

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

THIẾT KẾ HỆ THỐNG MÔ HÌNH TÀU NGẦM SỬ DỤNG ĐIỀU KHIỂN TỪ XA

ĐẶNG DUY LONG

long.dd181588@sis.hust.edu.vn

Ngành KT Điều khiển & Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: TS. Trần Thị Anh Xuân

Chữ ký của GVHD

Khoa: Tự động hóa

Trường: Điện – Điện tử

HÀ NỘI, 8/2023

**NHIỆM VỤ
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

Họ và tên sinh viên: Đặng Duy Long

Khóa 63 Trường: Điện- Điện tử

Ngành: KT ĐK & TĐH

1. Tên đề tài:

Thiết kế hệ thống mô hình tàu ngầm sử dụng điều khiển từ xa

2. Nội dung đề tài:

Thiết kế phần cứng và phần mềm cho mô hình tàu ngầm:

- Hệ thống mô hình hoạt động cho bài toán nghiên cứu: gồm phần cơ khí và phần điện.
- Điều khiển tàu ngầm dùng điều khiển từ xa: điều khiển tàu đi thẳng, đi lùi, rẽ trái, rẽ phải,có 2 chức năng hoạt động chính: tàu khi nổi và tàu khi lặn.
- Thủ nghiệm và đánh giá kết quả: lắp ráp mạch điều khiển với các động cơ vào trong khoang tàu, từ đó truyền tín hiệu không dây ra ngoài để có thể điều từ xa thông qua một bo mạch cầm tay.

3. Thời gian giao đề tài: 04/2023

4. Thời gian hoàn thành: 08/2023

Ngày..... tháng năm 2023

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

Lời cảm ơn

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành và sự tri ân sâu sắc với những thầy cô của đại học Bách Khoa Hà Nội nói chung và trường Điện-Điện tử nói riêng, đặc biệt là thầy cô khoa Tự động hóa em đang học tập đã tạo điều kiện để em đi thực tập và có thời gian để làm đồ án. Em xin chân thành cảm ơn cô Ts. Trần Thị Anh Xuân đã hướng dẫn, chỉ bảo tận tình để em hoàn thành được đồ án của mình. Bên cạnh đó, cảm ơn lab BK-Tech cùng với anh Nguyễn Anh Du và toàn thể mọi người trong lab đã góp ý để em hoàn thành được đồ án này.

Trong quá trình làm đồ án chắc chắn em còn mắc phải nhiều sai sót rất nhiều mong các thầy cô bỏ qua. Đồng thời, với kinh nghiệm và kiến thức còn hạn chế em xin sự đóng góp từ thầy cô để đồ án của em được hoàn thiện hơn. Em xin chân thành cảm ơn!

Tóm tắt nội dung đồ án

Với đề tài đồ án của em là: *Thiết kế hệ thống mô hình tàu ngầm sử dụng điều khiển từ xa*

1. Lên ý tưởng :

Tìm hiểu các giao thức, tần số, bước sóng của các giao tiếp không dây để có thể truyền qua hai môi trường nước và không khí. Thiết kế mô hình tàu ngầm để có thể lặn xuống và di chuyển dưới nước.

2. Phương pháp thực hiện:

Phản thực hiện của em chia làm 3 phần chính:

- Phần thứ nhất là thiết kế mô hình. Em lựa chọn vật liệu là nhựa in 3D do chi phí rẻ, dễ gia công theo ý muốn và có khả năng sửa chữa dễ dàng hơn so với các vật liệu khác. Tiếp đó em tính toán và lựa chọn các loại động cơ trong mô hình để phù hợp cho việc di chuyển, lặn xuống và nổi lên, đánh lái thân tàu. Phần mềm em sử dụng là Solidworks.
- Phần thứ hai là thiết kế mạch. Em thiết kế 2 mạch bao gồm: Mạch điều khiển tàu ngầm và mạch điều khiển từ xa. Cả hai mạch đều có truyền không dây để có thể nhận tín hiệu từ nhau. Loại truyền không dây em sử dụng là IC nrf24l01 có PA + LNA với tác dụng khuyếch đại công suất và có thể truyền được xa hơn. Cả 2 mạch này em thiết kế trên phần mềm Altium và tính toán các linh kiện dựa trên datasheet.
- Phần thứ ba là lập trình và thử nghiệm. Em lập trình cho mạch điều khiển tàu ngầm các chức năng cơ bản trước, đồng thời nối thêm 1 connector lên thân trên của tàu để các chức năng debug. Mạch điều khiển từ xa em lập trình các nút nhấn và joystick để điều khiển mạch điều khiển tàu và nhận được các thông số về gia tốc góc cũng như các trạng thái khác có trên tàu.

3. Kết quả đồ án:

Đồ án của em đã hoàn thiện được sản phẩm mô hình, thiết kế mạch và lập trình firmware cho cả hai mạch điều khiển. Tàu ngầm có thể di chuyển và điều khiển từ xa theo ý muốn. Tuy nhiên do khối lượng bom nước vào trong khoang tàu so với tổng khối lượng tàu còn chênh lệch quá nhiều dẫn đến tàu chưa thể chìm hẳn xuống dưới nước.

Sinh viên thực hiện
Ký và ghi rõ họ tên

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN ĐỀ TÀI	1
1.1 Giới thiệu chung.....	1
1.1.1 Lịch sử phát triển	1
1.1.2 Tầm quan trọng của tàu ngầm.....	1
1.1.3 Nguyên lý hoạt động của tàu ngầm.....	2
1.2 Các vấn đề đặt ra	3
1.2.1 Thiết kế cơ khí	3
1.2.2 Thiết kế mạch điện.....	3
1.2.3 Lập trình	4
1.3 Phạm vi và giới hạn của đề tài	4
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	5
2.1 Cơ sở lý thuyết về tàu ngầm.....	5
2.1.1 Nguyên lý lặn của tàu ngầm.....	5
2.1.2 Nguyên lý di chuyển tịnh tiến của tàu ngầm.....	5
2.1.3 Nguyên lý đánh lái của tàu ngầm.....	6
2.2 Cơ sở lý thuyết của Radio Frequency	8
2.2.1 Cơ sở lý thuyết về truyền không dây	8
2.2.2 So sánh và lựa chọn công nghệ truyền không dây.....	12
2.2.3 Module NRF24L01 + PA+LNA	12
2.3 Kết luận chương 2	20
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ MẠCH ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG	21
3.1 Thiết kế mô hình	21
3.1.1 Nguyên lý lặn được sử dụng trong đề tài	21
3.1.2 Lựa chọn động cơ cho di chuyển tịnh tiến.....	23
3.1.3 Lựa chọn động cơ cho cánh lái	25
3.1.4 Sắp xếp thiết bị trong các khoang của tàu ngầm.....	26
3.1.5 Kết luận mô hình.....	30
3.2 Thiết kế mạch điều khiển ngầm	30
3.2.1 Sơ đồ khói	31
3.2.2 Sơ đồ nguyên lý	31
3.2.3 Thiết kế PCB.....	52

3.3	Thiết kế mạch điều khiển từ xa	56
3.3.1	Sơ đồ khói	56
3.3.2	Sơ đồ nguyên lý	57
3.3.3	Thiết kế PCB	65
3.4	Thiết kế vỏ hộp.....	66
3.5	Kết luận chương 3	68
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM HỆ THỐNG.....		69
4.1	Thiết kế giao diện điều khiển	69
4.1.1	Giới thiệu màn hình HMI.....	69
4.1.2	Thiết lập cho màn hình HMI.....	70
4.2	Lưu đồ hoạt động	73
4.2.1	Lưu đồ hoạt động cho mạch điều khiển từ xa.....	73
4.2.2	Lưu đồ giải thuật cho mạch điều khiển tàu ngầm.....	76
4.3	Kết luận chương 4	77
CHƯƠNG 5. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ.....		78
5.1	Thử nghiệm mô hình	78
5.2	Thử nghiệm phần cứng	81
5.2.1	Kiểm tra hoạt động các khối nguồn	82
5.2.2	Kiểm tra các hoạt động của mỗi module	83
5.3	Lắp ráp và thử nghiệm toàn bộ	85
5.4	Đánh giá kết quả.....	87
KẾT LUẬN VÀ PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN		88
Kết luận		88
Phương hướng phát triển.....		88
TÀI LIỆU THAM KHẢO		89

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Chiếc tàu ngầm do Robert Fulton thiết kế năm 1806	1
Hình 1.2 Tàu ngầm Hải quân Việt Nam	2
Hình 1.3 Nước được bơm giữa hai lớp vỏ giúp tàu chìm xuống	3
Hình 2.1 Chân vịt 4 cánh.....	6
Hình 2.2 Các loại bánh lái.....	7
Hình 2.3 Khi bánh lái ở vị trí giữa	8
Hình 2.4 Khi cánh lái nghiêng sang bên phải	8
Hình 2.5 Bluetooth	9
Hình 2.6 Radio Frequency	10
Hình 2.7 Bước sóng của hồng ngoại	11
Hình 2.8 Công nghệ zigbee	11
Hình 2.9 IC NRF24L01	13
Hình 2.10 Sơ đồ khói IC NRF24L01	14
Hình 2.11 Sơ đồ chân nRF24L01	14
Hình 2.12 IC RFX2401C	18
Hình 2.13 Bảng điều khiển logic của IC RFX2401C	18
Hình 2.14 Sơ đồ chân IC RFX2401C	19
Hình 3.1 Hệ thống bơm nước.....	21
Hình 3.2 Truyền động vit-me.....	22
Hình 3.3 Động cơ bước	23
Hình 3.4 Động cơ 555	24
Hình 3.5 Lắp ghép động cơ 555 với cánh vịt.....	24
Hình 3.6 Động cơ servo SG-90.....	25
Hình 3.7 Lắp cánh lái với động cơ servo	26
Hình 3.8 Khoang dầu tàu	26
Hình 3.9 2 khoang nhỏ	27
Hình 3.10 Khoang giữa thứ nhất.....	27
Hình 3.11 Jack GX25-8pin	28
Hình 3.12 Độ dài cánh hai bên	29
Hình 3.13 Khoang giữa thứ 2.....	29
Hình 3.14 Khoang đuôi tàu	30
Hình 3.15 Toàn bộ tàu ngầm.....	30
Hình 3.16 Sơ đồ khói mạch điều khiển tàu ngầm	31
Hình 3.17 Sơ đồ chân IC TB6612.....	33
Hình 3.18 Sơ đồ nguyên lý IC TB6612	34
Hình 3.19 Driver A4988	35

