D] + [V_M \times I_L \times (V_M / SR) \times f_{\text{PWM}}]$

Ta có bảng tính toán sau:

- $P_{\text{HS1}} = R_{\text{ON}} \times I_L^2 = 0.008 \times 1.8^2 = 0.02592 \text{W}$
- $P_{\text{LS1}} = 0$
- $P_{\text{HS2}} = [R_{\text{ON}} \times I_L^2 \times (1-D)] + [2 \times V_D \times I_L \times t_{\text{DEAD}} \times f_{\text{PWM}}] = 0.06 \text{ W}$
- $P_{\text{LS2}} = [R_{\text{ON}} \times I_L^2 \times D] + [V_M \times I_L \times (V_M / SR) \times f_{\text{PWM}}] = 0.3 \text{W}$
- $\Rightarrow P_{\text{TOT}} = P_{\text{HS1}} + P_{\text{LS1}} + P_{\text{HS2}} + P_{\text{LS2}} = 0.386$
- Trường hợp 2: H-Bridge Driver Using LOW-Side Recirculation

Tương tự như Trường hợp 1 $\Rightarrow P_{\text{TOT}} = 0.386$

Schematic của mạch H-Bridge Driver:



Hình 3-7: Schematic của H-Bridge Driver

3.1.2.2IR2104SPBF

Để tránh các trường hợp thời gian chuyển mạch quá nhanh dẫn đến không kiểm soát được thời gian đóng ngắt các mosfet, chúng ta sẽ sử dụng IC điều khiển FET để kiểm soát thời gian đóng ngắt mạch.



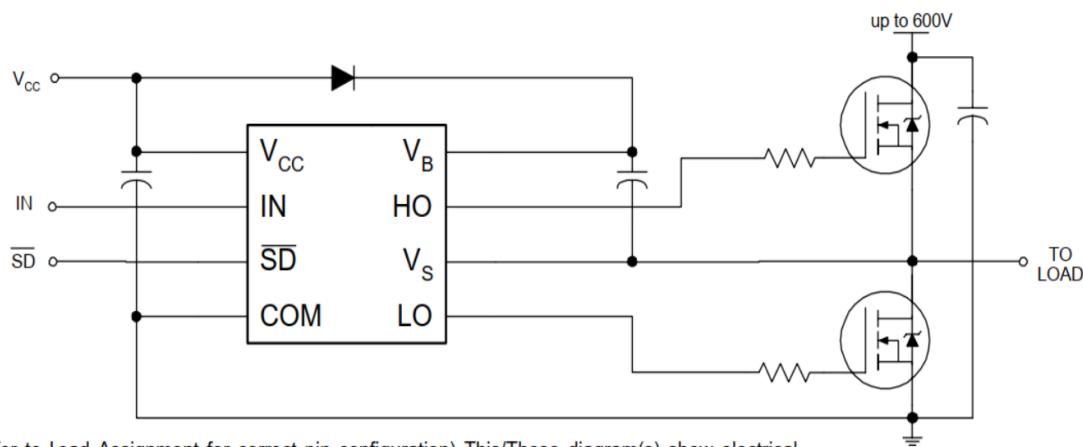
Hình 3-8: IR2104SPBF

- Thông số kỹ thuật:

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V_B	High side floating absolute voltage	-0.3	625	V
V_S	High side floating supply offset voltage	$V_B - 25$	$V_B + 0.3$	
V_{HO}	High side floating output voltage	$V_S - 0.3$	$V_B + 0.3$	
V_{CC}	Low side and logic fixed supply voltage	-0.3	25	
V_{LO}	Low side output voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	
V_{IN}	Logic input voltage (IN & \overline{SD})	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	

Hình 3-9: Một số thông số đặc trưng của IR2104SPBF

- Sơ đồ mạch datasheet:

**Hình 3-10: Sơ đồ mạch theo datasheet**

- Nhận xét:

- Mạch điều khiển Fet sẽ gồm 1 tụ nối giữa chân V_B và V_s , một diode nối từ chân nguồn V_{CC} và chân V_B , tác dụng chính của diode và tụ này là sẽ có tác dụng bootstrap cho mạch điều khiển FET này. Tác dụng của Bootstrap chính là tránh trường hợp hai mosfet sẽ đóng đồng thời gây hư mạch.
- Cách hoạt động của Tụ và Diode Bootstrap, khi Mosfet ở phía thấp đóng thì sẽ có dòng điện đi từ V_{CC} thông qua Diode Bootstrap và Tụ Bootstrap và đi xuống Mosfet thấp và đi xuống đất \Rightarrow tạo ra một vòng kín, Tụ Bootstrap lúc này sẽ được nạp điện khi đây $\Rightarrow V_{C(boot)} = V_{DD}$
- Khi Mosfet ở phía trên đóng và Mosfet phía dưới được hở ra, điện áp được nạp trong tụ bootstrap sẽ được phóng nhưng do có diode bootstrap sẽ không trở lại nguồn mà sẽ đi xuống V_B tới V_{HO} , Vì $V_{GS(th)} = 4V$, mà tụ nạp

xấp xỉ 12V \Rightarrow kích cho Mosfet phía trên dẫn.

- Tính toán, chọn tụ và diode Bootstrap

$$C_g = \frac{Q_g}{V_{Q1g}}$$

where Q_g : gate charge (MOSFET's datasheet)

$$V_{Q1g} = V_{DD} - V_{BootDiode}$$

where $V_{BootDiode}$: forward voltage drop across the boot diode.

Hình 3-11: Công thức tính điện dung của tụ và điện áp Diode

Chọn Diode bootstrap 1N5819HW $\Rightarrow V_F = 0.6V$, $V_{DD} = 12V$

Mosfet IRF3205SPbF:



Hình 3-12: Giá trị điện tích tổng cộng

$$\Rightarrow V_{Q(1g)} = 12 - 0.6 = 11.4V$$

$$\Rightarrow C_g = \frac{Q_g}{V_{Q1g}} = \frac{146}{11.4} = 12.8\text{ nF}$$

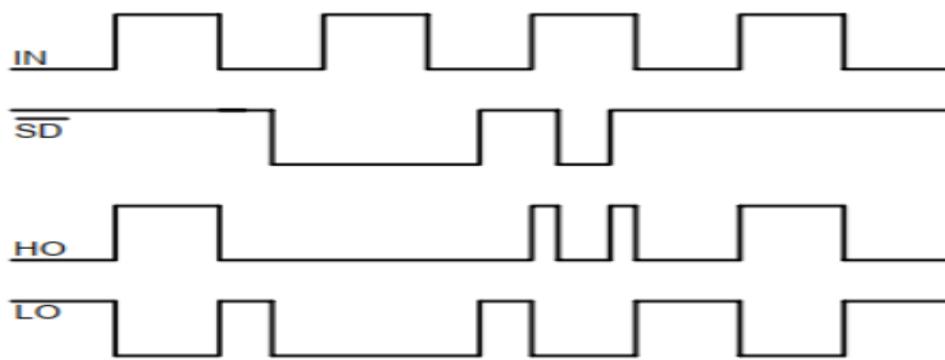
Công thức:

$$C_{boot} \geq 10 \times C_g$$

Hình 3-13: Công thức tính điện dung của boot diode

Ta có: $C_{boot} \geq 10 \times 12.8 = 128\text{ nF} \Rightarrow$ chọn tụ $C_{boot} = 100\text{ nF}$

- Tín hiệu điều khiển cho cổng lái MOSFET:



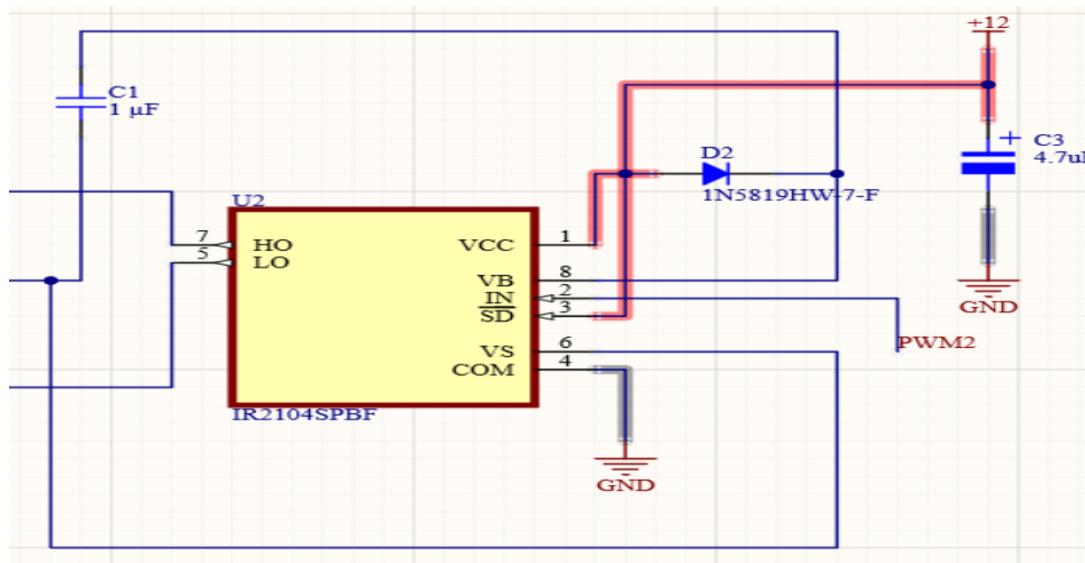
Hình 3-14: Tín hiệu điều khiển cho cổng lái MOSFET

❖ Nhận xét tín hiệu HO theo ~SD và IN:

Bảng 3-1: Bảng tín hiệu HO theo ~SD và IN

IN	~SD	HO	LO
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	0
1	1	1	0

⇒ Ta sẽ giữ ~SD nối với nguồn 12V và điều khiển LO và HO theo tín hiệu của IN.
- Schematic mạch điều khiển MOSFET:



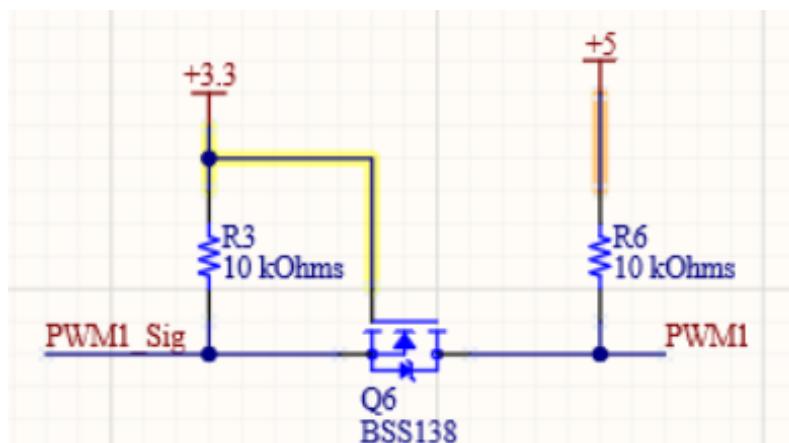
Hình 3-15: Schematic của IR2104SPBF

3.1.2.3BSS138**Hình 3-16: BSS138**

- Thông số kỹ thuật:

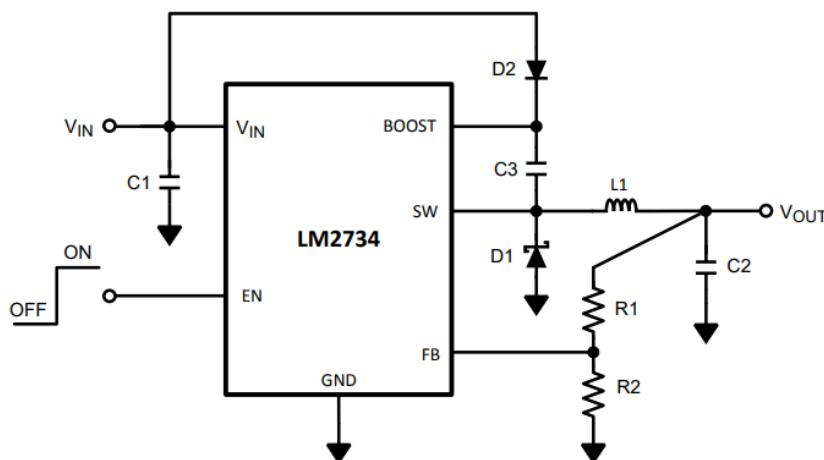
- $V_{DS} = 50$ V
- $I_{DS} = 200$ mA
- $V_{gs(th)} = 1.5$ V

Vì điện áp tối đa mà vi xử lý xuất là 3.3 V, nhưng điện áp mà IR2104S được cấp là 12 V, nên ta sẽ cần một mạch chuyển mức nhằm đảm bảo điện áp ngược hoặc dòng điện ngược đi ngược vào vi xử lý

**Hình 3-17: Schematic BSS138**3.1.2.4LM2734YMK**Hình 3-18: LM2734YMK**

- Thông số kỹ thuật:
 - Điện áp ngõ vào: 3 – 20V
 - Điện áp ngõ ra: 0.8V – 18V
 - Dòng điện ngõ ra: 1 A
 - Nhiệt độ hoạt động: -40° C – 125° C
 - V_{FB} (Feedback Voltage) = 0.816V
 - $V_{boost} = -0.5 - 30$ V
 - $V_{SW} = -0.5 - 6$ V
 - $V_{EN} = -0.5 - (Vin + 0.3)$ V
 - $R_{DS(ON)} = 300m$ Ohm
 - $F_{SW} = 0.55$ MHz

- Sơ đồ mạch tham chiếu datasheet:



Hình 3-19: Sơ đồ mạch của LM2374

- Tính toán và chọn linh kiện:

Ta có công thức tính tỉ lệ giữa ngõ vào và ngõ ra:

$$D = \frac{V_O + V_D}{V_{IN} + V_D - V_{SW}}$$

Hình 3-20: Công thức tính tỉ lệ giữa ngõ vào và ngõ ra

V_D là điện áp đánh thủng qua diode D1, chọn D1 là 1N5819W $\Rightarrow V_F = 0.45$ V

Lại có công thức V_{SW} có thể được xấp xỉ bằng $I_O \times R_{DS(ON)}$ $\Rightarrow V_{SW} = 1.8 \times 0.3 = 0.54$ V

$$\Rightarrow D = \frac{5+0.45}{12+0.45-0.54} = 0.46$$

Một phương trình được phát triển theo kinh nghiệm cho tỷ lệ gợn sóng tối đa ở bất kỳ dòng điện nào nhỏ hơn 2 A là:

$$r = 0.387 \times I_{OUT}^{-0.3667}$$

Hình 3-21: Công thức tính tỷ lệ gợn sóng tối đa

$$\Rightarrow r = 0.387 \times 1.8^{-0.3667} = 0.312$$

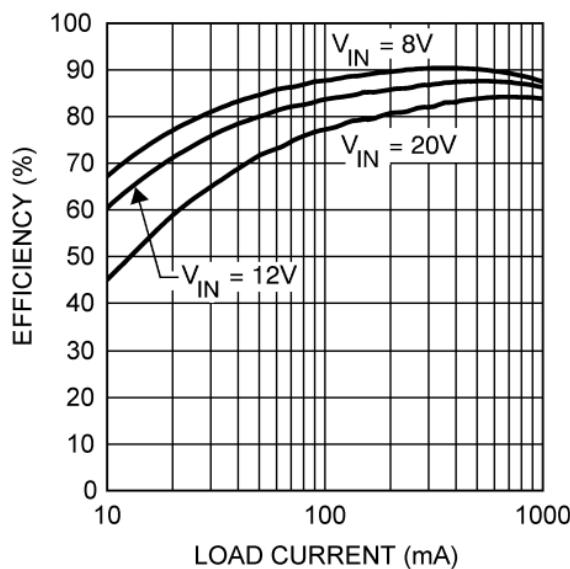
Từ đó, ta có công thức tính cuộn cảm như sau:

$$L = \frac{V_O + V_D}{I_O \times r \times f_S} \times (1-D)$$

Hình 3-22: Công thức tính cuộn cảm

Trong đó: f_s là tần số chuyển mạch

$$\Rightarrow L = \frac{5+0.45}{1.8 \times 0.312 \times 0.55 \times 10^6} \times (1 - 0.46) \approx 10 \times 10^{-6} = 10\mu H$$

**Hình 3-23: Hiệu suất giữa dòng tải với cuộn cảm $L = 10\mu H$**

Đối với tụ đầu vào và tụ đầu ra, theo datasheet, khuyến nghị xài tụ $10\mu F \Rightarrow C_{in} = 10\mu F$ và $C_{out} = 10\mu F$

Đối với boost Diode, theo datasheet chọn diode 1N4148 hoặc diode Schottky tín hiệu nhỏ \Rightarrow chọn diode 1N5819W

Tụ Boost, theo datasheet chọn tụ $0.01 \mu F$.