Hình 3.20 Sơ đồ chân A4988	36
Hình 3.21 Sơ đồ nguyên lý driver A4988	37
Hình 3.22 Công tắc hành trình	37
Hình 3.23 Sơ đồ nguyên lý điều khiển động cơ servo	38
Hình 3.24 Cảm biến MCU-103 SV01A103AEA01R00	39
Hình 3.25 Cảm biến RPI-1031	39
Hình 3.26 MPU6050	40
Hình 3.27 Sơ đồ nguyên lý MPU-6050	42
Hình 3.28 Khối truyền/thu RF 1	43
Hình 3.29 Khối truyền/thu RF2	43
Hình 3.30 ESP32	45
Hình 3.31 Sơ đồ nguyên lý khối MCU	46
Hình 3.32 Khối INPUT	47
Hình 3.33 Pin 18650	48
Hình 3.34 Sạc 3s 25A.....	49
Hình 3.35 IC LM2596.....	50
Hình 3.36 AMS1117	51
Hình 3.37 Sơ đồ nguyên lý AMS1117	52
Hình 3.38 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn	52
Hình 3.39 PCB dạng 2D.....	53
Hình 3.40 PCB dạng 3D.....	53
Hình 3.41 Vị trí đặt tụ lọc nguồn gần các IC	54
Hình 3.42 Vị trí đặt thạch anh dao động	54
Hình 3.43 Tính toán đường dây Antena Single-Coplana.....	55
Hình 3.44 Sơ đồ thiết kế passive antenna with LNA	55
Hình 3.45 Thiết kế PCB Passive Antenna	56
Hình 3.46 Sơ đồ khối mạch điều khiển từ xa.....	56
Hình 3.47 Khối INPUT	57
Hình 3.48 Nút nhấn B3F	58
Hình 3.49 Module Joystick 2 trực	58
Hình 3.50 Khối hiển thị	59
Hình 3.51 Sơ đồ nguyên lý khối RF	60
Hình 3.52 Khối xử lý trung tâm	61
Hình 3.53 Sơ đồ chân của CH340x.....	62
Hình 3.54 Sơ đồ nguyên lý CH340C với ESP32	63
Hình 3.55 Sơ đồ nguyên lý khối nạp code	64
Hình 3.56 Sơ đồ nguyên lý khối nguồn	64

Hình 3.57 PCB 2D	65
Hình 3.58 PCB 3D	66
Hình 3.59 Mặt trên của hộp.....	67
Hình 3.60 Bên trong hộp điều khiển	67
Hình 4.1 Màn hình HMI.....	69
Hình 4.2 Giao tiếp màn hình HMI với VĐK	70
Hình 4.3 Thiết kế cơ bản màn hình Nextion.....	70
Hình 4.4 Setup hướng cho màn hình.....	71
Hình 4.5 Màn hình chính giao diện Nextion.....	71
Hình 4.6 USART-HMI.....	72
Hình 4.7 Thiết kế giao diện HMI cho mạch điều khiển từ xa.....	72
Hình 4.8 Lưu đồ hoạt động cho mạch điều khiển từ xa	73
Hình 4.9 Hàm thay đổi tốc độ động cơ và thay đổi trạng thái chìm nồi	74
Hình 4.10 Hàm đọc Joystick,đọc điện áp của mạch điều khiển và đọc bảng tin RF nhận từ mạch tàu ngầm	75
Hình 4.11 Lưu đồ giải thuật cho mạch điều khiển tàu ngầm	76
Hình 5.1 Khoang đầu tàu	78
Hình 5.2 Khoang giữa thứ nhất.....	79
Hình 5.3 Khoang giữa thứ 3.....	79
Hình 5.4 Khoang đuôi tàu	80
Hình 5.5 Toàn bộ mô hình tàu	80
Hình 5.6 Mạch điều khiển từ xa	81
Hình 5.7 Mạch điều khiển tàu ngầm	81
Hình 5.8 Nạp code cho MCU	83
Hình 5.9 Nhận bản tin từ TX	83
Hình 5.10 Kiểm tra điện áp sau khi PWM động cơ DC	84
Hình 5.11 Giá trị đọc được từ MPU-6050	84
Hình 5.12 Màn hình HMI.....	85
Hình 5.13 Lắp ráp mạch điều khiển vào hộp	85
Hình 5.14 Thử nghiệm trọng tâm của tàu	86
Hình 5.15 Quá trình lắp ráp tàu.....	86
Hình 5.16 Lắp ráp hoàn thiện.....	86

DANH MỤC BẢNG BIỂU

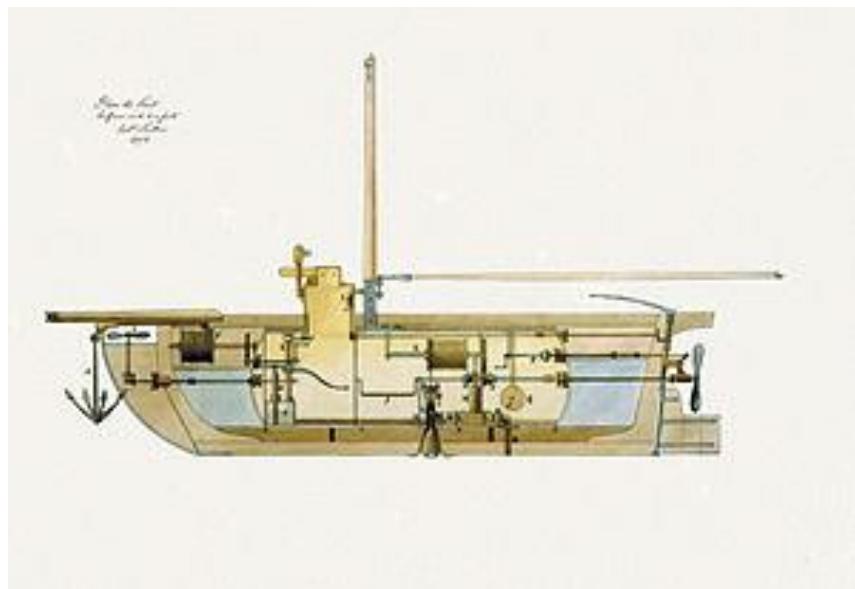
Bảng 2.1 Chức năng các chân của nRF24L01	15
Bảng 2.2 Module NRF24L01 + PA +LNA.....	16
Bảng 2.3 nRF24L01 schematic	17
Bảng 2.4 Chức năng các chân của IC	19
Bảng 2.5 Sơ đồ nguyên lý thiết kế bởi Othmane HAMMAM.....	20
Bảng 3.1 Thông số các động cơ	23
Bảng 3.2 So sánh 3 IC mạch cầu H.....	32
Bảng 3.3 Chức năng chân của IC TB6612.....	34
Bảng 3.4 Cách điều khiển IC TB6612	34
Bảng 3.5 Mô tả chức năng chân driver A4988	36
Bảng 3.6 Lựa chọn Microstep trên A4988.....	37
Bảng 3.7 Chức năng các chân của MPU6050.....	41
Bảng 3.8 3 MCU sử dụng phổ biến.....	44
Bảng 3.9 Chức năng chân của IC LM2596.....	50
Bảng 3.10 Chức năng các chân của CH340x.....	62
Bảng 5.1 Kết quả đo mức điện áp các nguồn của mạch điều khiển từ xa	82
Bảng 5.2 Kết quả đo điện áp nguồn của mạch điều khiển tàu ngầm	82

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

1.1 Giới thiệu chung

1.1.1 Lịch sử phát triển

[7]Tàu ngầm được phát triển nhanh chóng từ khoảng thế kỷ 19, đặc biệt là qua hai trận Thế giới Đại chiến 1 và 2. Cơ chế vận hành dưới mặt nước là vấn đề chính và đã có rất nhiều phương cách được áp dụng. Cuối thế kỷ 19 những tàu ngầm đầu tiên được thử nghiệm chạy bằng khí nén và hơi nóng phát sinh từ phản ứng của các hóa chất làm quay máy chạy bằng sức ép của nước (tuabin). Tiếp đó, động cơ điện để chạy cánh quạt (chân vịt) đẩy tàu ngầm đi dưới mặt nước là phương cách vẫn còn dùng đến nay trong các tàu ngầm loại quy ước.



Hình 1.1 Chiếc tàu ngầm do Robert Fulton thiết kế năm 1806

1.1.2 Tầm quan trọng của tàu ngầm

Tàu ngầm là một phương tiện đặc biệt quan trọng dưới nước. Tàu ngầm được sử dụng cho vận chuyển hàng hải và nghiên cứu khoa học ở đại dương cũng như các vùng nước ngọt như sông, hồ lớn, giúp đạt tới độ sâu vượt qua khả năng lặn của con người như các môi trường độc hại... Ngày nay, tàu ngầm được sử dụng rất rộng rãi, đặc biệt là trong các lĩnh vực quân sự, nghiên cứu khoa học, ngoài ra gần đây tàu ngầm còn được phát triển trong ngành du lịch.



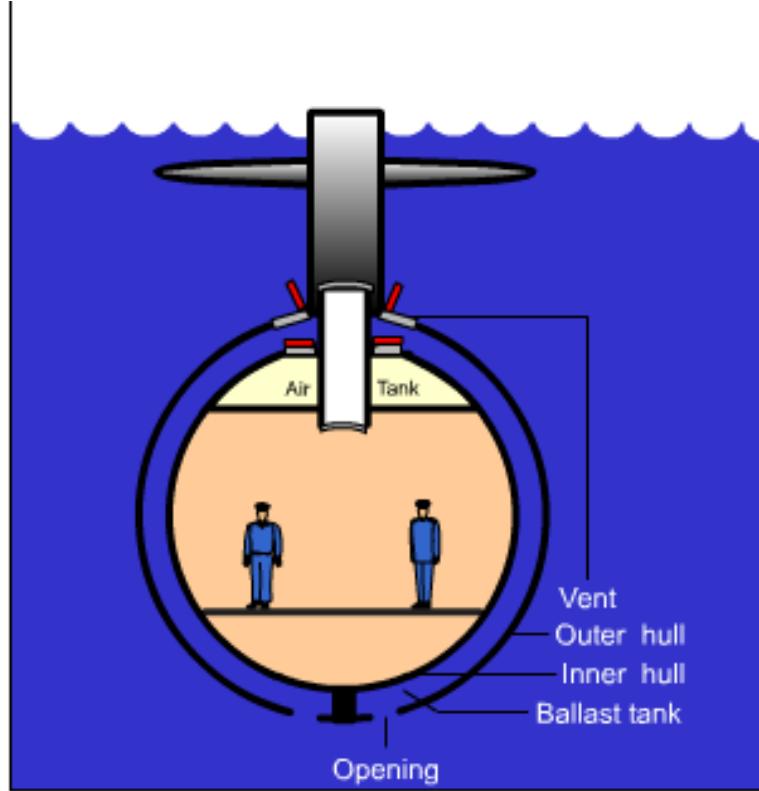
Hình 1.2 Tàu ngầm Hải quân Việt Nam

1.1.3 Nguyên lý hoạt động của tàu ngầm

Nguyên lý hoạt động của tàu ngầm được áp dụng với 2 định luật vật lý cơ bản:

- Định luật Ac-si-mét: Với bất cứ một vật nào chìm trong nước, đều chịu một lực đẩy, thẳng đứng, hướng lên trên và có độ lớn đúng bằng phần chất lỏng mà vật đang chiếm chỗ.
- Định luật Pascal: Áp suất mà một bề mặt phải chịu tỉ lệ thuận cùng lực tác dụng lên bề mặt, tỉ lệ nghịch với diện tích bề mặt đó.

Đối với tàu ngầm thông thường, có hai lớp vỏ với lớp vỏ trong dày hơn. Giữa hai lớp vỏ là khoang trống có chứa các giàn ép nước. Khi tàu nổi thì khoang giữa hai lớp vỏ này trống, khi muốn tàu lặn thì có một van phía trên sẽ mở, nước tràn vào khe giữa hai vỏ làm khối lượng tàu tăng lên, chìm xuống. Các giàn ép phía trong khoang giữa hai vỏ này có nhiệm vụ dồn không khí vào chiếm chỗ nước để tàu nổi lên.



Hình 1.3 Nước được bơm giữa hai lớp vỏ giúp tàu chìm xuống

Do điều kiện còn hạn chế cũng như việc thiết kế hai lớp vỏ lồng nhau là rất khó cho việc lắp đặt thiết bị cũng như đặt các cửa để hút nước vào hay đẩy nước ra. Vì vậy, em lựa chọn việc thiết kế nguyên lý lặn xuống và nổi lên của tàu ngầm dựa trên cơ chế hút-xả nước của xi lanh vít-me. Hệ thống di chuyển trên tàu dựa trên động cơ đẩy, động cơ chân vịt). Ngoài ra, mô hình còn có một hệ thống cảm biến gia tốc góc giúp xác định góc nghiêng và giúp giữ cân bằng cho tàu ngầm.

1.2 Các vấn đề đặt ra

Đề tài em đưa ra với mục đích nghiên cứu. Vì vậy các vấn đề được giải quyết của đề tài bao gồm:

1.2.1 Thiết kế cơ khí

Thiết kế cơ khí em làm gồm 3 phần chính:

- Phần vỏ yêu cầu nhỏ gọn, thẩm mỹ, đảm bảo độ kín không để nước vào, độ cứng và đặc biệt có thể dễ dàng gia công.
- Lựa chọn các động cơ sao cho phù hợp với yêu cầu đề bài đặt ra. Bao gồm các chức năng: Di chuyển, đánh lái, có khả năng lặn xuống và nổi lên.
- Các hệ thống tám gá bên trong để gá các động cơ em lựa chọn cũng như đặt bo mạch điều khiển. Có các lỗ trống trên đầu với tác dụng nối các connector và jack cắm sạc cho nguồn điện bên trong khi nguồn trong tàu ngầm không đủ năng lượng để thực hiện các chức năng cũng như debug cho tàu khi có vấn đề.

1.2.2 Thiết kế mạch điện

Mạch điện của em chia làm 2 mạch như sau:

- Mạch điều khiển tàu ngầm: Tìm hiểu datasheet của các linh kiện sử dụng trong mạch. Tính toán, lựa chọn cảm biến gia tốc góc. Tham khảo các đồ án về thiết kế RF,... Từ đó điều khiển các động cơ trong tàu và truyền tín hiệu không dây đến mạch còn lại.
- Mạch điều khiển từ xa: Áp dụng việc thiết kế mạch RF từ mạch điều khiển tàu ngầm, có các nút nhấn để thao tác điều khiển mạch còn lại và hiển thị các thông số cảm biến, dung lượng pin được gửi về từ tàu ngầm.

1.2.3 Lập trình

- Giải quyết các bài toán nhỏ đã nêu trên.
- Tổng hợp đưa ra phương pháp điều khiển tối ưu.
- Cải tiến các phương pháp di chuyển mới như tự hành...

1.3 Phạm vi và giới hạn của đề tài

Trong khuôn khổ của đề tài với yêu cầu nghiên cứu, thiết kế, thời gian có hạn nên phạm vi và giới hạn của đề tài như sau:

- Xây dựng mô hình cơ khí và các mạch điều khiển ổn định, phù hợp với gia công thực tế.
- Lựa chọn các loại động cơ phù hợp.
- Sử dụng cảm biến đo góc và gia tốc góc để xác định góc của vật.
- Điều khiển từ xa bằng sóng RF.
- Giao tiếp và hiển thị thông qua màn hình của mạch điều khiển từ xa.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong chương 2 này, em sẽ giới thiệu 2 phần chính bao gồm:

- Phần 2.1 sẽ giới thiệu về cơ sở lý thuyết để thiết kế mô hình tàu ngầm, cánh di chuyển cũng như khả năng lặn xuống hoặc nổi lên của tàu ngầm.
- Phần 2.2 sẽ giới thiệu về các phương thức truyền không dây có thể áp dụng và từ đó áp dụng vào việc điều khiển tàu ngầm từ xa.

2.1 Cơ sở lý thuyết về tàu ngầm

2.1.1 Nguyên lý lặn của tàu ngầm

[6] Về cơ bản, có 2 cách để lặn tàu ngầm xuống: *lặn động lực*(dynamic diving) và *lặn tĩnh lực*(static diving). Có nhiều mô hình tàu ngầm sử dụng phương pháp *lặn động lực*(dynamic diving). Còn static diving hay *lặn tĩnh lực* được sử dụng bởi tất cả tàu ngầm quân sự.

Đối với *lặn động lực*, chúng ta thường thấy ở các tàu ngầm trong việc sử dụng vận chuyển hành khách. Loại tàu này thiết kế lặn được nhờ kết hợp tốc độ chuyển động của tàu và các cánh để đẩy tàu xuống mặt nước. Điều này giống hệt việc cất cánh hoặc hạ cánh của máy bay.

Những tàu ngầm lặn dưới dạng static dyving lặn xuống được bởi sự tự thay đổi tính nổi của tàu nhờ bơm vào két dẫn. Tính nổi theo đó thay đổi và khiến tàu dần chìm xuống. Loại tàu này không cần chuyển động để lặn nên gọi là static dyving. Có 3 cách bố trí bao gồm: bên trong lớp chịu áp, bên ngoài lớp chịu áp, giữa vỏ ngoài và vỏ chịu áp.

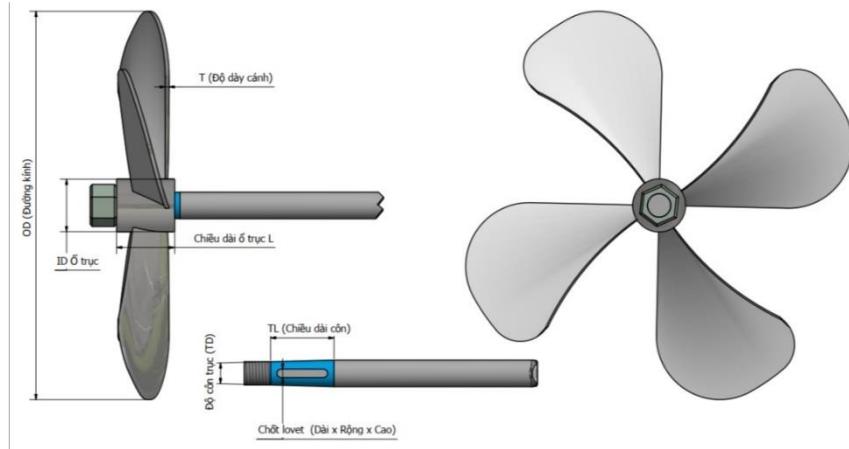
2.1.2 Nguyên lý di chuyển tịnh tiến của tàu ngầm

Khái niệm chân vịt:

[8] Chân vịt là một loại thiết bị đẩy phổ biến nhất, dùng trong tàu biển (tàu vận chuyển hàng hóa, tàu vận chuyển hành khách, tàu chiến), ngư lôi, có hình giống như cánh quạt máy bay, chong chóng hay cánh quạt điện, dùng để biến năng lượng của động cơ tàu biển... thành công có ích để tàu di chuyển. Chân vịt chuyển động trong nước giống như một chiếc đinh ốc quay trong một vật. Chân vịt thường gồm từ 2 đến 6 cánh gắn vào đầu chân vịt (boss). Các cánh của chân vịt hoạt động tạo nên lực đẩy theo các nguyên lý vật lý và lập thành một góc nhất định với mặt phẳng quay. Các thông số chính của chân vịt bao gồm: đường kính, bước chân vịt (pitch - là khoảng cách mặt chân vịt tiến được sau một vòng quay), tỷ lệ giữa diện tích cánh và diện tích đĩa chân vịt... Chân vịt có nhiều loại: biến bước (controllable-pitch propeller), chân vịt đồng trục, chân vịt bước cố định... Nguyên liệu làm chân vịt thường là đồng thỏi, đồng thanh, chất dẻo, thép hàn, thép hợp kim... phù hợp với thiết kế của tàu. Chân vịt có thể có trọng lượng lên đến hàng chục tấn.