Cuối cùng, công thức để chọn điện áp đầu ra:

$$R1 = \left(\frac{V_o}{V_{REF}} - 1 \right) \times R2$$

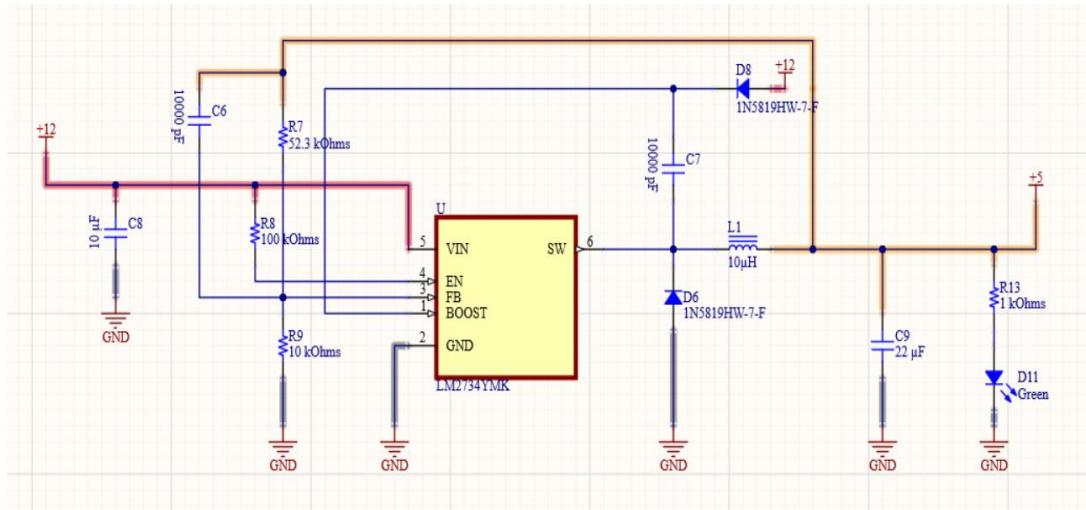
Hình 3-24: công thức để chọn điện áp đầu ra

Chọn $R2 = 10$ Kohm (theo datasheet)

$V_{Ref} = 0.816 V$

$$\Rightarrow R_1 = \left(\frac{5}{0.816} - 1 \right) * 10 = 51.2 \text{ Kohm} \approx 52.3 \text{ Kohm}$$

- Schematic mạch chuyển 12V xuống 5V:



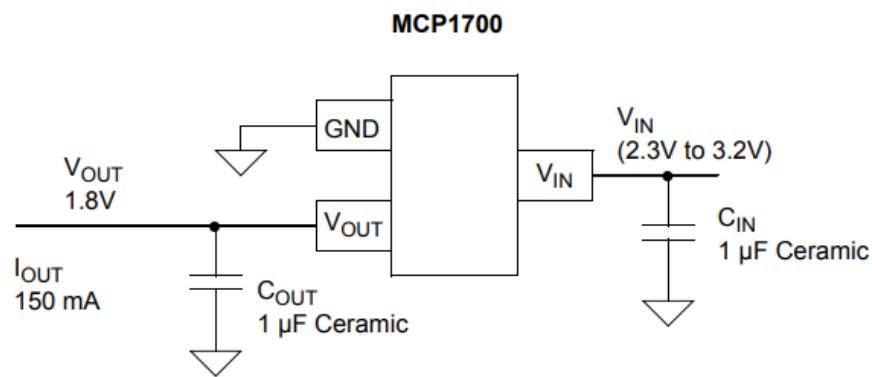
Hình 3-25: Schematic của BSS138

3.1.2.5 MCP1700T-3300E/TT



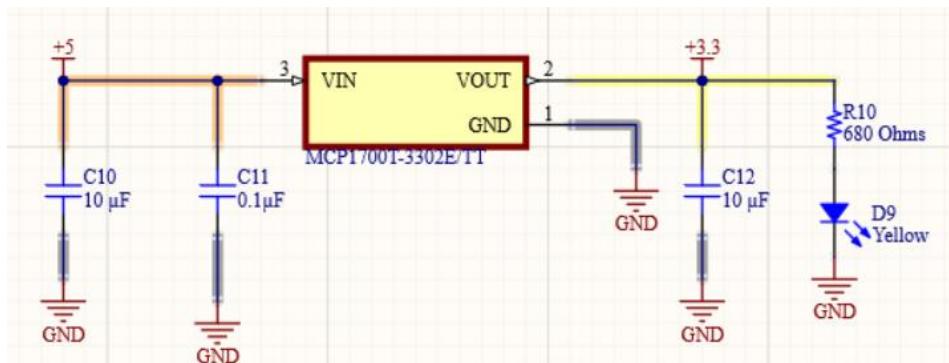
Hình 3-26: MCP1700T-3300E/TT

- Thông số kỹ thuật:
 - Điện áp ngõ ra: 3.3V
 - Dòng điện ngõ ra: 250mA
 - Điện áp ngõ vào max: 6V
 - Tác dụng: Vì cần chuyển điện áp xuống 3.3V để làm tham chiếu cho mạch sử dụng Mosfet BSS138 để chuyển mức tín hiệu giữa vi điều khiển và mạch cầu H.
 - Sơ đồ mạch tham chiếu datasheet:



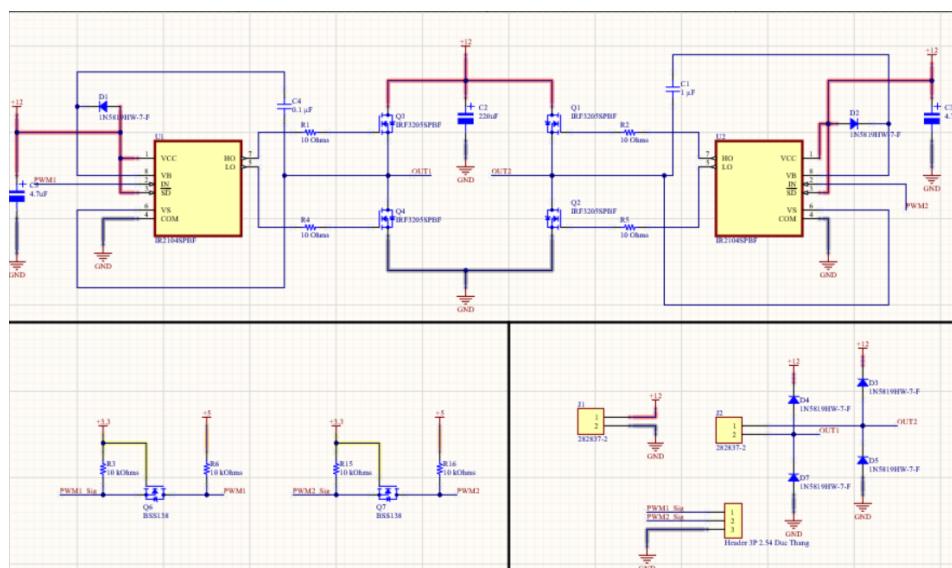
Hình 3-27: Sơ đồ mạch tham chiếu của MCP1700

- Schematic mạch ổn áp 3.3V:



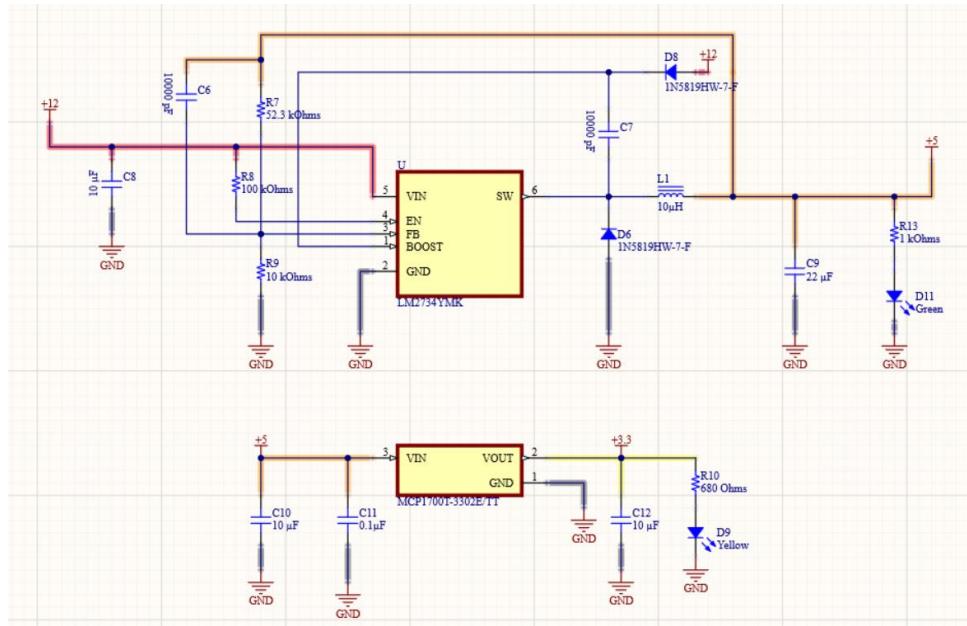
Hình 3-28: Schematic của MCP1700

3.1.3 Sơ đồ mạch nguyên lý



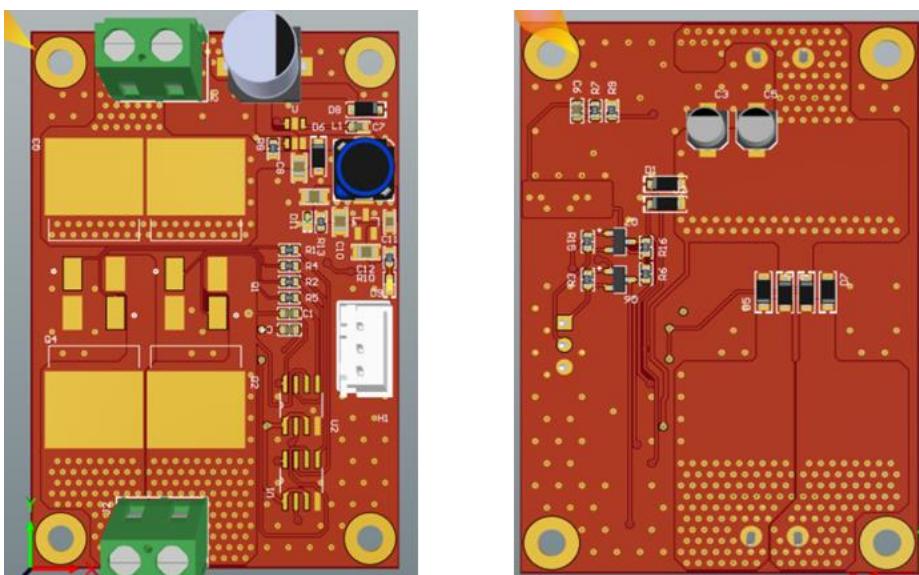
Hình 3-29: Sơ đồ mạch nguyên lý

3.1.4 Sơ đồ mạch cầu H



Hình 3-30: Sơ đồ mạch cầu H

3.1.5 Sơ đồ mạch nguồn



Hình 3-31: Sơ đồ 3D của mạch điều khiển động cơ

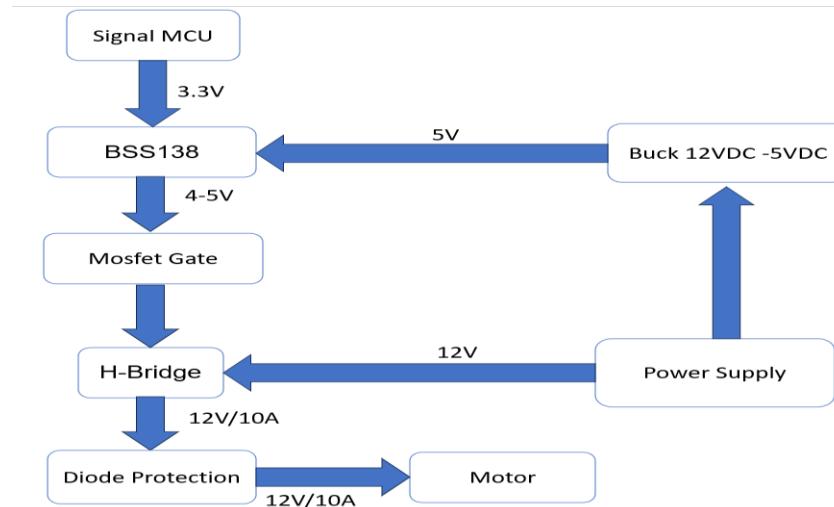
3.2 Mạch nguồn hệ thống

3.2.1 Yêu cầu thiết kế:

- Điện áp cấp đầu vào: 22.2 – 25.2 VDC

- Điện áp đầu ra: 5V, 12V và 24V
- Dòng điện đầu ra tối đa 4.5A

3.2.2 Sơ đồ khái niệm tổng quát

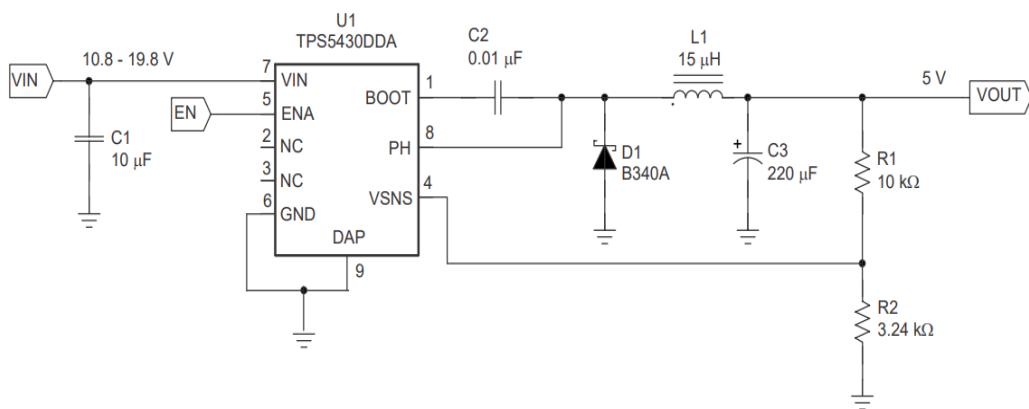


Hình 3-32: Sơ đồ khái niệm tổng quát

3.2.3 Chọn linh kiện

3.2.3.1 TPS5430

- Thông số kỹ thuật
 - Điện áp ngõ vào: 5.5 – 36V
 - Điện áp ngõ ra max: 32V
 - Dòng điện ngõ ra: 3 - 5 A
 - Nhiệt độ hoạt động: -40° C – 125° C
 - V_{FB} (Feedback Voltage) = 1.221V
 - $V_{boost\ to\ PH} = -0.5 - 6\ V$
 - $V_{PH-GND} = -0.6 - 25\ V$
 - $V_{EN} = -0.3 - 7\ V$
 - $V_{SENSE} = -0.3 - 3\ V$
 - $R_{DS(ON)} = 300m\ Ohm$
 - $F_{SW} = 500\ KHz$
- Sơ đồ mạch tham chiếu schematic:

**Hình 3-33: Sơ đồ mạch tham chiếu schematic của TPS5430**

- Tính toán và chọn linh kiện
 - Đổi với tụ đầu vào: datasheet khuyến nghị chọn giá trị tụ $C_{in} = 10\mu F$
 - Cuộn cảm: Ta có công thức sau:

$$L_{MIN} = \frac{V_{OUT(MAX)} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{V_{IN(max)} \times K_{IND} \times I_{OUT} \times F_{SW}}$$

Hình 3-34: Công thức tính giá trị cuộn cảm nhỏ nhất

- $V_{OUT(MAX)} = 12 V$
- $V_{IN(MAX)} = 25.1 V$
- K_{IND} trong khoảng 0.2 tới 0.3 $\Rightarrow K_{IND} = 0.3$
- $I_{OUT} = 4A$
- $F_{SW} = 500 \text{ KHz}$

$$\Rightarrow L_{MIN} = \frac{12 \times (25.1 - 12)}{12 \times 0.3 \times 4 \times 500 \times 10^3} = 22 \times 10^{-6} = 22 \mu H$$

❖ Tụ đầu ra:

Ta có công thức sau:

$$C_{OUT} = \frac{1}{3357 \times L_{OUT} \times f_{CO} \times V_{OUT}}$$

Hình 3-35: Công thức tính điện dung ngõ ra

Vì khoảng của tần số cắt sẽ nằm từ 3Khz đến 30Khz $\Rightarrow f_{CO} = 5\text{Khz}$

$$\Rightarrow C_{OUT} = \frac{1}{3357 \times 22 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^3 \times 12} = 220\mu F$$

- ❖ Điểm đặt điện áp đầu ra:

Ta có công thức:

$$R_2 = \frac{R_1 \times 1.221}{V_{OUT} - 1.221}$$

Chọn $R_1 = 10\text{ Kohm}$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{10 \times 1.221}{12 - 1.221} = 1.13KOhm$$

- ❖ Tụ BOOT:

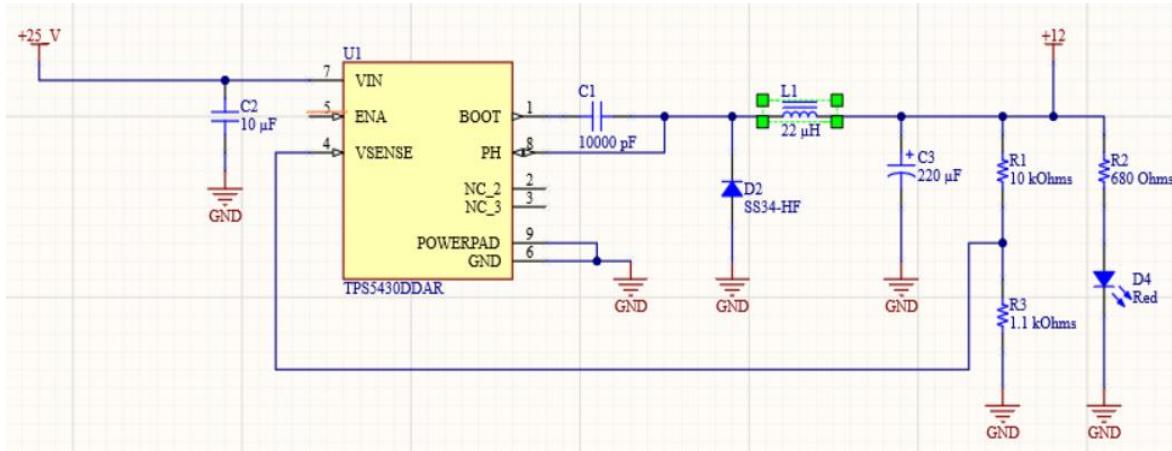
Theo datasheet nó phải là $0.01\mu F$

- ❖ Diode Catch

Theo datasheet, Diode chỉ cần $V_R > V_{IN(max)} + 0.5 \Rightarrow V_R > 26\text{V}$

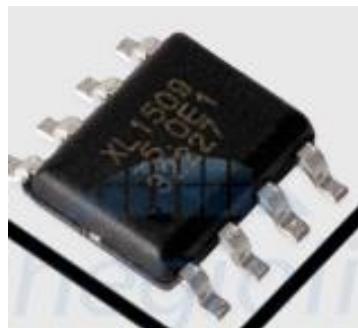
\Rightarrow Chọn diode SS34 với $V_{R(max)} = 40\text{V}$

- Schematic:

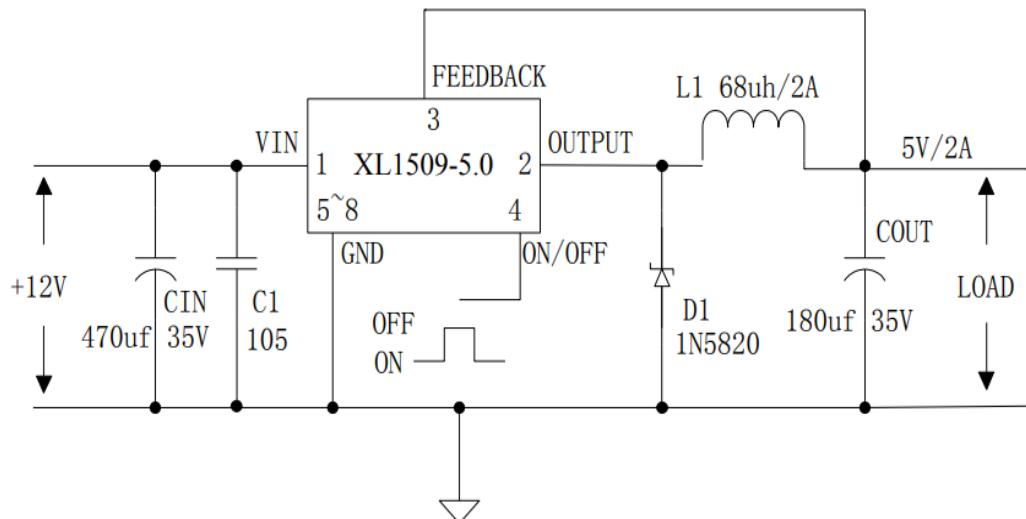


Hình 3-36: Schematic của TPS5430

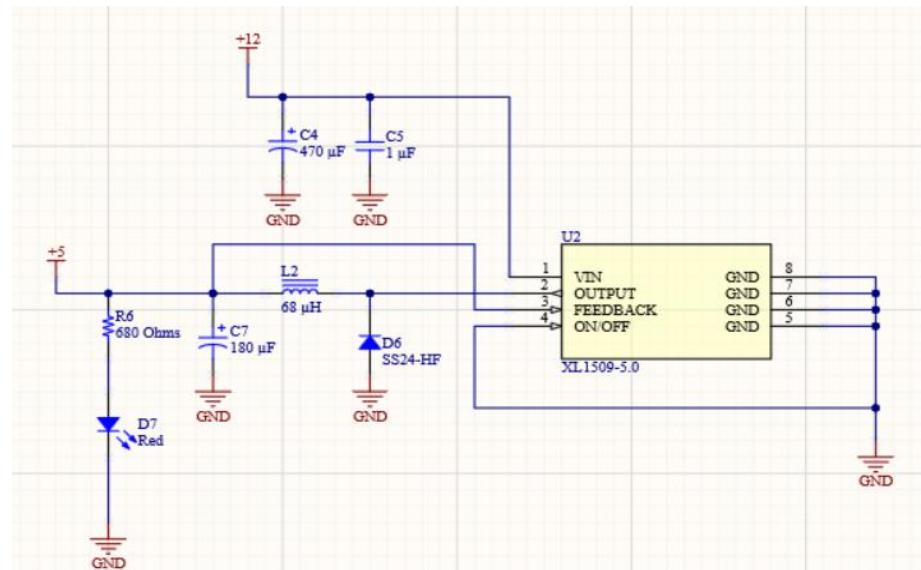
3.2.3.2XL1509-5.0

**Hình 3-37: XL1509 - 5.0**

- Thông số kỹ thuật:
 - ❖ Điện áp ngõ vào :4.5 – 40 V
 - ❖ Dòng điện ngõ ra: 2A
 - ❖ Điện áp ngõ ra: 5V
 - ❖ Nhiệt độ hoạt động: -40° C – 125° C
- Sơ đồ mạch tham chiếu datasheet:

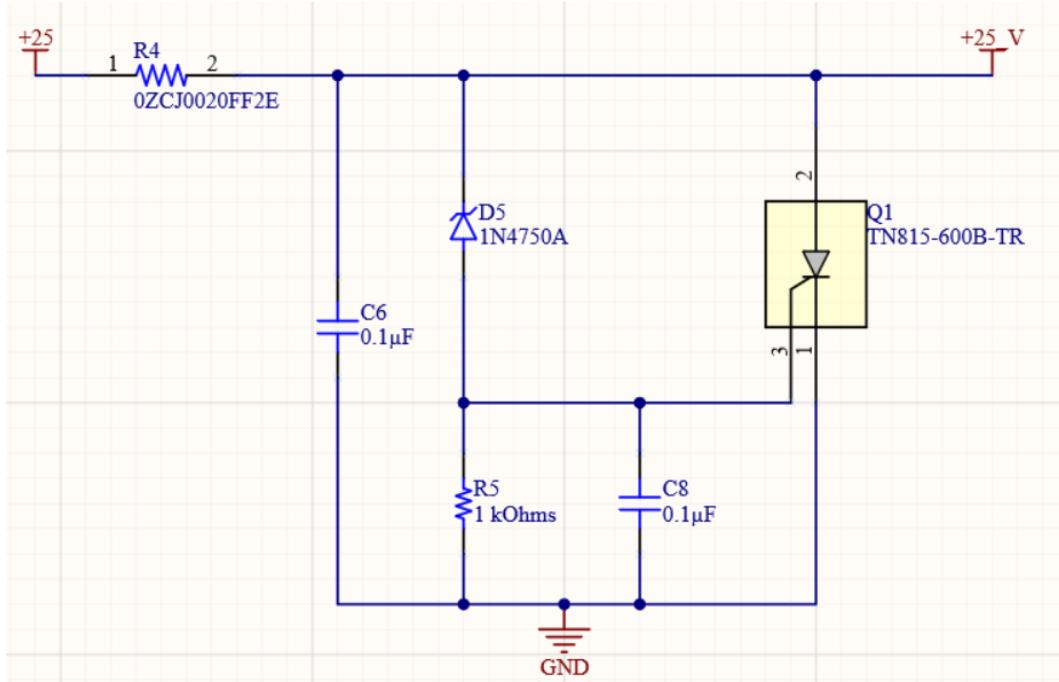
**Hình 3-38: Sơ đồ mạch tham chiếu của XL1509-5.0**

- Schematic:



Hình 3-39: Schematic của XL1509-5.0

3.3 Mạch bảo vệ quá áp



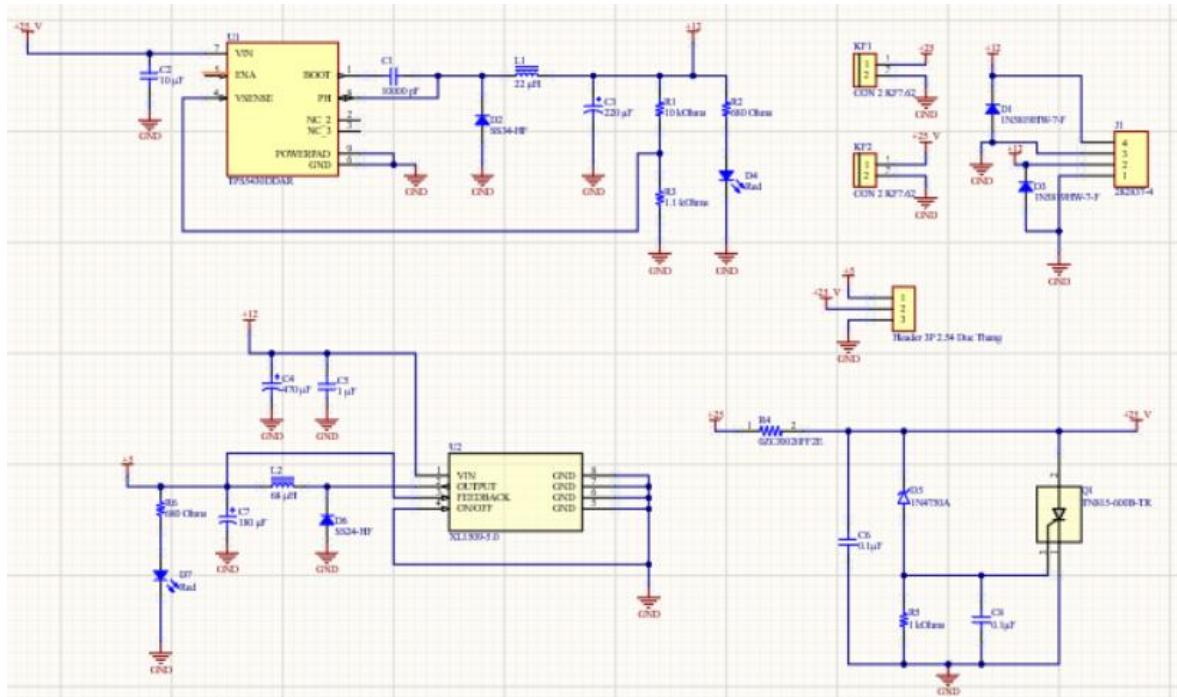
Hình 3-40: Mạch bảo vệ quá áp

- Nguyên lý làm việc:

Diode Zener 1N4750A với $V_Z = 27V$, và TN815-600B-TR là SCR với điện áp kích là $V_{GT} = 0.8V$. Khi điện áp ngõ vào lớn hơn 27V, ngay lập tức Diode Zener sẽ dẫn, điện cực G của SCR lúc này sẽ bằng $V_{IN} - V_Z$, khi roi áp trên cực G của SCR lên

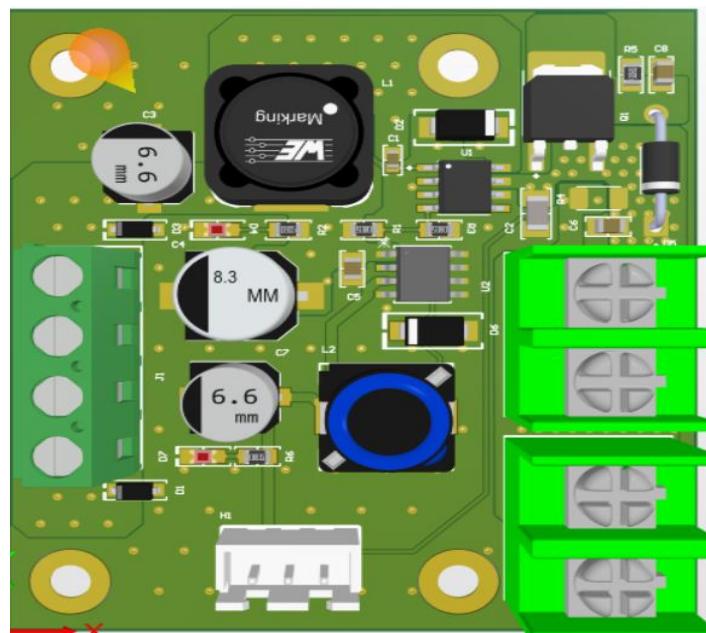
đến 0.8V \Rightarrow SCR sẽ đóng, lúc này tất cả điện áp sẽ được đi qua SCR làm cho cầu chì ngắn.

3.3.1 Sơ đồ nguyên lý khởi nguồn



Hình 3-41: Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ quá áp

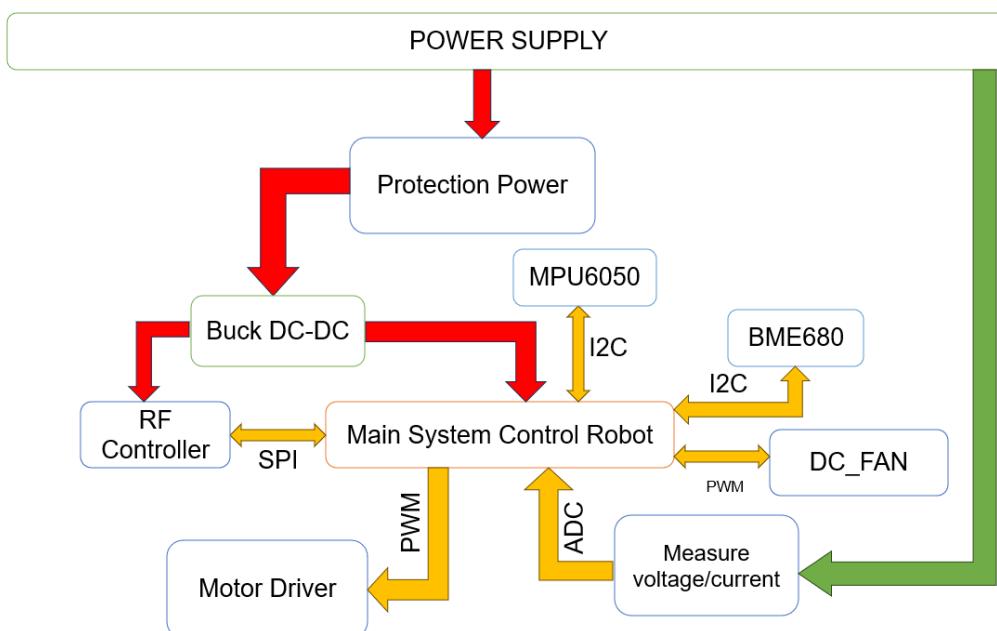
3.3.2 Mô hình 3D



Hình 3-42: Sơ đồ 3D mạch bảo vệ quá áp

3.4 Thiết kế mạch điều khiển hệ thống

- Yêu cầu thiết kế
 - Điện áp đầu vào: 5V
 - Dòng điện đầu vào: 100mA – 300mA
 - Sử dụng 1 giao tiếp SPI, 2 giao tiếp I₂C
 - Sử dụng 1 giao tiếp USB.
 - Sử dụng 2 Timer để xuất 6 xung PWM.
 - Sử dụng 1 ADC để đo mức PIN.
- Sơ đồ mạch Tổng quát



Hình 3-43: Sơ đồ mạch tổng quát

- Khối MCU trung tâm có chức năng giao tiếp với các ngoại vi, triển khai các thuật toán điều khiển và điều phối mọi hoạt động của hệ thống.
- Sử dụng PWM để điều rộng xung cho mạch điều khiển động cơ và động cơ quay cánh quạt.
- Sử dụng module RF với giao tiếp SPI để nhận tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển.
- Đọc ADC để đo mức pin tiêu thụ từ mạch nguồn.
- Sử dụng giao tiếp I₂C để đọc tín hiệu góc và gia tốc từ MPU6050 từ đó

mô phỏng vị trí của robot, thêm vào đó là giao tiếp với BME680 để đọc tín hiệu nhiệt độ và áp suất trong khoang áp suất.