Chân vịt có thể thay đổi từ ba, bốn, thậm chí là năm cánh. Tuy nhiên, hầu hết ngày nay mọi người sử dụng loại ba đến bốn cánh.

- *Loại ba cánh có những đặc điểm sau:* Chi phí chế tạo rẻ hơn các loại khác, thường được làm bằng hợp kim nhôm, có được hiệu suất cao, tăng tốc tốt hơn các loại khác, ít hiệu quả khi sử lý tốc độ chậm.
- *Loại bốn cánh có những đặc điểm sau:* Chi phí chế tạo cao hơn loại ba cánh, thường làm từ hợp kim thép chống gỉ, mạnh hơn và độ bền cao hơn, xử lý tốc độ chậm tốt và tăng tốc, kiểm soát năng lượng khi biến động, cung cấp giải pháp tiết kiệm năng lượng cao hơn so với các loại khác.



Hình 2.1 Chân vịt 4 cánh

Cách thức hoạt động của chân vịt:

Chân vịt có cấu tạo như chiếc quạt máy có tác dụng đẩy tàu bằng cách sử dụng năng lượng được truyền từ động cơ chính của tàu. Năng lượng chuyển đổi thành chuyển động xoay của cánh quạt tạo áp lực vào nước, kết quả làm cho tàu dịch chuyển và tiến về phía trước.

Tàu vận hành theo nguyên lý Bernoulli và định luật III Newton. Một số áp lực khác được tạo từ phía trước và phía sau cánh quạt, làm tăng tốc độ dòng nước phía sau bao gồm chuyển động xoay trực khuỷu của động cơ chính, trực trung gian, ống đỡ trực, trực đuôi có ống bao và cuối cùng là cánh quạt.

2.1.3 Nguyên lý đánh lái của tàu ngầm

[9] Hệ thống lái là một hệ thống quan trọng dùng để điều khiển tàu đi theo hướng đi đã định, đảm bảo tính phương hướng của tàu hoặc chuyển mũi tàu sang một hướng đi mới.

Bánh lái là thiết bị đặt phía sau chân vịt, chịu tác dụng của dòng nước làm cho tàu ngả mũi.

Cấu tạo bánh lái:

- Bánh lái bao gồm có mặt phẳng lái và cuồng lái.
- Trên những tàu nhỏ, xuồng thì bánh lái là một tấm gỗ hay kim loại phẳng. Trên những tàu lớn bánh lái có tiết diện hình lưu tuyến (hình giọt nước).
- Diện tích bánh lái lớn hay nhỏ phụ thuộc vào kích thước, tốc độ tàu và độ lớn của đường kính quay trở mà ta mong muốn. Nếu tốc độ của tàu nhỏ hoặc yêu cầu tàu có đường kính quay trở nhỏ thì diện tích mặt bánh lái phải lớn. Người

ta xác định độ lớn của diện tích mặt bánh lái bằng tỷ lệ phần trăm gọi là hệ số diện tích bánh lái, ký hiệu là K:

$$K = \frac{S}{L \times T} \times 100\%$$

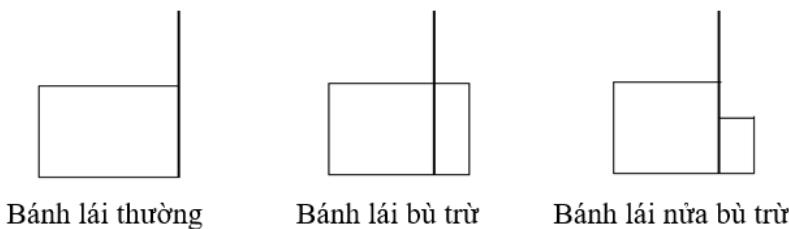
Trong đó:

- S: diện tích bánh lái.
- L: chiều dài thủy trực của tàu.
- T: mớn nước khi chở đầy.

Bố trí bánh lái cho tàu:

- Khi bánh lái nằm trên mặt phẳng trực dọc của tàu thì nó không gây ảnh hưởng gì cho điều động tàu (nếu bỏ qua tất cả các ảnh hưởng). Nếu bánh lái đặt lệch sang một bên sẽ làm ảnh hưởng đến việc điều động con tàu.
- Thông thường mỗi tàu có một, hai hoặc ba bánh lái.
- Nếu một bánh lái thì bánh lái được đặt tại mặt phẳng trực dọc của tàu. Tàu có hai bánh lái thì hai bánh lái đặt đối xứng nhau qua mặt phẳng trực dọc tàu.
- Tàu có ba bánh lái thì một bánh lái đặt tại mặt phẳng trực dọc của tàu, hai bánh lái còn lại đặt đối xứng nhau qua mặt phẳng trực dọc của tàu.

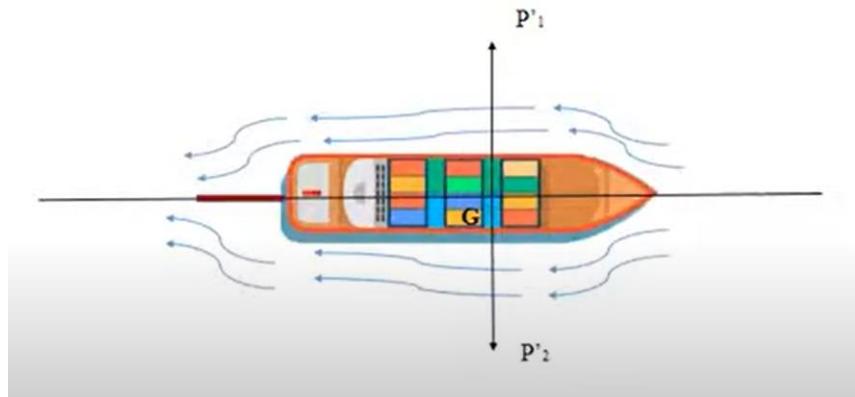
Các loại bánh lái:



Hình 2.2 Các loại bánh lái

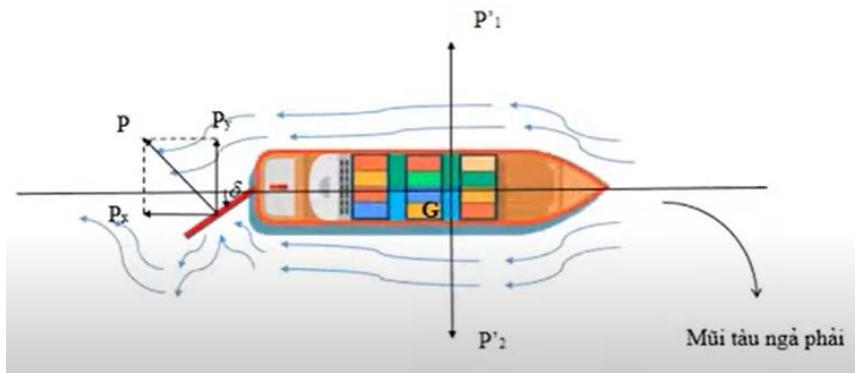
- **Bánh lái thường:** Là loại bánh lái mà toàn bộ diện tích mặt lái nằm ở phía sau cuống lái. Bánh lái này ăn lái rất tốt và được dùng nhiều trên tất cả các tàu, nhưng điều khiển nặng.
- **Bánh lái bù trừ:** Bánh lái bù trừ có một phần diện tích (25-30%) mặt lái nằm ở phía trước cuống lái, phần này gọi là phần bù trừ. Loại này tuy không ăn lái bằng bánh lái thường nhưng điều khiển nhẹ hơn.
- **Bánh lái nửa bù trừ:** Là loại bánh lái có một phần diện tích mặt lái nằm ở phía trước cuống lái, nhưng chiều cao của phần bù trừ nhỏ hơn chiều cao của phần còn lại.

Tác dụng của bánh lái khi tàu chạy tới:



Hình 2.3 Khi bánh lái ở vị trí giữa

Khi bánh lái ở vị trí giữa và tàu chuyển động tới, lực tác động của nước sẽ đẩy về từ đầu tàu xuống đuôi tàu ở hai bên. Các áp lực đều hai bên khiến cho lực $P'1, P'2$ bằng nhau giúp cho tàu được chạy thẳng.



Hình 2.4 Khi cánh lái nghiêng sang bên phải

Khi bánh lái được bẻ một góc δ về mạn phải, dòng nước ở bên phải mạn tàu được cuộn lại ở bánh lái và tạo ra một áp lực mạnh hơn về phía mặt còn lại của bánh lái là P , trong đó: $P = P_x + P_y$ theo mặt phẳng của trục dọc và trục ngang. Khi đó, lực $P_y + P'1 > P'2$. Từ đó sẽ khiến mũi tàu bị ngả sang phải. Tương tự, nếu bánh lái được bẻ sang trái và chuyển động tới, mũi tàu sẽ ngả sang trái.

2.2 Cơ sở lý thuyết của Radio Frequency

2.2.1 Cơ sở lý thuyết về truyền không dây

Truyền không dây là quá trình truyền tải thông tin, dữ liệu, âm thanh, hình ảnh và tín hiệu từ một điểm đến điểm khác mà không cần sử dụng dây cáp vật lý để kết nối. Thay vì sử dụng cáp, các phương pháp truyền không dây sử dụng sóng điện từ, ánh sáng hoặc tín hiệu radio để truyền thông tin qua không gian.

Công nghệ truyền không dây cho phép việc truyền thông linh hoạt và tiện lợi hơn, mở ra nhiều ứng dụng và lợi ích. Nó cho phép kết nối không dây giữa các thiết bị di động như điện thoại di động, máy tính bảng, laptop, tai nghe và các thiết

bị thông minh. Nó cũng được sử dụng trong các mạng không dây như Wi-Fi để cung cấp kết nối Internet trong các môi trường công cộng và gia đình.

Các phương pháp truyền không dây thường sử dụng sóng radio, ánh sáng hồng ngoại, hồng ngoại, tia X và vệ tinh để truyền dữ liệu và tín hiệu giữa các thiết bị. Các công nghệ truyền không dây phổ biến bao gồm Wi-Fi, Bluetooth, NFC, Zigbee và các tiêu chuẩn mạng di động như 4G và 5G.