- Ngoài ra còn xuất tín hiệu OUTPUT cho các chân LED để kiểm tra nguồn và debug tín hiệu.
- Lựa chọn linh kiện
- ❖ STM32F103C8T6



Hình 3-44: Hình STM32F103C8T6

- Thông số kỹ thuật:
 - Nhân xử lý: ARM 32-bit ®Cortex™ – M3
 - Tần số xung: 72 MHz
 - RAM: 6 to 20 Kbytes
 - Flash: 32 to 128 Kbytes
 - Chuẩn giao tiếp: CAN, I2C, SPI, UART/ USART, USB OTG.
 - 48 chân I/O
 - Điện áp: 1.8-3.6V
- ❖ Cảm biến MPU6050



Hình 3-45: Hình cảm biến MPU6050

MPU-6050 là một chip tích hợp thiết bị dò chuyển động (Motion Tracking) 6-trục kết hợp một con quay hồi chuyển 3 trục (3-axis gyroscope), một bộ đo gia tốc 3 trục (3-axis accelerometer), và một bộ tính toán chuyển động tín hiệu số (Digital Motion Processor – DMP). MPU6050 đọc dữ liệu từ các cảm biến gia tốc và con quay hồi chuyển, sau đó lưu vào thanh ghi dữ liệu. Các vi xử lý/vi điều khiển có thể đọc thông tin này qua bus I2C.

- Thông số kỹ thuật:
 - Bộ chuyển đổi ADC 12bit
 - Chuẩn giao tiếp: I2C
 - Giá trị Gyroscopes trong khoảng: +/- 250 500 1000 2000 degree/sec
 - Giá trị Acceleration trong khoảng: +/- 2g, +/- 4g, +/- 8g, +/- 16g
 - Dòng điện tiêu thụ: 3.9mA
 - Điện áp hoạt động: 3.3V
 - Nhiệt độ hoạt động: -40°C ~ 105°C
- ❖ Cảm biến BME680



Hình 3-46: Hình cảm biến BME680

BME680 là cảm biến nhiệt độ và độ ẩm có kích thước nhỏ gọn, dễ sử dụng, độ nhạy cao, hiệu suất ổn định. Mạch giao tiếp I2C và SPI giúp chúng ta dễ dàng kết nối với vi điều khiển.

- Thông số kỹ thuật:
 - Giao tiếp: I2C (lên đến 3,4 MHz) và SPI (3 và 4 dây, tối đa 10 MHz)
 - Điện áp cung cấp: 1.71 ~ 3,6 V,
 - Phạm vi điện áp giao tiếp VDD IO: 1.2 ~ 3.6 V

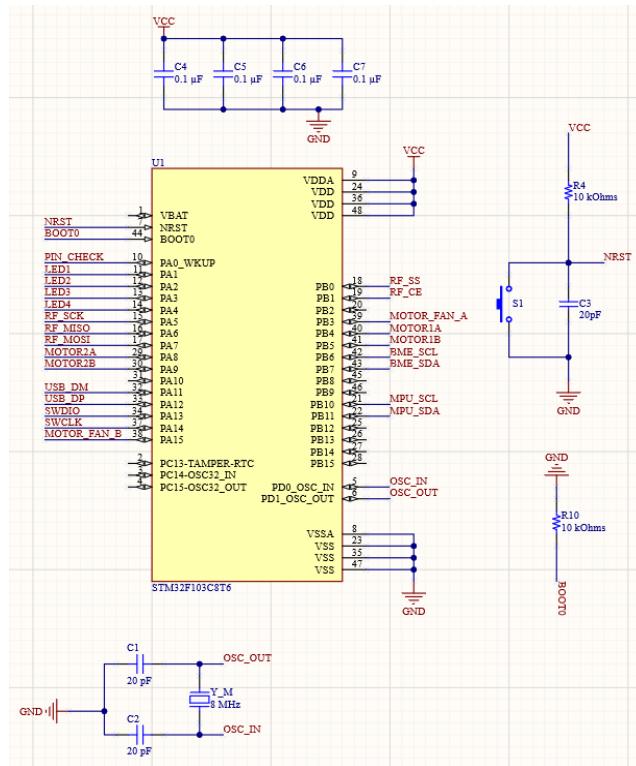
- Dòng tiêu thụ:
 - ✓ 2.1 A ở độ ẩm và nhiệt độ 1 Hz
 - ✓ 3.1 A ở áp suất và nhiệt độ 1 Hz
 - ✓ 3.7 A ở độ ẩm, áp suất và nhiệt độ 1 Hz
- Phạm vi hoạt động: -40 – + 85 °C, 0–100% rH, 300–1100 hPa
- Cảm biến độ ẩm, áp suất và khí riêng biệt có thể được bật / tắt độc lập
- Thông số chính cho cảm biến khí:
 - Thời gian đáp ứng: (33–63%) < 1 s (đối với cảm biến mới)
 - Tiêu thụ điện năng: <0,1 mA ở chế độ năng lượng cực thấp
- Thông số chính cho cảm biến độ ẩm:
 - Độ trễ: ± 1,5% rH
 - Độ chính xác dung sai: ± 3% rH
 - Thời gian đáp ứng (0–63%): ~ 8 s
- Thông số chính cho cảm biến áp suất:
 - Độ ồn RMS: 0,12 Pa, tương đương đến 1,7 cm
 - Hệ số nhiệt độ bù: ± 1,3 Pa / K, tương đương đến ± 10,9 cm khi thay đổi nhiệt độ 1°C
- ❖ USBLC6-2SC6 TVS Diode



Hình 3-47: Hình USBLC6-2SC6

- Thông số kỹ thuật:
 - Điện áp VDDmax: 5.25 VDC
 - Vclimb(max): 17 VDC
 - Imax(10/1000us): 5A

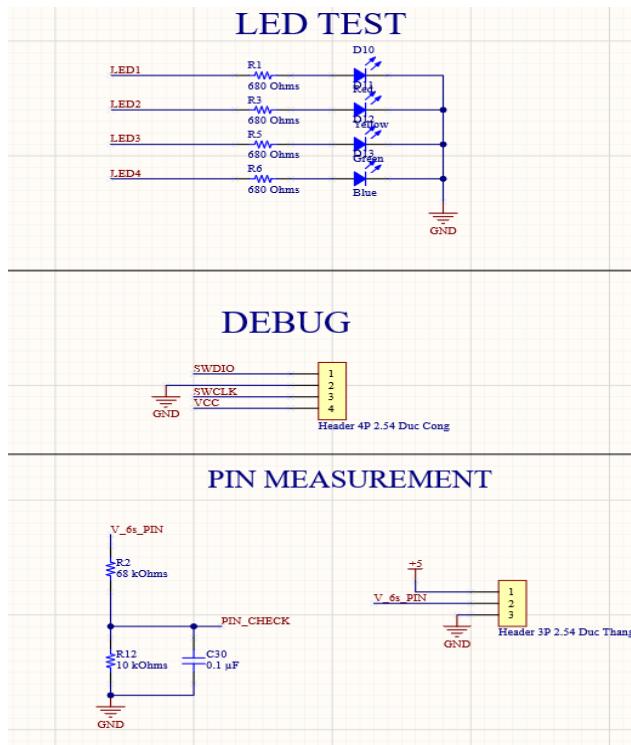
- Nhiệt độ: -40 – 125° C
- Mạch Nguyên Lý
- Khối Điều Khiển



Hình 3-48: Mạch nguyên lý STM32F103C8T6

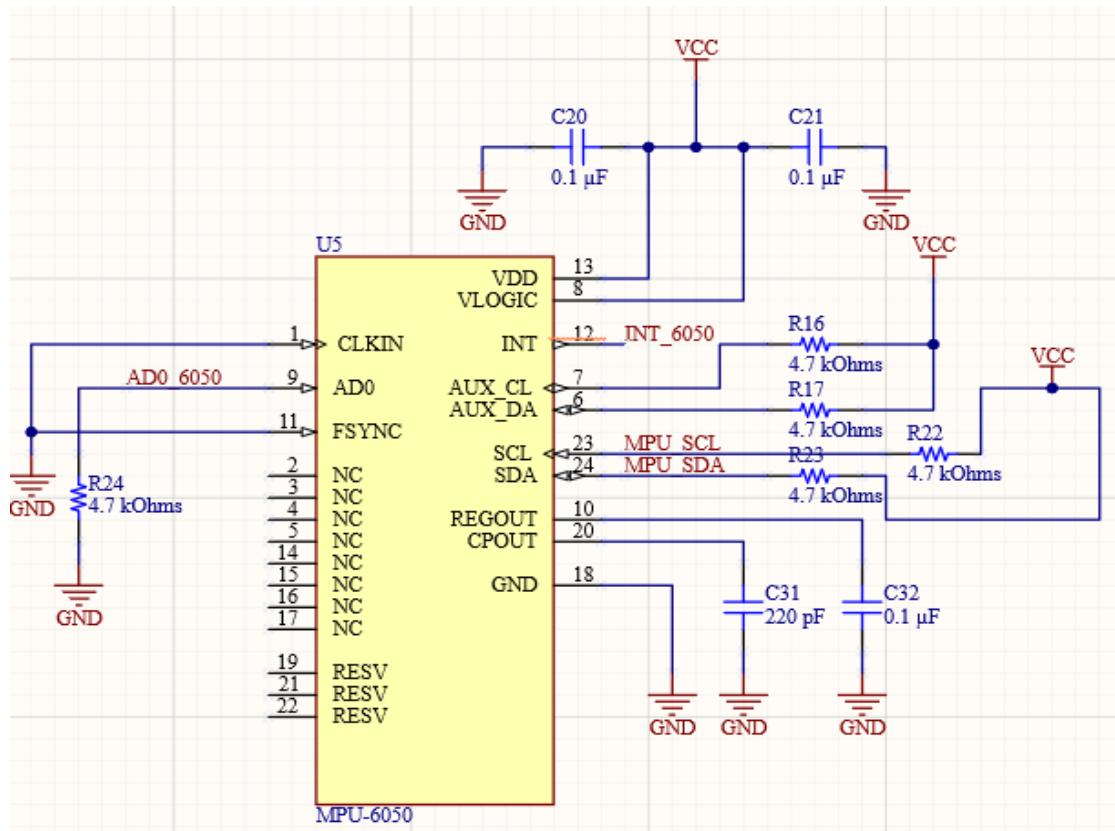
- PA0 đọc ADC để đo PIN.
- PA1-PA4, xuất tín hiệu cho các LED để kiểm tra tín hiệu và debug.
- PA5 – PA6 là xuất các tín hiệu SCK, MOSI, MISO cho bộ điều khiển RF, ngoài ra chân PB0 và PB1 được dùng để làm chân CE và CSN cho bộ điều khiển.
- PA7, PA8, PA15, PB3, PB4, PB5 là các chân xuất tín hiệu PWM cho động cơ giảm tốc và động cơ cánh quạt.
- PA11, PA12 giao tiếp USB, mục đích là để debug, nạp code.
- PB6, PB7 giao tiếp với BME680 qua giao tiếp I₂C .
- PB10, PB11 giao tiếp với MPU6050 qua giao tiếp I₂C .
- Sử dụng thạch anh 8 MHz để tạo dao động, các tụ lọc nguồn và LED để debug code.
- Sử dụng 1 nút nhấn để làm tín hiệu Reset.

- Khởi LED, Debug và chuyển mức đo pin



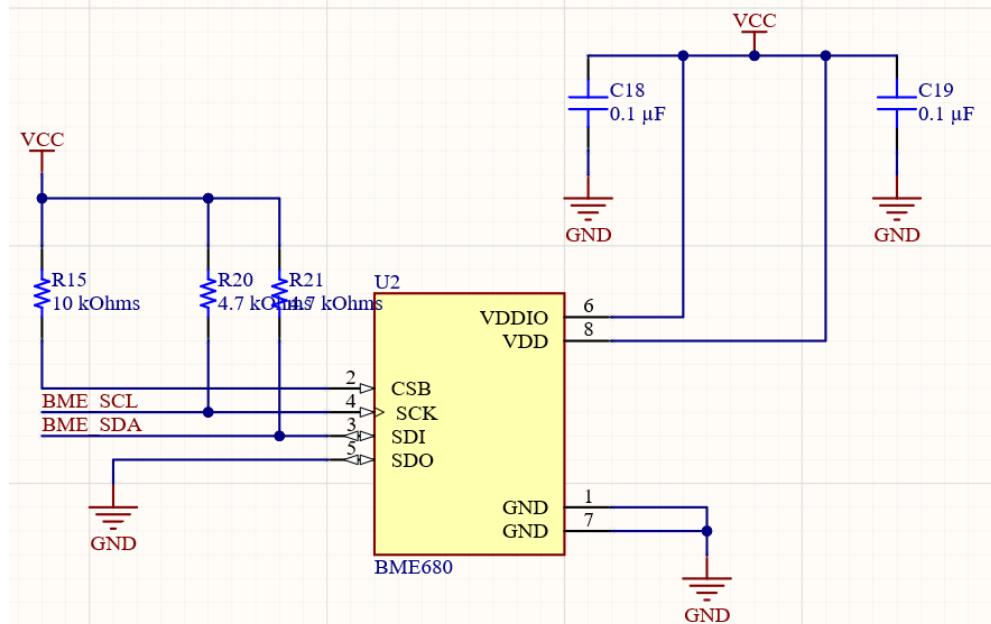
Hình 3-49: Mạch nguyên lý khởi Motor_Driver

❖ Mạch MPU6050



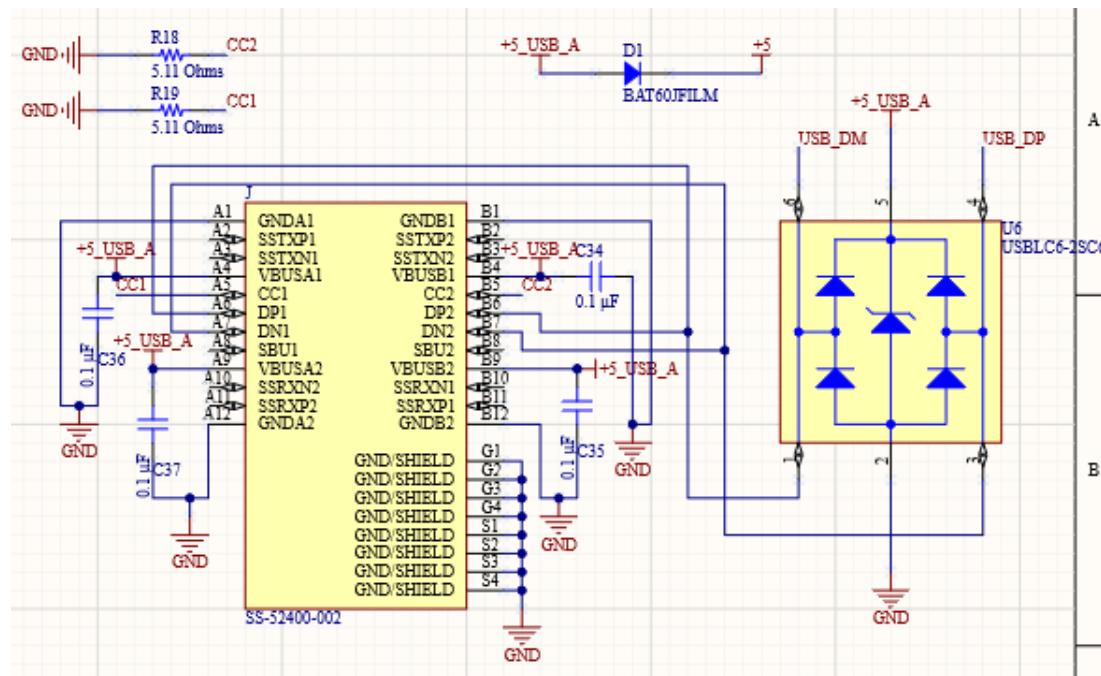
Hình 3-50: Mạch nguyên lý MPU6050

❖ Mạch BME680



Hình 3-51: Mạch nguyên lý BME680

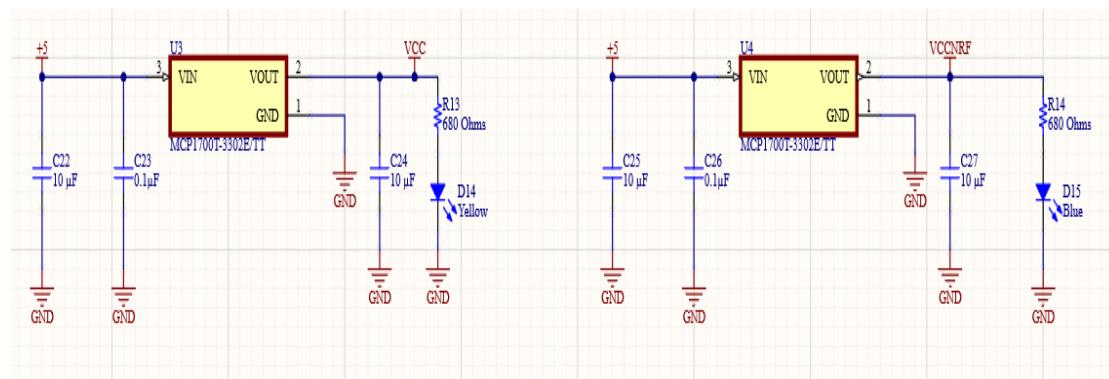
❖ Mạch USB



Hình 3-52: Mạch nguyên lý USB-C

Sử dụng IC USBLCLC6-2SC6, nguyên lý chính là mạch TVS dùng để ngăn ngừa và bảo vệ khỏi ESD (phóng tĩnh điện đột ngột).