Truyền không dây đã trở thành một phần quan trọng trong cuộc sống hàng ngày, từ việc kết nối Internet không dây cho việc truyền tải thông tin, giải trí, và kết nối giữa các thiết bị di động.

Đối với đề tài đồ án tốt nghiệp của em, để điều khiển được tàu ngầm hoạt động dưới nước, em cần tìm hiểu các phương pháp truyền không dây hiện nay.

Sau khi tìm hiểu, em tìm được các phương pháp truyền không dây sau đây:

Bluetooth:

- Bluetooth là một phương pháp truyền không dây ngắn khoảng cách thích hợp để điều khiển các thiết bị cơ, có thể sử dụng Bluetooth để kết nối một bàn phím không dây hoặc một chuột không dây với máy tính để điều khiển nó.
- Khoảng cách truyền: Thường là khoảng cách ngắn, từ vài mét đến khoảng 100 mét, tùy thuộc vào phiên bản Bluetooth và môi trường xung quanh.
- Tốc độ truyền dữ liệu: Từ 1 Mbps (Bluetooth 1.x) đến 3 Mbps (Bluetooth 3.x và 4.x), hoặc có thể lên đến 24 Mbps (Bluetooth 5.0).
- Công suất truyền phát: Bluetooth thông thường có công suất truyền phát thấp, từ khoảng 1 mW đến 100 mW, tùy thuộc vào phiên bản Bluetooth và loại thiết bị.
- Tần số: Bluetooth hoạt động trong dải tần số 2,4 GHz (gigahertz).
- Bước sóng: Bước sóng của Bluetooth là khoảng 2,4 cm.



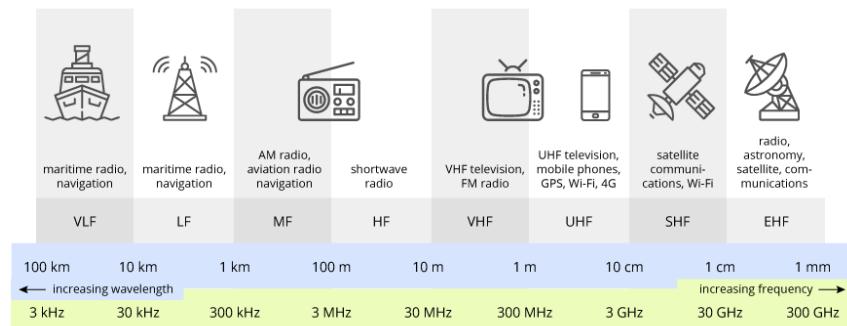
Hình 2.5 Bluetooth

Radio Frequency(RF)

- Radio Frequency (RF): Công nghệ truyền không dây sử dụng sóng radio cũng có thể được sử dụng để truyền tín hiệu điều khiển giữa hai thiết bị cơ. Truyền

tín hiệu RF cho phép bạn điều khiển từ xa các thiết bị như đèn, quạt, máy lạnh, và thiết bị gia đình khác.

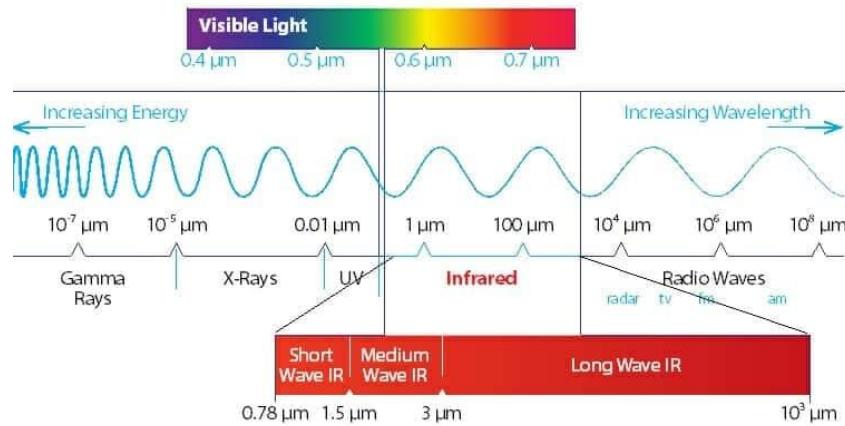
- Khoảng cách truyền: Phụ thuộc vào công suất và tần số sử dụng, có thể từ vài mét đến hàng trăm mét hoặc thậm chí cả km.
- Tốc độ truyền dữ liệu: Từ vài kbps đến hàng Mbps, tùy thuộc vào công nghệ RF cụ thể được sử dụng.
- Công suất truyền phát: RF có thể có công suất truyền phát khá cao, từ vài mW đến hàng chục hoặc hàng trăm watts, tùy thuộc vào loại thiết bị và mục đích sử dụng.
- Tần số: RF có thể hoạt động ở nhiều dải tần số khác nhau, bao gồm 315 MHz, 433 MHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz và nhiều tần số khác tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể.
- Bước sóng: Bước sóng của RF phụ thuộc vào tần số được sử dụng, và nó có thể từ vài mét đến vài mm.



Hình 2.6 Radio Frequency

Infrared (Hồng ngoại)

- Hồng ngoại là một công nghệ truyền không dây sử dụng ánh sáng hồng ngoại để truyền tín hiệu. Nó có thể được sử dụng để điều khiển các thiết bị điện tử như TV, điều hòa không khí, đầu đĩa DVD và các thiết bị khác.
- Khoảng cách truyền: Thường là khoảng cách ngắn, từ vài mét đến khoảng 5-10 mét, và yêu cầu đường nhìn trực tiếp giữa hai thiết bị.
- Tốc độ truyền dữ liệu: Từ vài kbps đến hàng Mbps, tùy thuộc vào công nghệ hồng ngoại và khả năng truyền thông của nó.
- Công suất truyền phát: Hồng ngoại thường có công suất truyền phát thấp, thường chỉ từ vài mW đến vài chục mW, để đảm bảo tính chính xác trong truyền thông ngắn khoảng cách.
- Tần số: Hồng ngoại hoạt động trong dải tần số từ 300 GHz đến 430 THz (terahertz).
- Bước sóng: Bước sóng của hồng ngoại là khoảng từ 700 nm (nanomet) đến 1 mm.



Hình 2.7 Bước sóng của hồng ngoại

Zigbee

- Zigbee: Zigbee là một giao thức truyền không dây tiêu chuẩn cho mạng cảm biến không dây và điều khiển thiết bị. Nó thích hợp cho việc điều khiển các thiết bị như đèn chiếu sáng, hệ thống an ninh, và các thiết bị thông minh trong ngôi nhà.
- Khoảng cách truyền: Thường là khoảng cách truyền ngắn, từ vài mét đến khoảng 100 mét, tùy thuộc vào công suất và môi trường.
- Tốc độ truyền dữ liệu: Từ vài kbps đến 250 kbps, tùy thuộc vào tần số và cấu hình mạng Zigbee.
- Công suất truyền phát: Zigbee cũng thường có công suất truyền phát thấp, từ vài mW đến khoảng 100 mW, tùy thuộc vào cấu hình và mục đích sử dụng của mạng Zigbee.
- Tần số: Zigbee hoạt động trong dải tần số 2,4 GHz, 868 MHz và 915 MHz, tùy thuộc vào khu vực địa lý và yêu cầu sử dụng.
- Bước sóng: Bước sóng của Zigbee phụ thuộc vào tần số được sử dụng, và nó có thể từ vài cm đến vài m.



Hình 2.8 Công nghệ zigbee

2.2.2 So sánh và lựa chọn công nghệ truyền không dây

Đối với đề tài của em là điều khiển tàu ngầm, em cần đề ra những yêu cầu sau cho việc lựa chọn công nghệ:

Khả năng truyền giữa hai môi trường nước và không khí. Tín hiệu truyền qua nước sẽ gặp khái niệm "độ sâu" của nước. Nước sẽ hấp thụ, gây mất mát và suy giảm tín hiệu khi truyền qua nước. Độ mờ của nước cũng có thể ảnh hưởng đến sự truyền tải tín hiệu. Tần số và bước sóng của sóng điện từ sẽ ảnh hưởng đến khả năng xuyên qua nước. Sóng có bước sóng dài hơn có khả năng xuyên qua nước tốt hơn so với sóng có bước sóng ngắn

Khoảng cách truyền: Do không phải là điều khiển các thiết bị trong nhà, ta có thể đứng gần nó để điều khiển mà cần phải điều khiển từ xa và có thể di chuyển được các vị trí khác nhau với mục đích thăm dò bên dưới môi trường nước cho mục đích cải tiến sau này

Tốc độ truyền: Tốc độ truyền cần phải cao vì đây là thiết bị điều khiển từ xa cần có khả năng phản hồi đáp ứng nhanh.

Với 3 yêu cầu trên, em thấy được ưu nhược điểm của các truyền không dây trên như sau:

- Bluetooth: Mặc dù bước sóng của loại truyền này thỏa mãn, tuy nhiên khoảng cách truyền không cho chúng ta được quá xa.
- Hồng ngoại: Tốc độ truyền phát ở mức phù hợp với đề tài, tuy nhiên bước sóng ngắn và tần số của hồng ngoại phát ra là rất cao, vì vậy sẽ ảnh hưởng khi truyền qua hai môi trường. Bên cạnh đó hồng ngoại không truyền được ở khoảng cách xa.
- Zigbee: Bước sóng dài và tần số 2.4Ghz đáp ứng được việc truyền giữa hai môi trường, tuy nhiên loại này lại không truyền được ở khoảng cách quá xa.
- Radio Frequency: Bước sóng và tần số thỏa mãn trong việc truyền giữa hai môi trường, tốc độ truyền của loại này cũng phù hợp với việc điều khiển các thiết bị từ xa. Đồng thời với việc áp dụng tăng công suất có thể giúp cho loại công nghệ này truyền đi được rất xa.

Từ 4 loại công nghệ được tìm hiểu trên, em thấy được công nghệ Radio Frequency phù hợp nhất đối với việc truyền không dây em có thể sử dụng cho việc điều khiển tàu ngầm từ xa của em. Vì vậy em quyết định chọn phương pháp truyền sóng RF.