❖ Khối nguồn

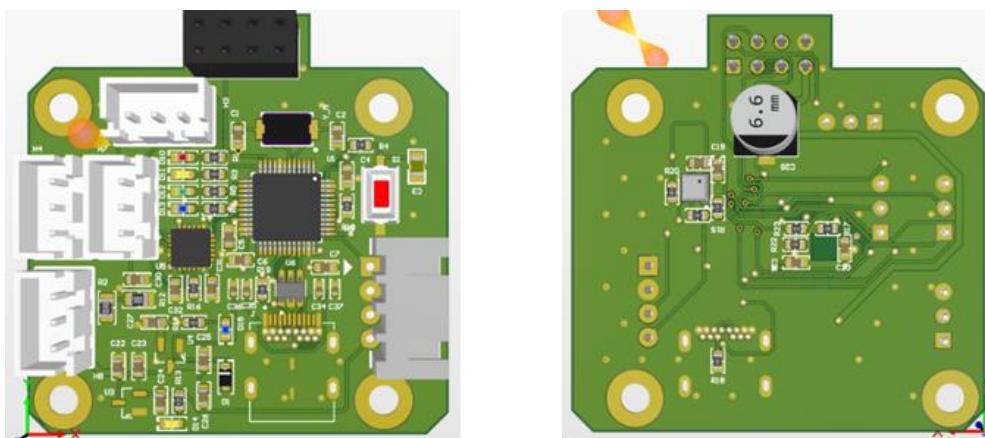


Hình 3-53: Mạch nguyên lý khối nguồn

Mạch được sử dụng IC MCP1700T-3302E/TT để hạ áp từ 5V xuống 3.3V để cấp nguồn cho vi điều khiển và các LED, ở đây sử dụng thêm con LED để báo nguồn.

Do NRF cần nguồn và dòng ổn định, nên sẽ cấp riêng, ta sẽ sử dụng một mạch tương tự

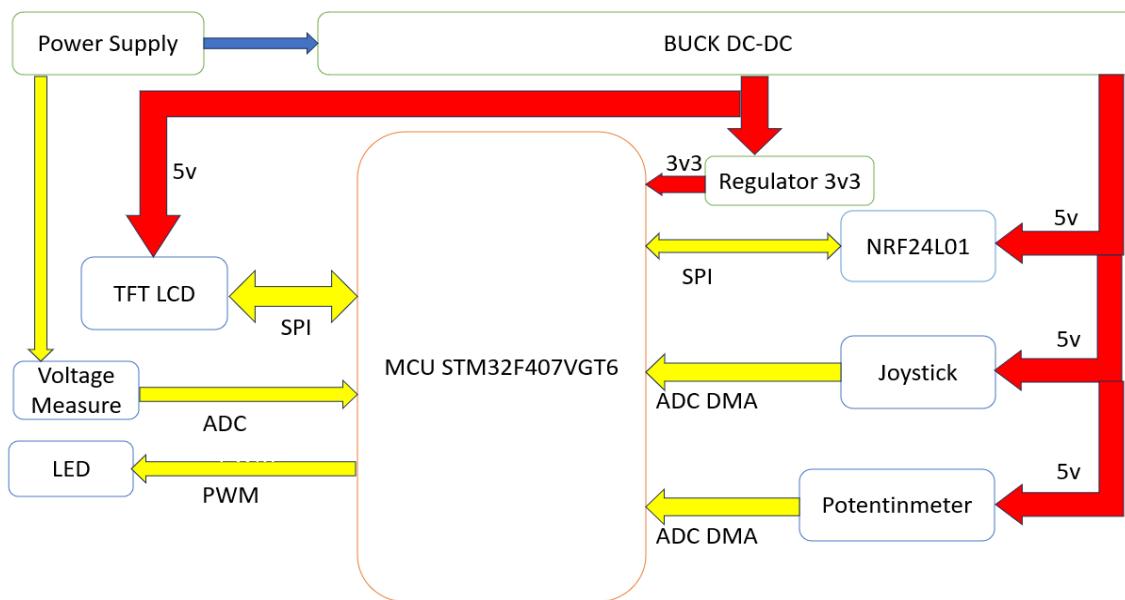
- Mô hình 3D



Hình 3-54: Mô hình 3D

3.5 Mạch điều khiển RF

- Yêu cầu thiết kế
 - Điện áp đầu vào: 12V
 - Dòng điện đầu vào: 100mA – 300mA
 - Sử dụng 3 giao tiếp SPI.
 - Sử dụng 1 giao tiếp USB.
 - Sử dụng 5 ADC để xuất tín hiệu điều xung PWM.
 - Sử dụng 1 ADC để đo PIN
- Sơ đồ mạch Tổng quát

**Hình 3-55: Mạch điều khiển RF**

- Khối MCU trung tâm có chức năng giao tiếp với các ngoại vi, triển khai các thuật toán điều khiển và điều phối mọi hoạt động của hệ thống.
- Sử dụng tín hiệu đọc ADC để xuất giá trị điều xung PWM cho mạch điều khiển động cơ và động cơ quay cánh quạt.
- Sử dụng module RF với giao tiếp SPI để nhận tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển.
- Đọc ADC để đo mức pin tiêu thụ từ mạch nguồn.
- Sử dụng TFT thông qua giao tiếp SPI để xuất các hiển thị như tốc độ động cơ, mức pin, áp suất và hướng con robot
- Ngoài ra còn xuất tín hiệu OUTPUT cho các chân LED để kiểm tra nguồn và debug tín hiệu.
- Lựa chọn linh kiện
 - ❖ STM32F405RGT6

**Hình 3-56: STM32F405RG-T6**

- Thông số kỹ thuật:
 - Nhân xử lý: ARM 32-bit ®Cortex™ – M4
 - Tần số xung: 168 MHz
 - RAM: 192 + 4 Kbytes
 - Flash: 1 Mbytes
 - Chuẩn giao tiếp: 3 I2C, 3 SPI,
 - 64 chân I/O
 - Điện áp: 1.8-3.6V

❖ Cảm biến PAM8403R

**Hình 3-57: PAM8403**

PAM8403 là mạch khuỷch đại âm thanh class D

- Thông số kỹ thuật:
 - Điện áp VDD: 2.5 – 5.5 VDC
 - Imax: 16 mA
 - Hiệu suất hơn: 90%
 - Số kênh: 2 kênh
 - Công suất: 3W/kênh

- Nhiệt độ: -40 – 85° C
- ❖ TP4056 IC Sạc Pin Li-On 1 Cell



Hình 3-58: TPS4056

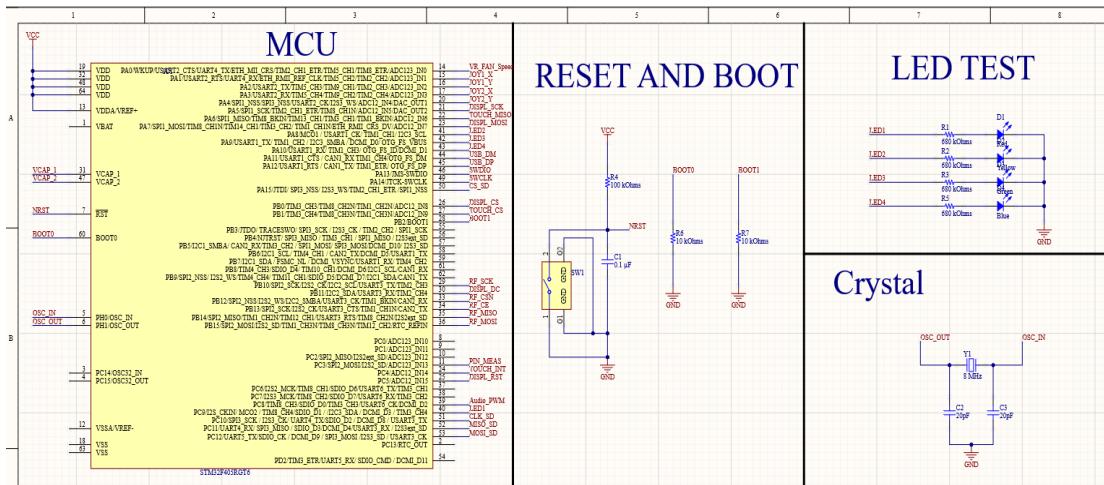
- Thông số kỹ thuật:
 - Số lượng cell: 1
 - Dòng sạc max: 1A
 - Điện áp cấp max: 8V
 - Nhiệt độ hoạt động: -40 – 85° C
- ❖ USBLC6-2SC6 TVS Diode



Hình 3-59: USBLC6-2SC6

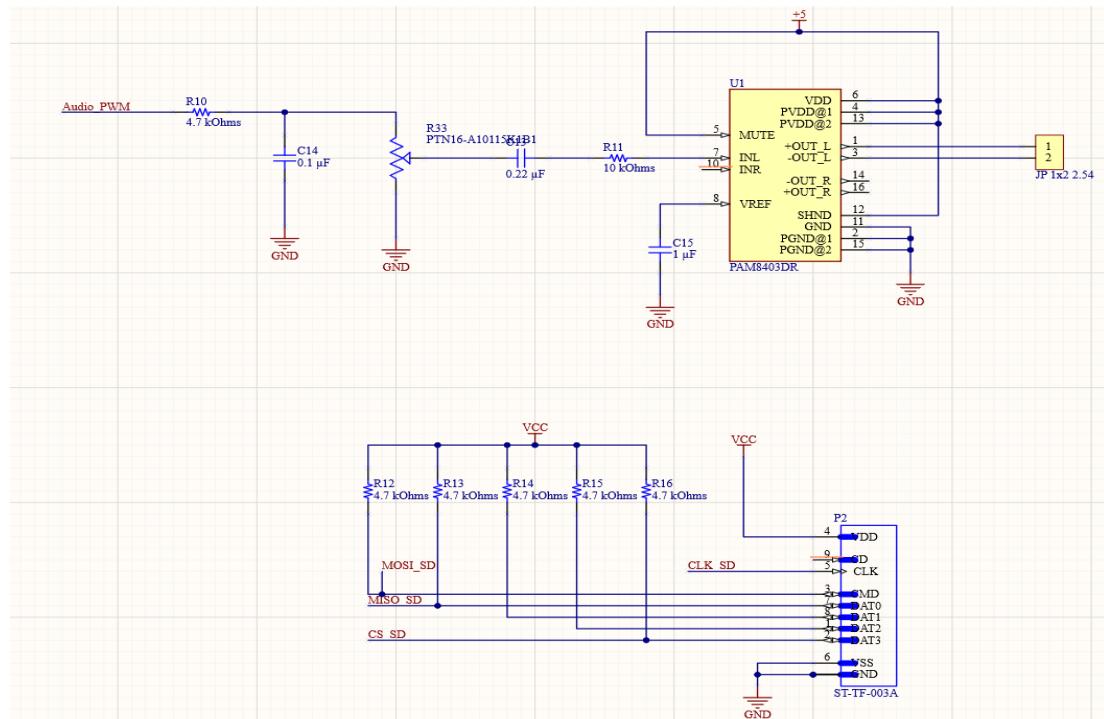
- Thông số kỹ thuật:
 - Điện áp VDDmax: 5.25 VDC
 - Vclimb(max): 17 VDC
 - Imax(10/1000us): 5A
 - Nhiệt độ: -40 – 125° C

- Mạch Nguyên Lý
- ❖ Khối Điều Khiển



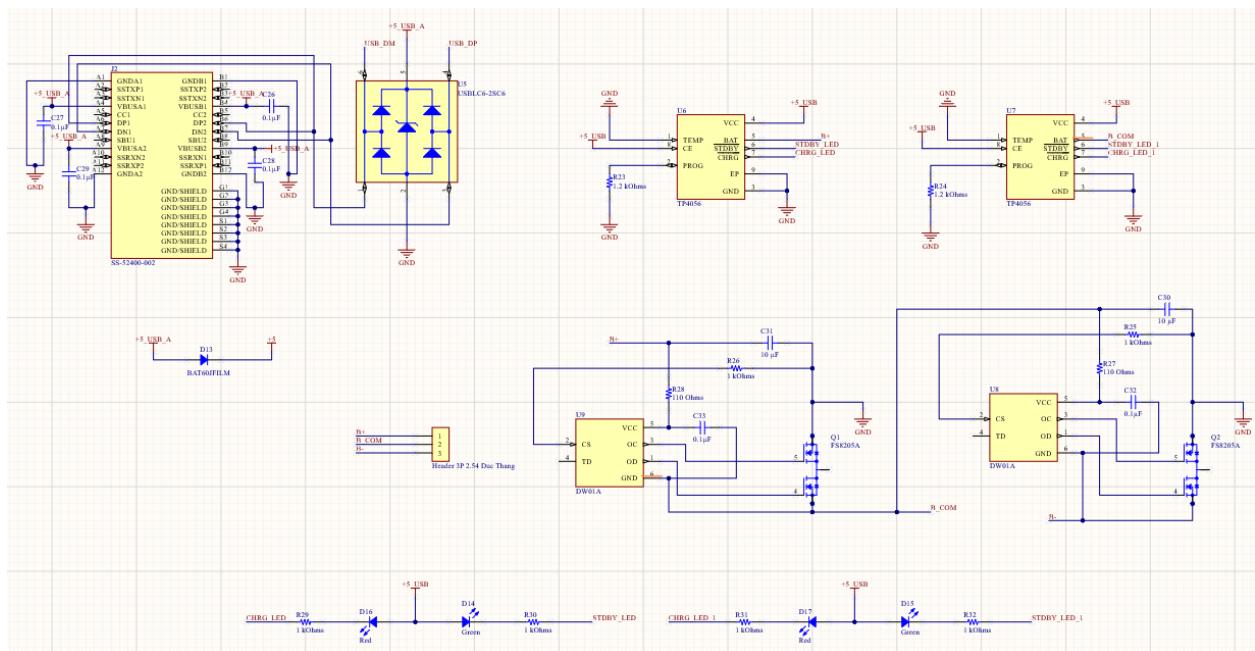
Hình 3-60: Mạch nguyên lý STM32F405RGT6

- PA0 – PA4 đọc ADC từ Joystick và triết áp làm giá trị truyền xung PWM cho động cơ.
- PB14, PB15, PB10 là xuất các tín hiệu SCK, MOSI, MISO cho bộ điều khiển RF, ngoài ra chân PB12 và PB13 được dùng để làm chân CE và CSN cho bộ điều khiển.
- PA5, PA6, PA7, PB0, PB1, PB11, PC4, PC5, PC7 là các chân xuất tín hiệu SPI, PWM và select cho TFT ILI9341.
- PA11, PA12 giao tiếp USB, mục đích là để debug, nạp code.
- PC10, PC11, PC12 và PA15 là các chân cho SD card.
- Sử dụng thạch anh 8 MHz để tạo dao động, các tụ lọc nguồn và LED để debug code.
- Sử dụng 1 nút nhấn để làm tín hiệu Reset.
- ❖ Khởi Audio và SD card



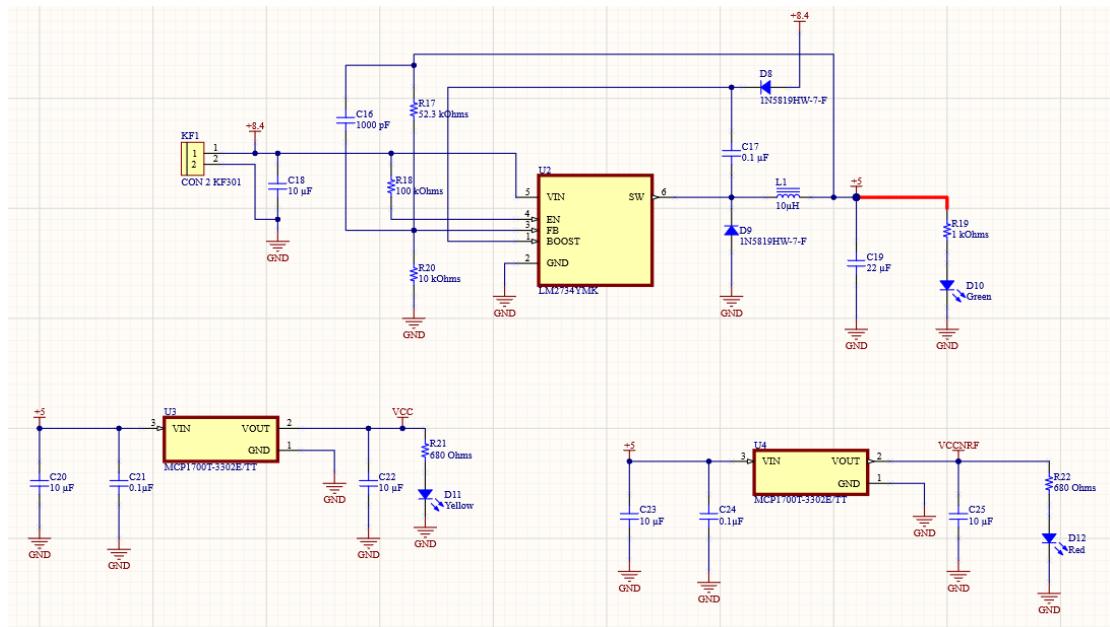
Hình 3-61: Mạch nguyên lý khôi Audio và SD card

❖ Khối USB tích hợp mạch sạc



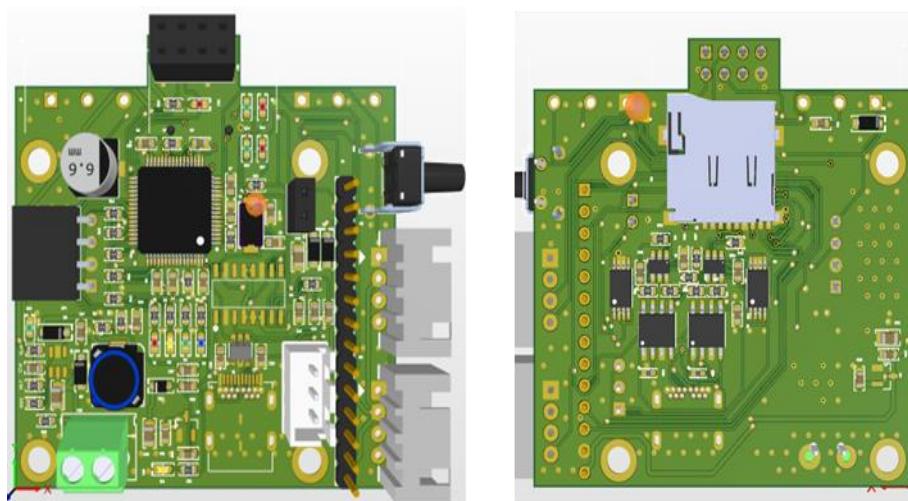
Hình 3-62: Mạch nguyên lý USB và mạch sạc

❖ Khối nguồn



Hình 3-63: Mạch nguyên lý khối nguồn

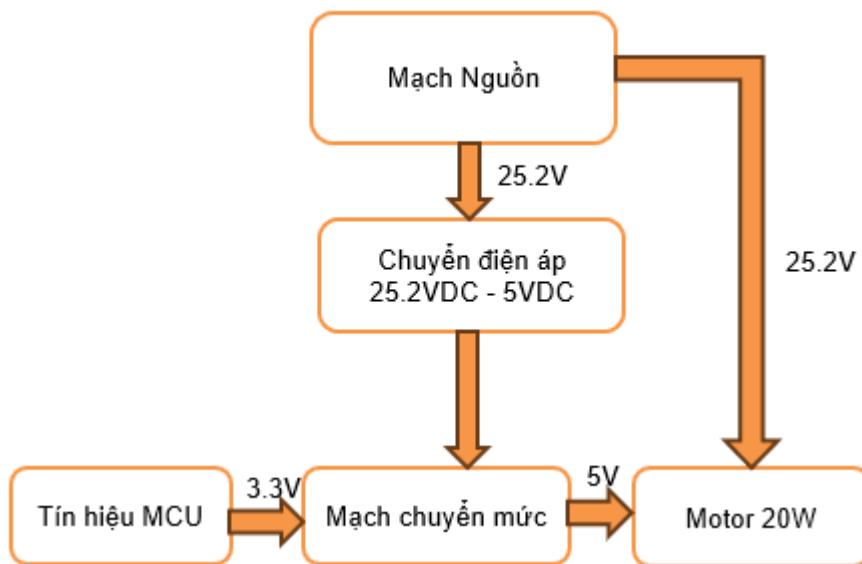
- Sử dụng LM2734YMK để hạ áp từ 8.4V xuống 5V.
- Mạch được sử dụng IC MCP1700T-3302E/TT để hạ áp từ 5V xuống 3.3V để cấp nguồn cho vi điều khiển và các LED, ở đây sử dụng thêm con LED để báo nguồn.
- Do NRF cần nguồn và dòng ổn định, nên sẽ cấp riêng, ta sẽ sử dụng một mạch tương tự
- Mô hình 3D



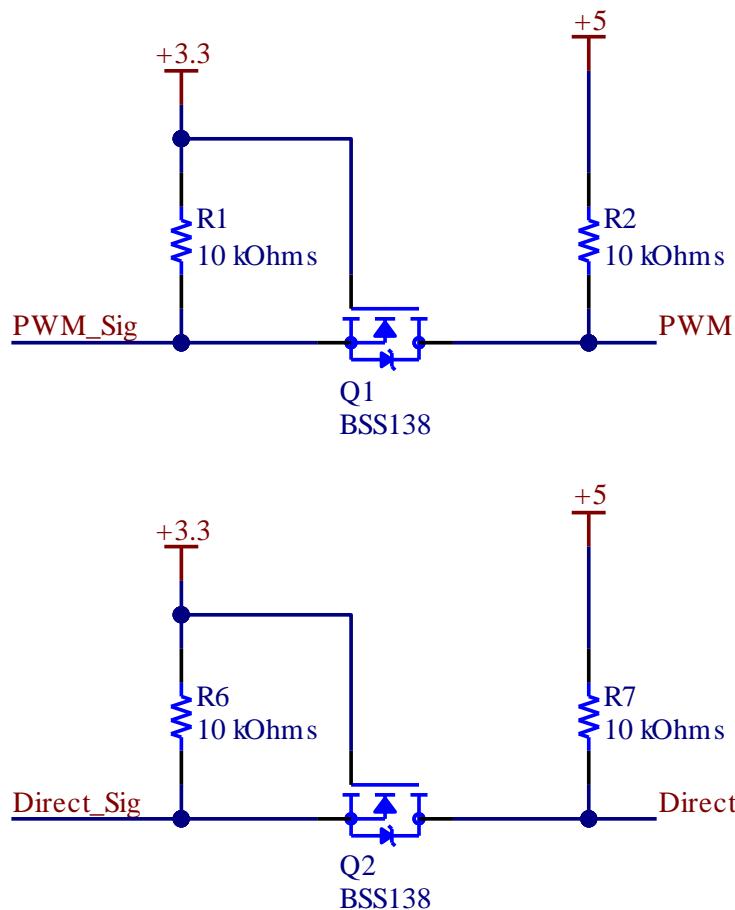
Hình 3-64: Mô hình 3D của mạch điều khiển RF

3.6 Thiết kế mạch điều khiển động cơ quạt

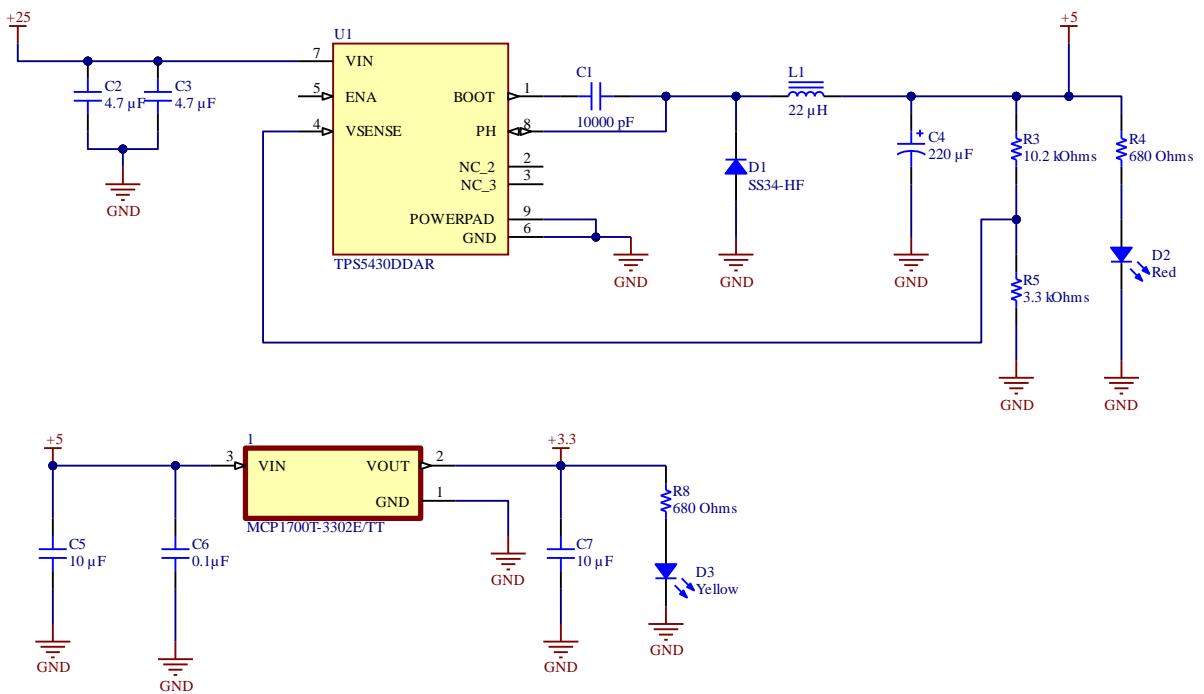
❖ Sơ đồ tổng quát



❖ Mạch chuyển mức



❖ Khối nguồn



3.7 Các linh kiện khác

3.7.1 NRF24L01



Hình 3-65: Module NRF24L01

Module NRF24L01 là một module truyền nhận dữ liệu nâng cao với khả năng kết nối point-to-point (2 node mạng), hoặc network (mạng lưới nhiều node mạng), sử dụng sóng radio 2.4GHz. Vùng hoạt động: Khoảng cách đạt được của module không khuếch đại công suất trong không gian không vật cản là 100m và của module có khuếch đại công suất lên tới 1km.

Thông số kỹ thuật:

- Điện thế hoạt động: 1.9V – 3.6V
- Tần số: 2.4GHz.
- Kiểu điều chế: FSK.
- Truyền được 1000m trong môi trường mở với 250kbps baud.
- Tốc độ truyền dữ liệu qua sóng: 250kbps to 2Mbps.
- Tự động bắt tay (Auto Acknowledge).
- Tự động truyền lại khi bị lỗi (auto Re-Transmit).
- Multiciever – 6 Data pipes

3.7.2 TFT ILI9341



Hình 3-66: Màn LCD TFT ILI9488

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp sử dụng: 3.3~5VDC
- IC Driver hiển thị: ILI9488
- IC Driver cảm ứng: XPT2046
- Chuẩn giao tiếp: SPI
- Kích thước màn hình: 3.5 inch
- Độ phân giải: 320 x 480 pixels
- Hệ màu: RGB 666

3.7.3 GA25-370 Động Cơ Giảm Tốc 12VDC, 58 rpm, Trục 4mm



Hình 3-67: Động cơ DC GA25-370 58rpm

Thông số kỹ thuật:

- Tốc độ quay: 58 rpm
- Điện áp: 12 VDC
- Dòng không tải: 75 mA
- Dòng tối hạn: 1.3A

3.7.4 Động cơ không chổi than 20W



Hình 3-68: Động cơ không chổi than

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp: 12 -24 VDC
- Công suất: 20W

3.7.5 PIN Ovonic 850mAh 6S 100C 22.2V LiPo Battery XT30 / XT60 Plug

**Hình 3-69: Ovonic 850mAh 6S 100C 22.2V**

Thông số kỹ thuật:

- Dung lượng: 850mAh
- Số cell/ Sô Volt: 6S1P / 22.2V / 6Cells
- Dòng xả: 100C
- Dòng xả cực đại: 200C
- Trọng lượng: 145g
- Kích thước: 59mm x 30mm x 45mm (D x R x C)
- Jack sạc : JST-XHR
- Jack xả : XT30

3.7.6 Pin TX 1500mAh 2S 8C 7.4V LiPo Battery

**Hình 3-70: Pin TX 1500mAh 2S 8C 7.4V**

Thông số kỹ thuật:

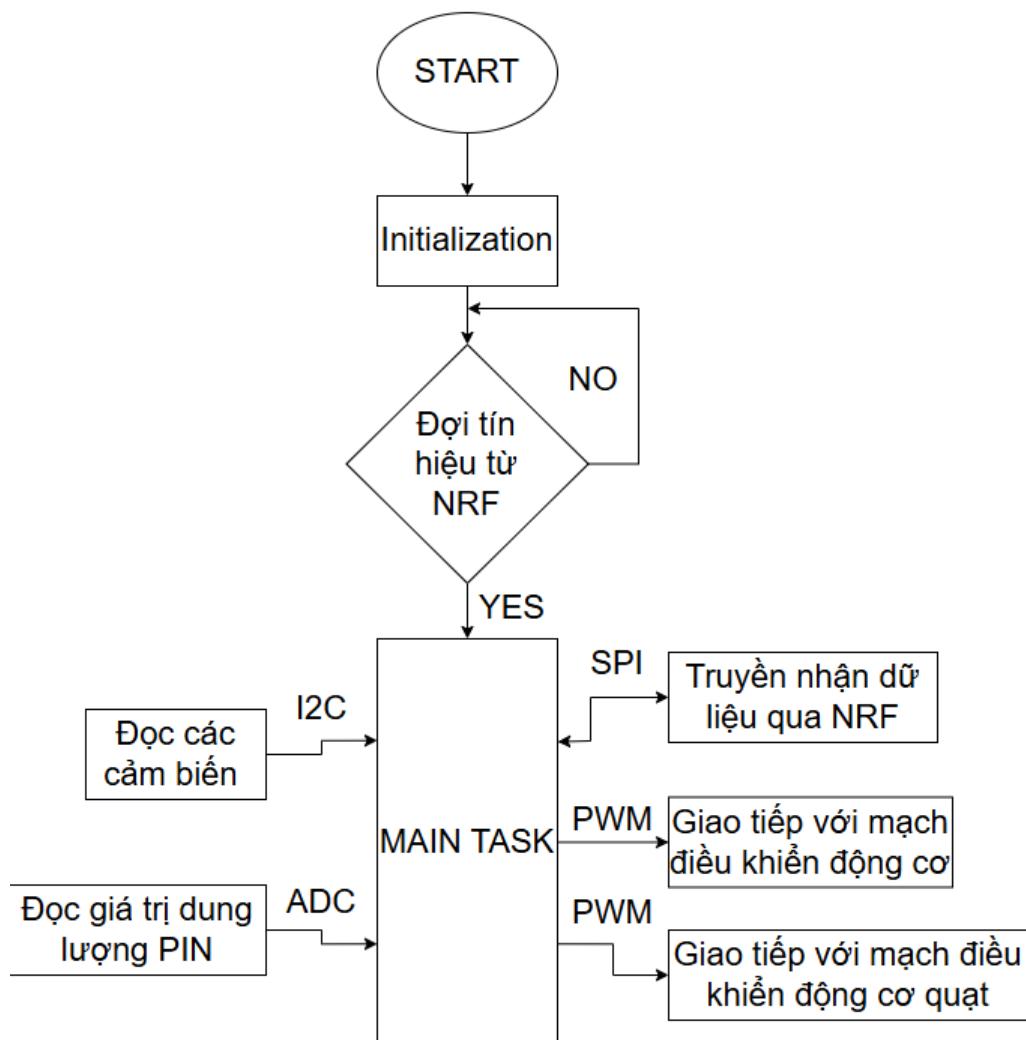
- Dung lượng: 1500mAh
- Số cell/ Sô Volt: 2S / 7.4V / 2Cells

- Dòng xả: 8C
- Trọng lượng: 50g
- Kích thước: 55mm x 30mm x 10mm (D x R x C)
- Jack sạc : JS

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ VÀ THỰC HIỆN PHẦN MỀM

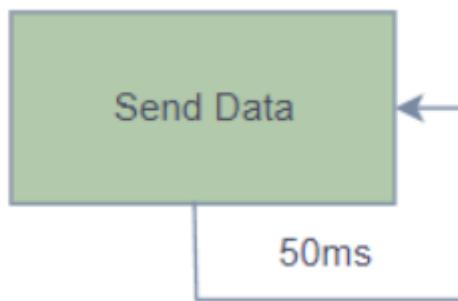
4.1 Mạch điều khiển hệ thống

4.1.1 Lưu đồ giải thuật tổng quát



Hình 4-1: Lưu đồ giải thuật tổng quát

4.1.2 Lưu đồ giải thuật chi tiết



Hình 4-2: Sơ đồ truyền nhận dữ liệu của NRF24L01

NRF truyền và thu nhận sau mỗi ms. Sau khi hoàn thành việc gửi dữ liệu thì lập tức chuyển về chế độ