2.2.3 Module NRF24L01 + PA+LNA

Trong thiết bị của em, em sẽ sử dụng IC NRF24L01 có PA và LNA. NRF24L01 với PA (Power Amplifier) + LNA (Low Noise Amplifier) là một phiên bản nâng cao của IC NRF24L01 gốc. Phiên bản này được thiết kế để cải thiện khoảng cách truyền và độ nhạy của module, đồng thời cung cấp hiệu suất truyền không dây tốt hơn trong các ứng dụng yêu cầu khoảng cách truyền dài hơn và chất lượng tín hiệu tốt hơn.

IC NRF24L01

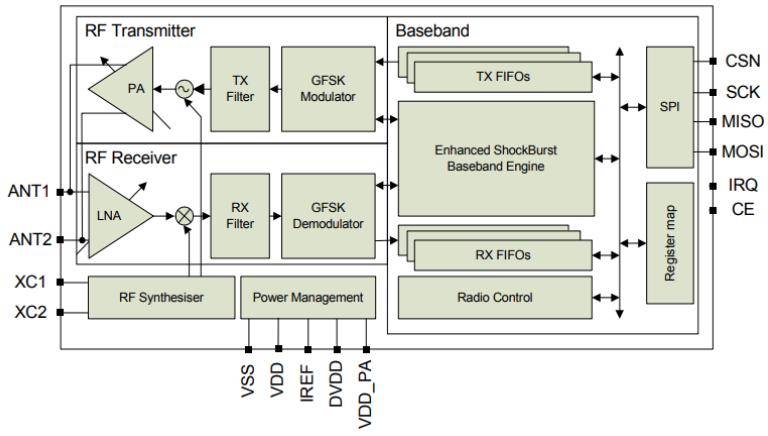
[3]IC NRF24L01 là một module truyền không dây được phát triển bởi Nordic Semiconductor. Đây là một IC RF (Radio Frequency) 2.4GHz, được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng truyền không dây như mạng cảm biến không dây, điều khiển từ xa, hệ thống thu phát không dây và nhiều ứng dụng IoT khác.



Hình 2.9 IC NRF24L01

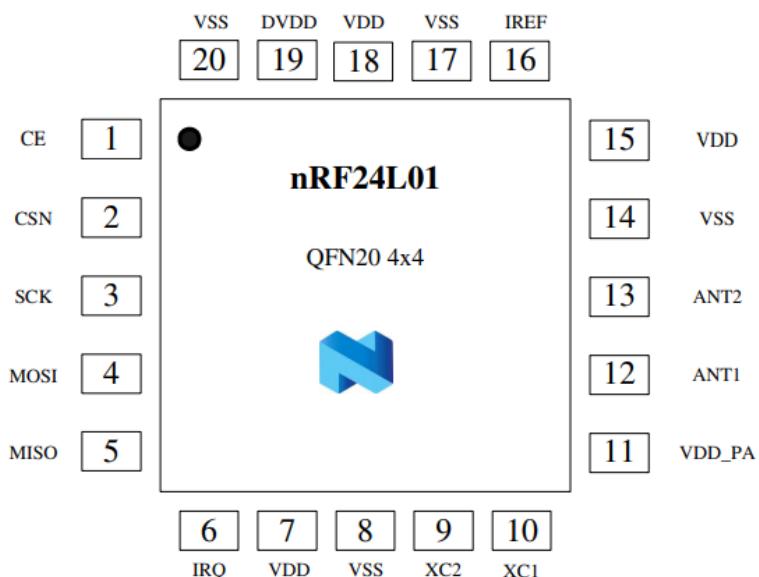
IC NRF24L01 cung cấp khả năng truyền thông không dây tin cậy và hiệu suất cao. Dưới đây là một số đặc điểm và tính năng chính của IC NRF24L01:

- Tần số hoạt động: NRF24L01 hoạt động trong dải tần số 2.4GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical), không cần giấy phép sử dụng.
- Giao tiếp: NRF24L01 hỗ trợ giao tiếp SPI (Serial Peripheral Interface), cho phép truyền dữ liệu nhanh chóng và hiệu quả giữa MCU (Microcontroller Unit) và module NRF24L01.
- Cự ly truyền: Module NRF24L01 có thể đạt được khoảng cách truyền từ vài mét đến khoảng 100 mét, tùy thuộc vào môi trường và cấu hình của hệ thống.
- Tốc độ truyền dữ liệu: NRF24L01 hỗ trợ các tốc độ truyền dữ liệu khác nhau từ 250 kbps đến 2 Mbps, cung cấp linh hoạt cho các ứng dụng có yêu cầu truyền dữ liệu khác nhau.
- Công suất truyền: NRF24L01 cung cấp các mức công suất truyền khác nhau, từ -18 dBm đến 0 dBm, giúp điều chỉnh khoảng cách truyền phù hợp với yêu cầu của ứng dụng.
- Độ rộng dải tín hiệu: NRF24L01 hỗ trợ 126 kênh khác nhau để tránh va chạm và tạo một kết nối ổn định và tin cậy trong môi trường có nhiều thiết bị RF hoạt động cùng một lúc.
- Bảo mật dữ liệu: NRF24L01 hỗ trợ mã hóa dữ liệu và giao thức truyền không dây có tính bảo mật cao, nhằm đảm bảo an toàn và riêng tư của dữ liệu truyền qua kênh không dây.
- *Sơ đồ khói của IC NRF24L01:*



Hình 2.10 Sơ đồ khối IC NRF24L01

- Bộ truyền: Bộ truyền RF nhận dữ liệu từ bộ điều khiển và chuyển đổi nó thành tín hiệu RF để truyền đi qua không gian không dây.
- Bộ thu: Bộ thu RF nhận tín hiệu RF từ không gian không dây và chuyển đổi nó thành dữ liệu số để gửi tới bộ điều khiển.
- Giao tiếp SPI: Chức năng giao tiếp Serial Peripheral Interface (SPI) giữa IC NRF24L01 và bộ điều khiển (MCU, vi điều khiển, hoặc máy tính).
- Cung cấp nguồn điện: Block này cung cấp nguồn điện cho IC NRF24L01 và các khối chức năng khác.
- Anten: Block anten là nơi kết nối anten ngoại vi để tăng cường tín hiệu truyền và thu của IC NRF24L01. Phiên bản NRF24L01 với PA + LNA có một bộ khuếch đại công suất và bộ khuếch đại tiếng ồn thấp để cải thiện hiệu suất của anten.
- Điều khiển và cấu hình: Block này bao gồm các khôi chức năng để điều khiển và cấu hình IC NRF24L01, bao gồm các thanh ghi, bộ chọn kênh, bộ điều chỉnh công suất và bộ chọn chế độ.
- *Sơ đồ chân:*



Hình 2.11 Sơ đồ chân nRF24L01

Chức năng các chân được em mô tả rõ hơn ở bảng dưới đây:

Pin	Name	Pin Function	Description
1	CE	Input	Enable activates TX or RX mode
2	CSN	Input	SPI select
3	SCK	Input	SPI clock
4	MOSI	Input	SPI slave Data input
5	MISO	Output	SPI slave Data Output
6	IRQ	Output	Interupt pin
7	VDD	Power	3.3VDC
8	VSS	Power	GND(0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply(1.8V) to PA
12	ANT1	RF	Antena 1
13	ANT2	RF	Antena 2
14	VSS	Power	GND(0V)
15	VDD	Power	3.3VDC
16	IREF	Analog Input	Reference current
17	VSS	Power	GND(0V)
18	VDD	Power	3.3VDC
19	DVDD	Power Output	Positive digital supply output
20	VSS	Power	GND(0V)

Bảng 2.1 Chức năng các chân của nRF24L01

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 3V
- Nhiệt độ hoạt động: 27°C
- V_{IH} : 2.1-5.25V
- V_{IL} : 0-0.9V
- V_{OH} : 2.7-3V
- V_{OL} : 0-0.3V
- Tần số hoạt động: 2400-2525MHz
- Tần số thạch anh: 16MHz
- Tốc độ dữ liệu; 2000kbps

Cách thiết kế mạch NRF24L01+PA+LNA

Mạch thu phát RF NRF24L01 PA LNA 2.4Ghz anten rời (có khéch đại công suất thu phát) sử dụng IC RF chính là NRF24L01 + từ Nordic được thiết kế thêm phần PA (power amplifier) và LNA (Low Noise Amplifier) để có thể tăng công suất và khoảng cách thu phát xa hơn rất nhiều (điều khiển lý tưởng nhà SX công bố có thể truyền được 1000m).

Mạch thu phát RF NRF24L01 được sử dụng cho các ứng dụng truyền nhận dữ liệu từ xa qua sóng RF giữa các mạch xử lý trung tâm như Vi Điều Khiển, Arduino hay Raspberry Pi, ... Có thiết kế nhỏ gọn, sử dụng anten rời cho độ xa và độ ổn định cao.



Bảng 2.2 Module NRF24L01 + PA + LNA

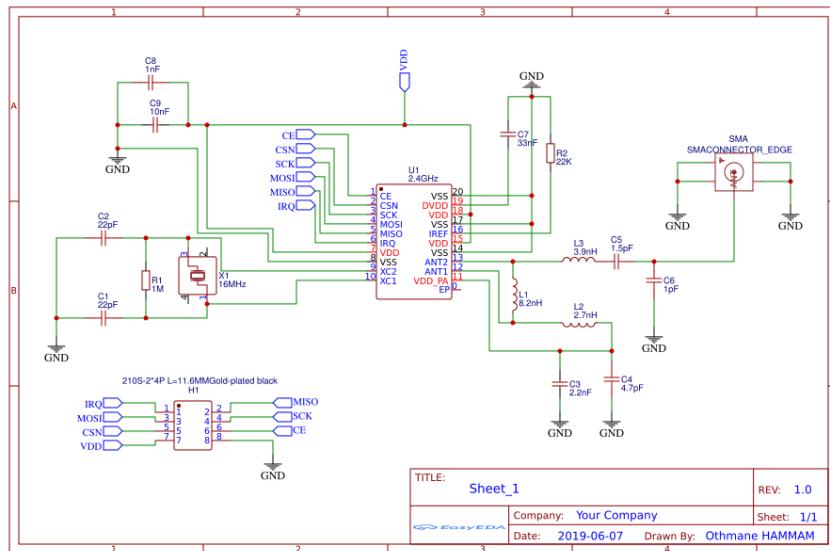
Thông số kỹ thuật :

IC chính: NRF24L01+

- Điện áp cung cấp: 3.3VDC
- Điện áp giao tiếp GPIO: 3.3VDC, khi giao tiếp với các board mạch 5VDC cần nối tiếp qua trở hoặc sử dụng các mạch chuyển mức điện áp.
- Giao tiếp: SPI
- Dòng tiêu thụ: 45mA
- Tần số sóng: 2.4Ghz
- Sử dụng tương tự như NRF24L01 không có khuếch đại và có thể giao tiếp với các module không có khuếch đại PA và LNA.
- Tích hợp khuếch đại công suất phát PA (power amplifier) và LNA (Low Noise Amplifier)
- Công suất thu phát: 20dBm
- Tốc độ truyền nhận tối đa: 2Mbit/s
- Chuẩn châñ 2×8 tương tự các mạch NRF24L01 không có khuếch đại.

Trong thiết kế của module có 2 IC chính. IC đầu tiên là nRF24L01 và IC thứ 2 là IC khuếch đại công suất(Power Amplifer) có nhiệm vụ tăng cường công suất truyền của tín hiệu RF để đảm bảo tín hiệu được truyền xa hơn. Mục đích em muốn sử dụng IC khuếch đại công suất vì giữa 2 môi trường nước và không khí, sóng sẽ bị cản lại rất nhiều ở môi trường nước. Vì vậy cần có thêm 1 IC khuếch đại công suất giúp tăng khoảng cách truyền cũng như nhận được tín hiệu tốt hơn giữa 2 môi trường khác nhau.

Để thiết kế được sơ đồ nguyên lý của NRF24L01 + PA + LNA, trước tiên em tìm hiểu schematic của nRF24L01.



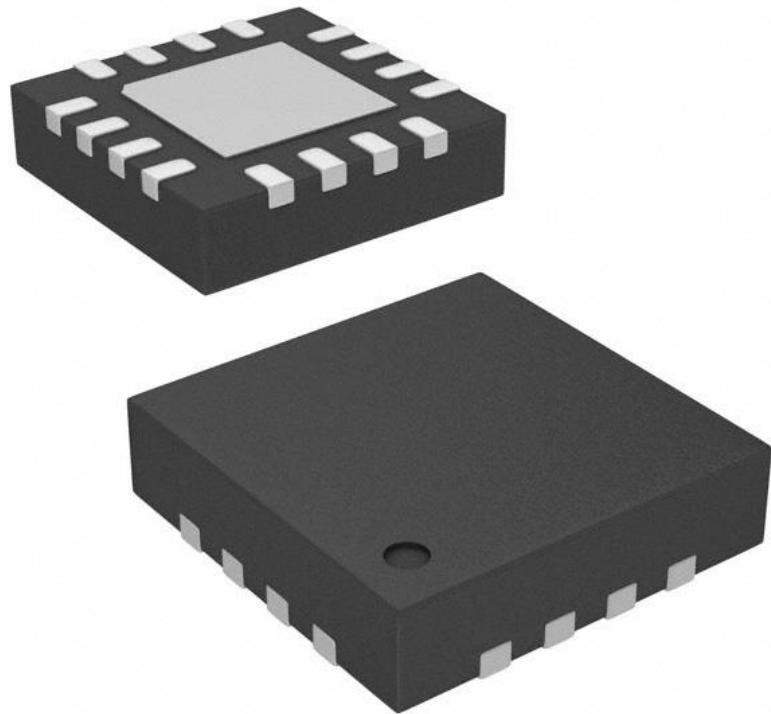
Bảng 2.3 nRF24L01 schematic

- Ban đầu, mạch sẽ bao gồm các tụ lọc giữa chân VDD và VSS là 2 chân nguồn của IC.
- Bộ thạch anh dao động được sử dụng là 16Mhz.
- ANT1 và ANT2 cung cấp các tín hiệu RF của anten. Trong datasheet, tải $15 + j88\Omega$ sẽ cung cấp được công suất đầu ra tối đa 0dBm . Với layout trên khi đi đến antenna cần thiết kế với trở kháng 50Ω .
- ANT1 và ANT2 có điện áp DC đến VDD_PA (điện áp cung cấp bộ khuếch đại công suất). Cuối cùng, 1 SMA kết nối với 1 anten kiểu dipole.

Tiếp theo đó, em cần thêm một module PA+LNA để tăng công suất cho phạm vi nhận và truyền sóng RF.

Đối với mạch ở trên, chúng ta sẽ có 4 mức công suất đầu ra: 0dBm , -6dBm , -12dBm và -18dBm . Các mức công suất điều khiển trực tiếp khoảng cách phát sóng.

Để mở rộng công suất đầu ra, em sử dụng một mô-đun front end. Em đã tìm thấy RFX2401C của Skyworks Solutions. Đây là một mô-đun front-end ZigBee/ISM 2.4GHz, có cổng vào và cổng ra 50 ohm, 25dB của hiệu suất nhỏ tín hiệu và 22dBm của công suất đầu ra bão hòa (Tất cả các đặc điểm này liên quan đến chế độ Truyền). Skyworks cũng cung cấp một bảng đánh giá giúp dễ dàng tạo nguyên mẫu với vi mạch của họ.



Hình 2.12 IC RFX2401C

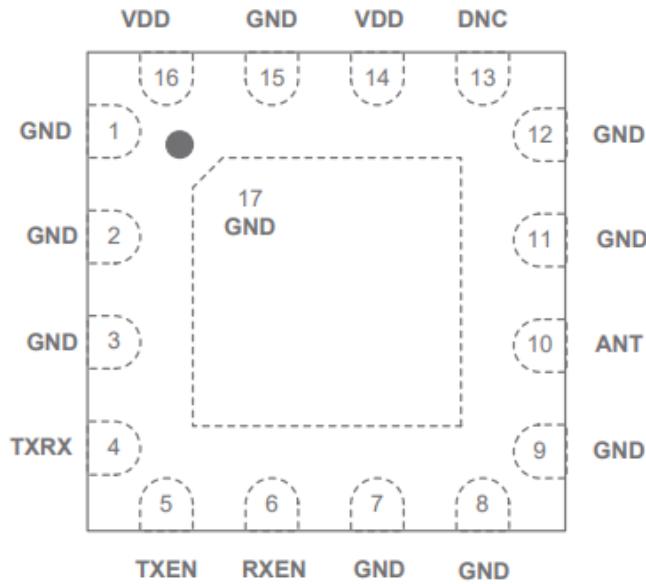
IC này có thể điều khiển logic giống như bảng sau:

Mode	TXEN	RXEN
TX active	1	x
RX active	0	1
Shutdown	0	0

1 “1” denotes high voltage state (> 1.2 V)
 “0” denotes low voltage stage (< 0.3 V) at control pins
 “X” denotes do not care: either “1” or “0” can be applied

Hình 2.13 Bảng điều khiển logic của IC RFX2401C

Để kích hoạt chế độ nhận (chế độ RX), TXEN phải được kéo xuống mức LOW và RXEN được kéo lên mức HIGH, và để kích hoạt chế độ truyền (chế độ TX) TXEN được kéo lên mức HIGH, trạng thái của RXEN không quan trọng. Theo bảng dữ liệu nrf24L01, chân CE phải được kéo lên mức HIGH mỗi khi bộ truyền nhận phải vào chế độ RX. Sử dụng một bộ dao động, người ta đã đo trạng thái của chân VDD_PA và phát hiện rằng nó luôn ở mức HIGH khi bộ truyền ở chế độ TX và ở mức LOW khi ở chế độ RX. Do đó, TXEN nên được kết nối với VDD_PA và RXEN với CE.



(Top View)

Hình 2.14 Sơ đồ chân IC RFX2401C

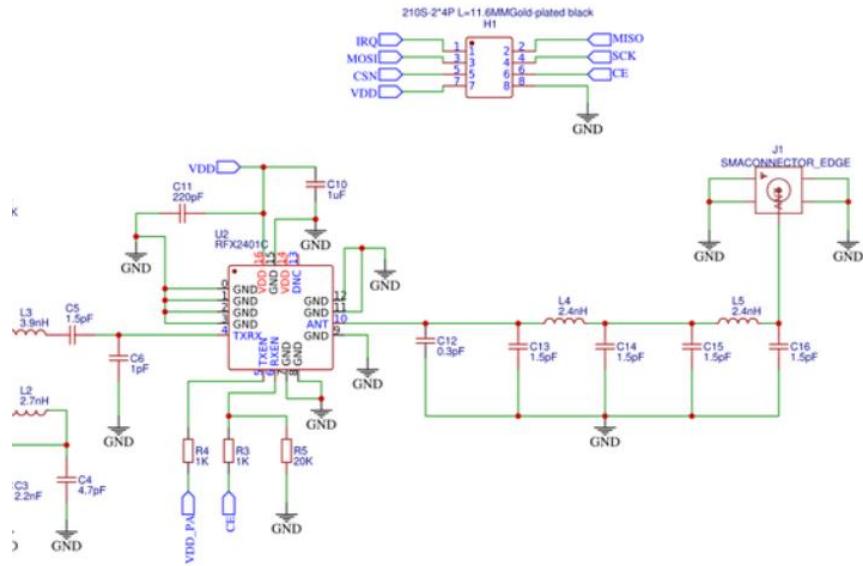
Bảng dưới đây em sẽ miêu tả rõ chức năng của các chân như sau:

Số chân	Tên	Chức năng
4	TXRX	Tín hiệu RF truyền/nhận từ bộ truyền
5	TXEN	Đầu vào Cmos để điều khiển TX Enable
6	RXEN	Đầu vào Cmos để điều khiển RX Enable
1,2,3,7,8,9,11,12,15,17	GND	Nối xuống mass
13	DNC	Điểm dự trữ(Không dùng đế)
10	ANT	Tín hiệu RF từ PA hoặc tín hiệu RF được áp dụng từ LNA
14	VDD	Chân cấp điện thay thế
16	VDD	3.3VDC

Bảng 2.4 Chức năng các chân của IC

Từ đây, ANT1 và ANT2 của nRF24L01 sẽ được nối với chân TXRX của IC với trở kháng 50Ohm. VDD_PA được nối với TXEN để kích hoạt chế độ truyền, và CE sẽ được nối với RXEN để kích hoạt chế độ nhận.