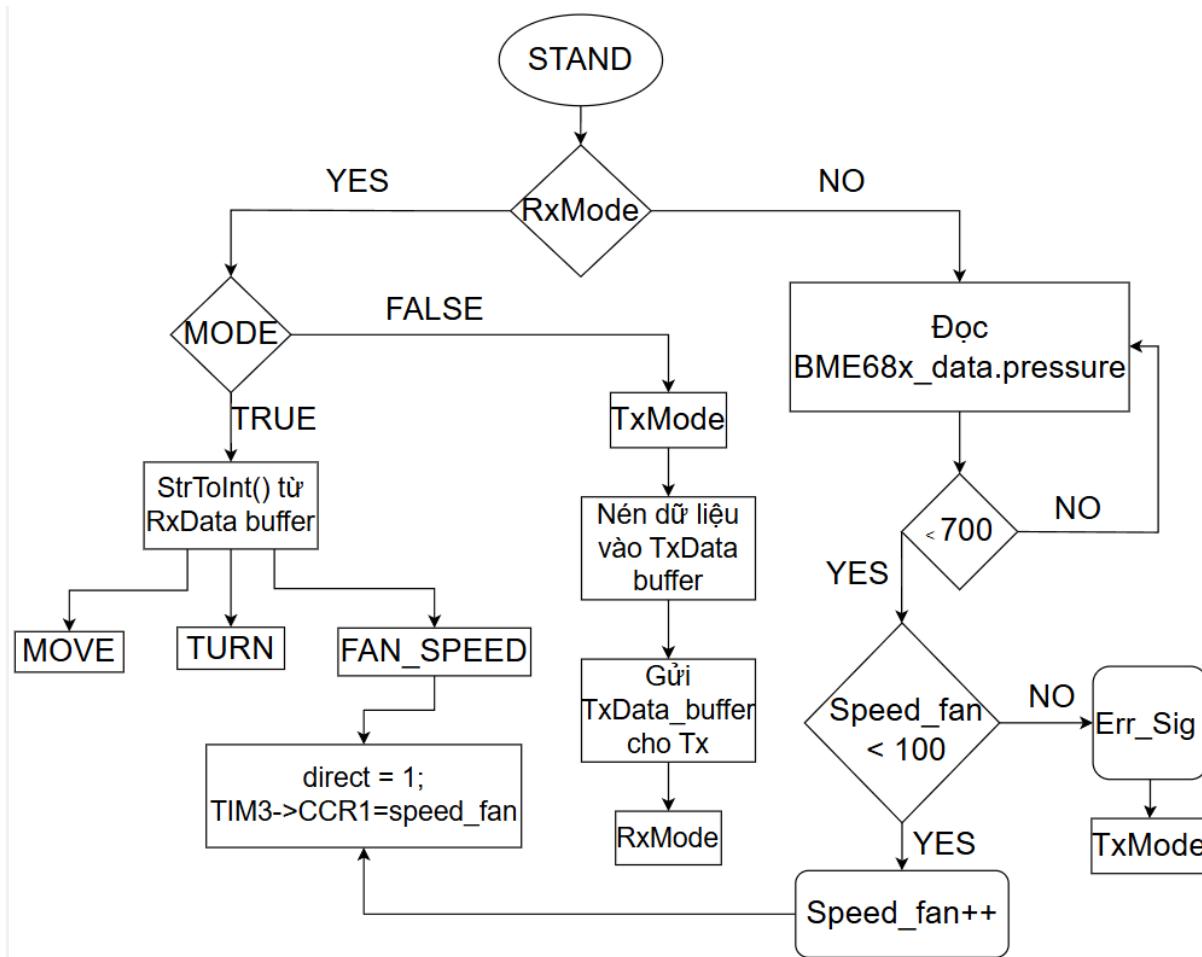
- Khung truyền và nhận dữ liệu:
- Khung nhận dữ liệu:

Tốc độ động cơ DC	Hướng Robot	Tốc độ động cơ quạt
-------------------	-------------	---------------------

- Khung truyền dữ liệu

Áp suất	Hướng theo trực X	Hướng theo trực Y
---------	-------------------	-------------------

4.1.3 Lưu đồ hệ thống

**Hình 4-3: Lưu đồ giải thuật điều khiển hệ thống**

Khi nhận dữ liệu từ bộ điều khiển RF:

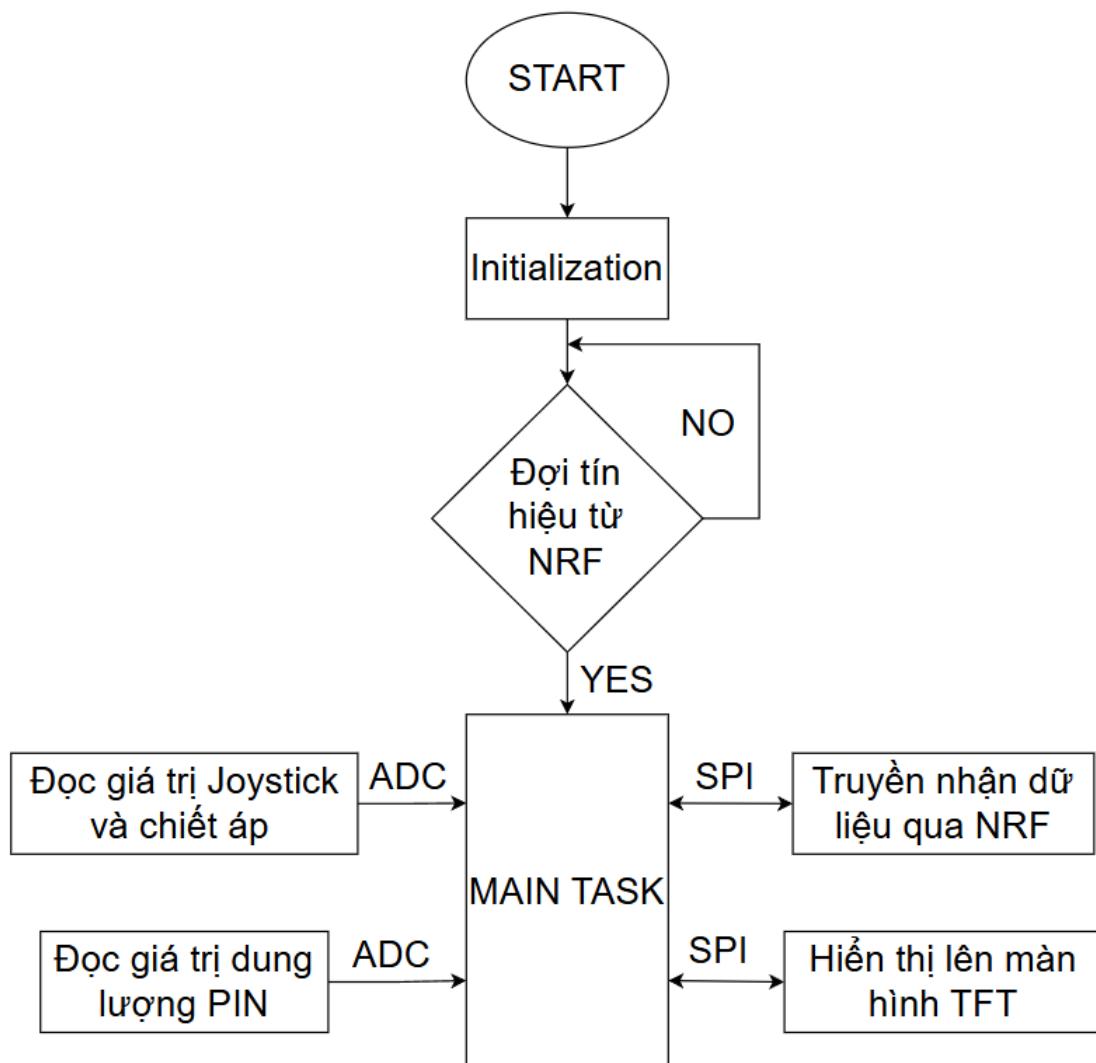
- Sau khi nhận Frame từ bộ điều khiển RF, sẽ đưa vào bộ xử lý để tiến hành giải nén và sử dụng 3 biến để gán: tốc độ động cơ DC, hướng Robot và tốc độ động cơ quạt
- Sau đó sẽ đưa vô hàm kiểm tra động cơ và kiểm tra hướng, nếu hướng và động cơ đúng giá trị mong muốn sẽ đưa vô các thanh ghi Timer và gán vô hàm truyền cho mạch điều khiển động cơ.

Khi truyền dữ liệu cho bộ điều khiển RF:

- Đọc giá trị từ cảm biến MPU6050 để lấy vị trí theo trục x và trục y sau mỗi 1ms và cảm biến BME680 để lấy giá trị áp suất sau mỗi 1ms.
- Sau đó dữ liệu từ 2 cảm biến sẽ được nén lại thành khung truyền như ở trên và sẽ truyền cho bộ điều khiển sau mỗi 50ms.

4.2 Mạch của bộ điều khiển

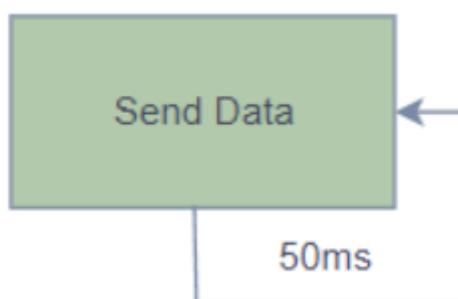
4.2.1 Lưu đồ giải thuật tổng quát



Hình 4-4: Lưu đồ giải thuật tổng quát

4.2.2 Lưu đồ giải thuật chi tiết

4.2.2.1 NRF24L01



Hình 4-5: Sơ đồ truyền nhận dữ liệu của NRF24L01

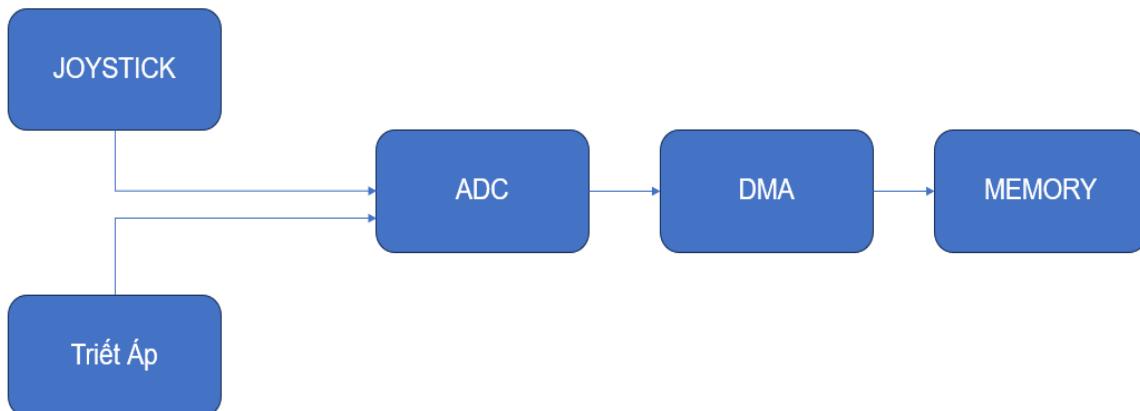
- ❖ NRF truyền và nhận sau mỗi ms. Sau khi hoàn thành việc gửi dữ liệu thì lập tức chuyển về chế độ thu.
- ❖ Khung truyền và nhận dữ liệu:
- Khung truyền dữ liệu:

Tốc độ động cơ DC	Hướng Robot	Tốc độ động cơ quạt
----------------------	----------------	------------------------

- Khung nhận dữ liệu

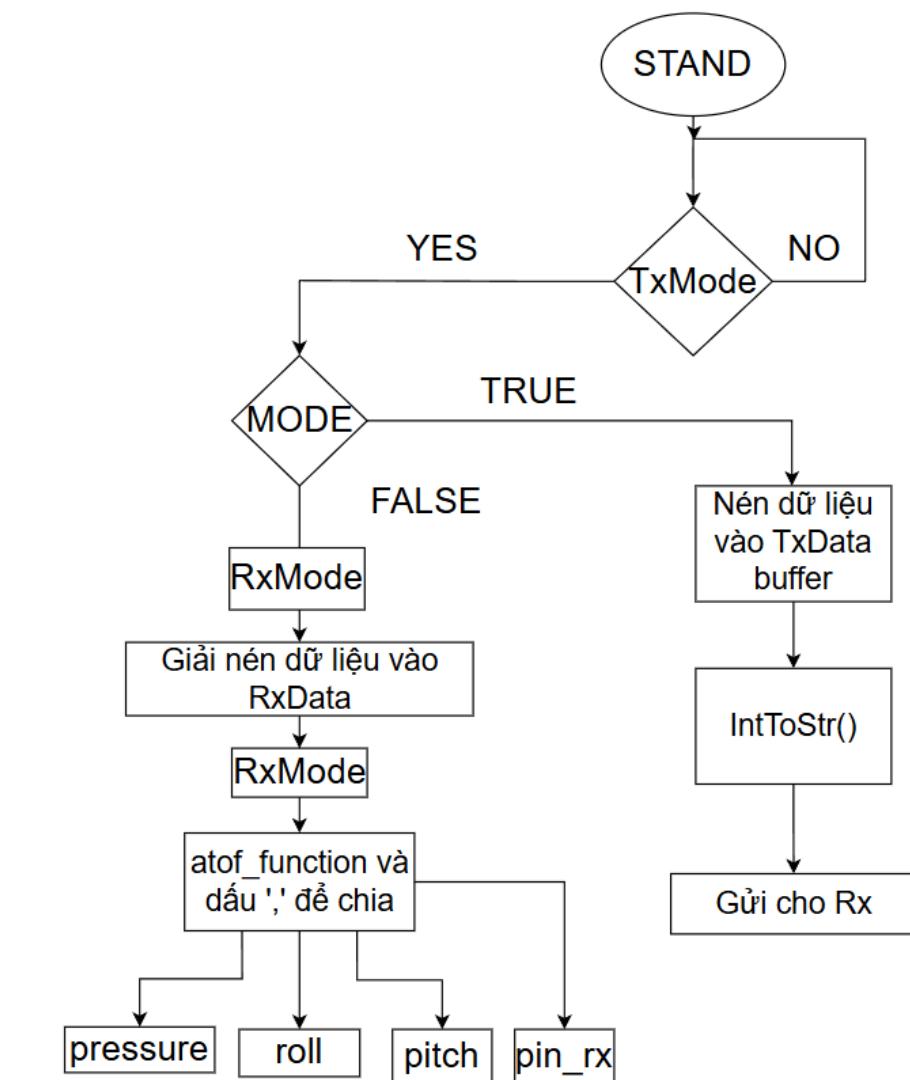
Áp suất X	Hướng theo trực X	Hướng theo trực Y
--------------	----------------------	----------------------

4.2.2.2 Joystick và Triết áp

**Hình 4-6: Nguyên lý hoạt động của Joytick**

- ❖ Đọc ADC và sử dụng DMA để đưa dữ liệu vào bộ nhớ đệm

4.2.3 Lưu đồ hệ thống

**Hình 4-7: Lưu đồ hệ thống của bộ điều khiển**

Khi nhận dữ liệu từ mạch điều khiển hệ thống

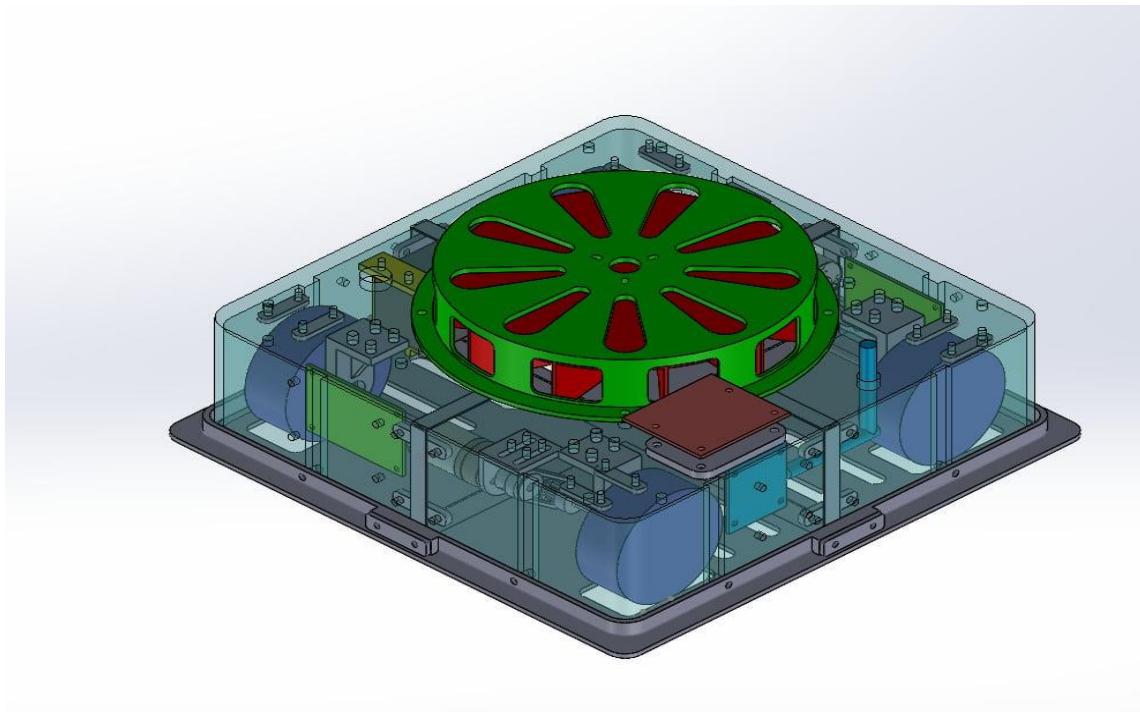
- Sau khi nhận Frame từ bộ điều khiển RF, sẽ đưa vào bộ xử lý để tiến hành giải nén và sử dụng 3 biến để gán: áp suất, hướng theo trục x, hướng theo trục y.
- Sau đó hiển thị các biến lên màn hình TFT.

Khi truyền dữ liệu cho mạch điều khiển RF

- Đọc giá trị từ Joystick và triết áp, MCU sẽ tiến hành nén dữ liệu thành khung truyền, khung truyền sẽ được đưa vào buffer và khi buffer đầy data sẽ tiến hành truyền cho mạch điều khiển RF.

CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ THỰC HIỆN

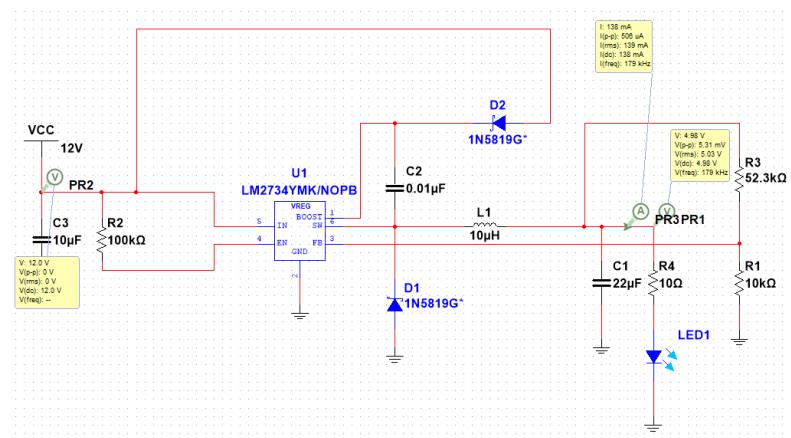
5.1. Mô hình trên Solidworks



Hình 5-1: Mô hình 3D trên Solidworks

5.2. Kết quả mô phỏng

5.2.1 Mô phỏng mạch nguồn LM2734YM/K



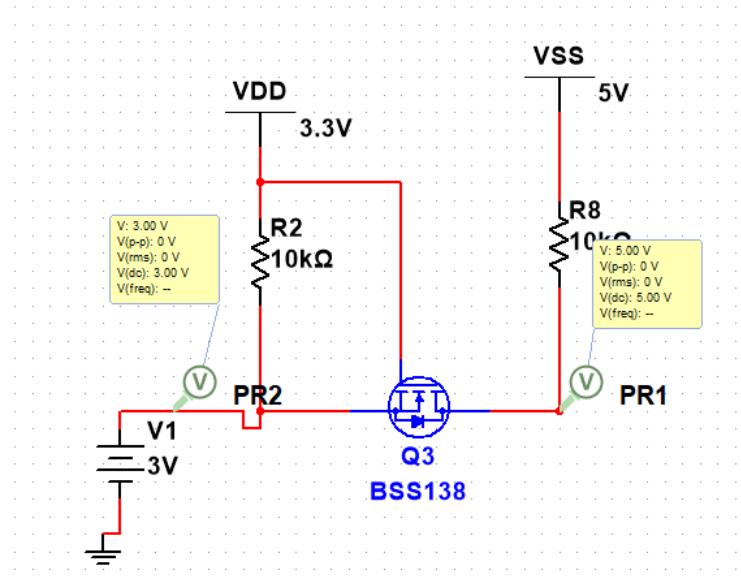
Hình 5-2: Mô phỏng mạch nguồn LM2374YM/K

- Điện áp đầu vào: 12V

- Điện áp đầu ra: 5V

Nhận xét: Điện áp đầu ra theo mô phỏng đúng với yêu cầu đề ra đối với thiết kế

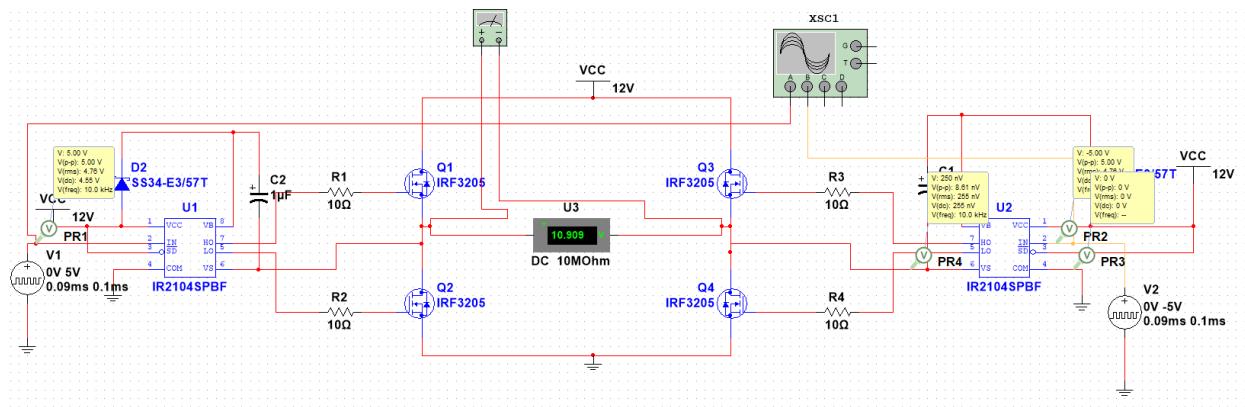
5.2.2 Mô phỏng mạch chuyển mức BSS138



Hình 5-3: Mô phỏng mạch chuyển mức BSS138

Nhận xét: với điện áp đầu vào 3v tương đương với điện áp của Vi điều khiển và đầu ra 5V để cấp cho mạch => đúng với yêu cầu thiết kế

5.2.3 Mô phỏng mạch cầu H



Hình 5-4: Mô phỏng mạch cầu H

Nhận xét với điện áp đầu ra sai lệch $\pm 5\%$ so với mong muốn.

5.3. Kết quả thực tế

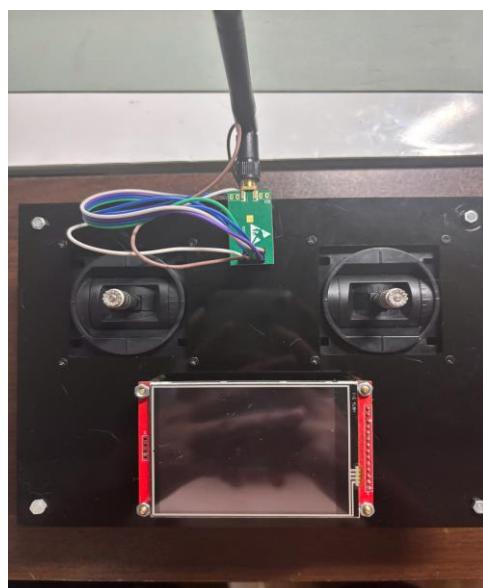
5.3.1 Mô hình thực tế

- Mô hình hệ thống



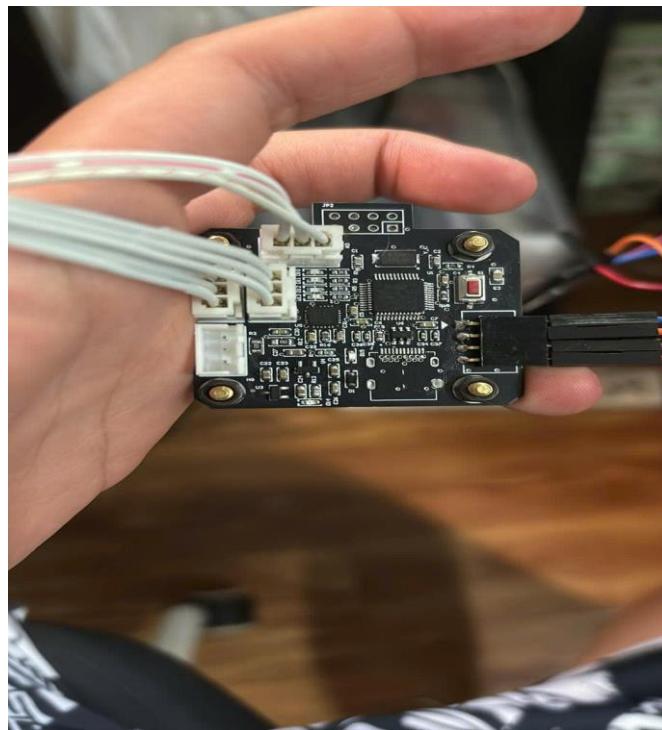
Hình 5-5: Mô hình hệ thống thực tế

- Mô hình bộ điều khiển thực tế

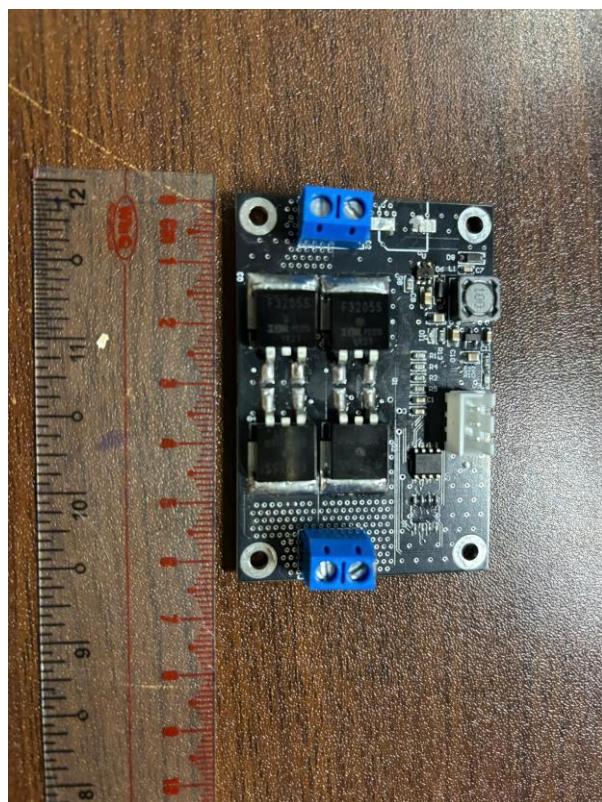


Hình 5-6: Mô hình bộ điều khiển

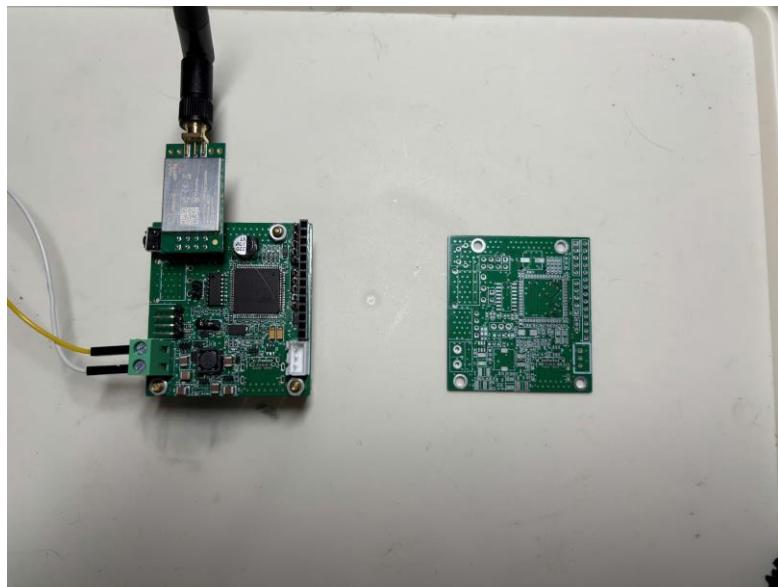
5.3.2 Mạch PCB thực tế



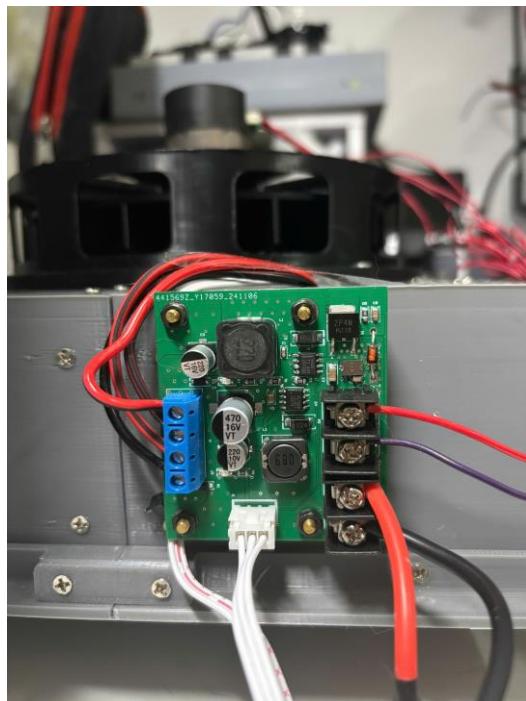
Hình 5-7: Mạch bộ điều khiển hệ thống



Hình 5-8: Mạch điều khiển động cơ



Hình 5-9: Mạch điều khiển RF

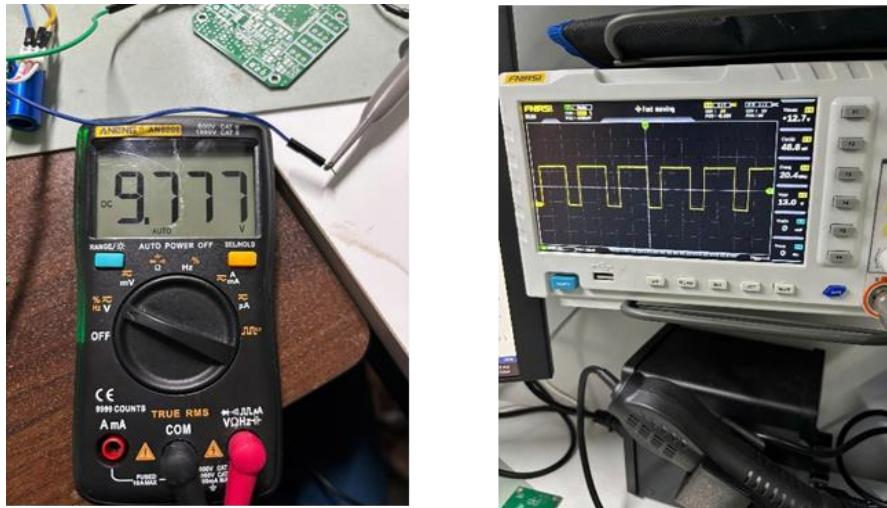


Hình 5-10: Mạch nguồn

5.4. Kết quả đo

Kết quả đo được khi mạch điều khiển động cơ hoạt động:

- Băm xung 70%:



Hình 5-11: Băm xung 70%

- Băm xung 90%:



Hình 5-12: Băm xung 90%

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN

6.1 Kết luận

- Chưa hoàn thiện thiết kế in 3D hoàn hảo nhất và mạch vẫn chưa trả về kết quả đúng như kỳ vọng.
- Với mạch điều khiển hệ thống và mạch cho bộ điều khiển RF cơ bản đã hoàn thành những tính năng đề ra, hoạt động tương đối ổn định. Tuy nhiên vẫn có một số vấn đề về hiệu suất sử dụng chưa được cao.
- Bánh xe với lốp cao su vẫn chưa có được độ bám tốt nhất, robot vẫn còn trượt và chưa hoạt thực sự bám tốt

6.2 Hướng phát triển

- Nâng cấp bộ lọc và hoàn thiện bộ lọc để được tín hiệu đầu ra một cách hoàn hảo nhất
- Chọn vật liệu làm lốp có độ dính tường tốt và động cơ thực sự mạnh để tạo ra mô hình có độ bám tường tốt nhất.
- Thiết kế mạch điều khiển hệ thống có khả năng tự động cân chỉnh sức hút của quạt để có thể khiến robot di chuyển một cách tốt nhất.
- Đề xuất nghiên cứu chuyên sâu về động lực và thiết kế hệ thống điều khiển cân bằng bền vững có miền làm việc rộng hơn nhằm nâng cao tính ổn định trong nhiều môi trường hoạt động khác nhau như có gió lớn, nhiễu động mạnh, ...

PHỤ LỤC

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Giáo trình *Embedded System Design* (2020), Đại học Bách Khoa, Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [2] Giáo trình Điện tử công suất IIA, Đại học Bách Khoa, Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [3] Design and optimization of wall-climbing robot impeller by genetic algorithm based on computational fluid dynamics and kriging model.
- [4] Design of a Negative Pressure Absorption Wall-Climbing Robot with the COS-II System
- [5] Calculating Power Dissipation for a H-Bridge or Half Bridge Driver
- [6] Bootstrap Circuitry Selection for Half-Bridge Configurations
- [7] Modeling of vacuum grippers for the design of energy efficient vacuum-based handling processes