Đầu ra của anten IC sẽ phối hợp trở kháng 50ohms cùng với tụ và cuộn cảm để lọc các gợn sóng nhỏ giúp bảng tin của chúng ta truyền và nhận được chuẩn xác hơn.



Bảng 2.5 Sơ đồ nguyên lý thiết kế bởi Othmane HAMMAM

2.3 Kết luận chương 2

Qua mục tìm hiểu ở 2.1, em đã hiểu về nguyên lý điều khiển cũng như thiết kế mô hình tàu ngầm có thể di chuyển và chuyển đổi trạng thái nổi lên và chìm xuống. Đối với phần tìm hiểu ở mục 2.2 em quyết định lựa chọn NRF24L01 có PA và LNA với mục đích khuếch đại công suất nhất có thể để truyền được giữa 2 môi trường khác nhau.

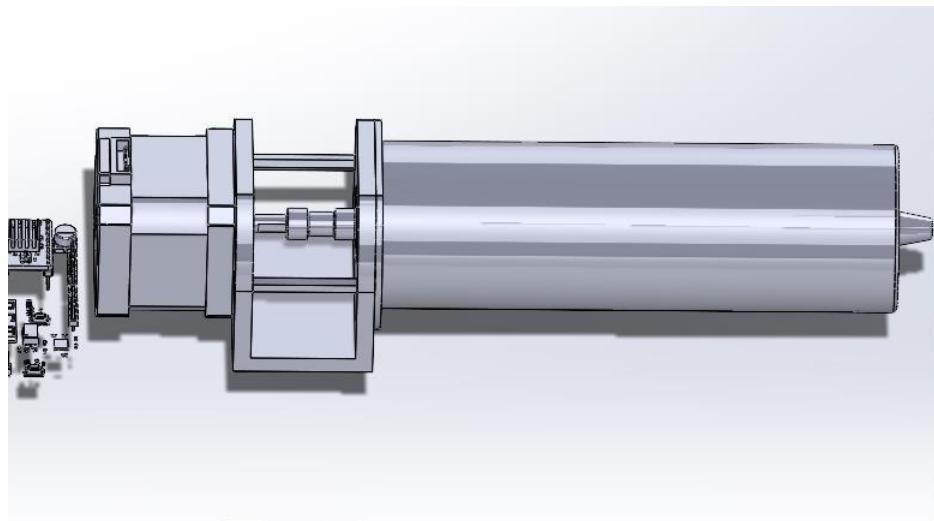
Tù đây, em bắt tay đi vào thiết kế mô hình tàu ngầm, lựa chọn động cơ phù hợp với tàu và thiết kế hai bộ điều khiển bao gồm: Bộ điều khiển cầm tay từ xa và mạch điều khiển tàu ngầm.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ MẠCH ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG

3.1 Thiết kế mô hình

3.1.1 Nguyên lý lặn được sử dụng trong đề tài

Mô hình của em được sử dụng cơ chế lặn tĩnh lực(static dyving). Tuy nhiên do hạn chế trong khả năng gia công không cho phép cho mô hình này, hệ thống chứa nước chúng em sử dụng 1 xi lanh thủy lực thay cho các két dẫn(khoang chứa).



Hình 3.1 Hệ thống bơm nước

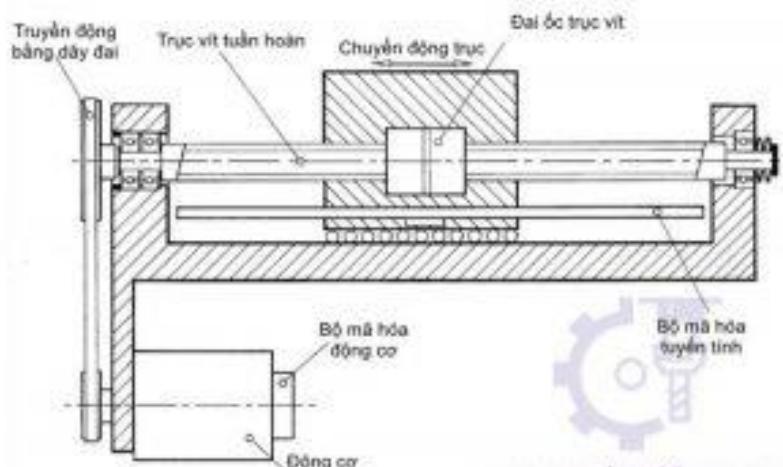
Cơ chế: Động cơ truyền động qua vít me đai ốc tới xi lanh hút và bơm nước. Ống hút sẽ được nối xuống lỗ trống dưới đáy tàu. Ngoài ra, trong tàu em còn bố trí thêm tải trọng nhằm ứng dụng trong thực tế. Do đó, tùy theo lượng nước bơm vào hoặc xả ra trong xi lanh mà tàu có thể lặn lên hoặc chìm xuống.

Nguyên lý hoạt động: Dựa trên việc cân bằng và thay đổi 2 lực là trọng lực và lực đẩy Acsimet(hay lực nổi).

- Lực đẩy Acsimet : $F = d \times V$. Trong đó, d là trọng lượng riêng của chất lỏng, V : thể tích chất lỏng bị chiếm chỗ(cụ thể phần thể tích tàu chìm trong nước).
- Trọng lực có thể thay đổi được dựa trên nguyên lý chênh lệch trọng lượng riêng giữa nước và không khí. $F = F_{tàu} + F_{td}$.
- Trong đó, $F_{tàu}$ cố định, F_{td} thay đổi nhờ lực hút hoặc đẩy của xilanh
- $F_{td} = d_{nuoc} \times V_{nuoc} + d_{kk} \times V_{kk}$.
- Muốn tàu nổi lên, ta chỉ việc dùng động cơ truyền tới xi lanh qua hệ thống vít me đẩy nước ra khỏi xi lanh làm V_{nuoc} giảm đi và V_{kk} tăng lên đồng nghĩa với F_{td} thay đổi dẫn đến trọng lực thay đổi sẽ bị giảm đi làm cho $F_{td} > F$.

Truyền động vít me – đai ốc

Vì xilanh di chuyển theo phương tịnh tiến, mà động cơ thi di chuyển theo phương chuyển động xoay tròn. Vì vậy, em áp dụng thêm cơ cấu truyền động vít me.



Hình 3.2 Truyền động vít-me

Vít me – đai ốc là cơ cấu truyền động biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Truyền động vít me em sử dụng là đai ốc trượt. Cơ cấu vít me – đai ốc trượt có những đặc điểm:

- Độ chính xác truyền động cao, tỷ số truyền lớn.
- Truyền động êm, có khả năng tự hãm, lực truyền lớn.
- Có thể truyền động nhanh với vít me có bước ren hoặc số vòng quay lớn.
- Hiệu suất truyền động thấp nên ít dùng để thực hiện những chuyển động chính.

Lựa chọn động cơ

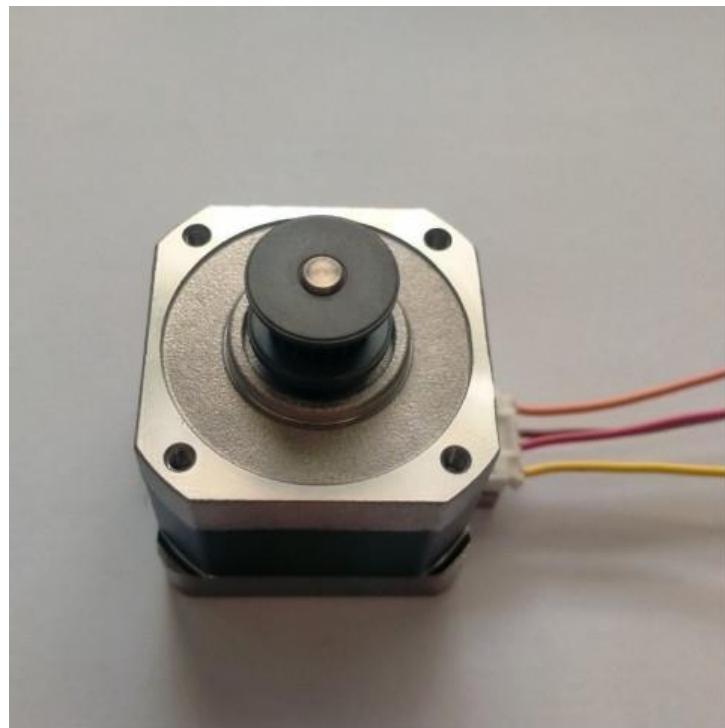
Đối với động cơ để áp dụng cho truyền động vít me của xi lanh, em quan tâm đến 2 loại động cơ: động cơ DC và động cơ bước.

Động cơ DC là một động cơ quay liên tục có hai dây là dây cáp nguồn và dây âm. Khi cung cấp đủ nguồn điện, động cơ DC sẽ bắt đầu quay cho đến khi nguồn điện đó bị ngắt. Đối với động cơ DC, để có thể điều khiển được tốc độ, cần dựa trên việc điều chế độ rộng xung(PWM), bên cạnh đó nếu muốn quay theo 2 hướng phải có thêm việc thiết kế mạch cầu H.

Động cơ bước cơ bản là một động cơ servo sử dụng nhiều phương pháp cơ giới hóa khác nhau. Cấu tạo bao gồm một động cơ DC xoay liên tục và mạch điều khiển kết hợp, động cơ bước sử dụng nhiều nam châm điện được bố trí xung quanh một trục trung tâm để định vị vị trí. Động cơ bước có tốc độ thấp, dễ lắp đặt, khả năng quay chính xác và điều khiển dễ dàng, đây là những lợi thế so với hầu hết động cơ khác. Trong khi động cơ servo sử dụng cơ chế vòng lặp phản hồi để điều khiển vị trí, thì động cơ bước cũng điều khiển vị trí thông qua khả năng quay theo từng bước, được tính ra số góc nhất định.

Ngoài ra, việc mua 1 động cơ DC có công suất đủ cho việc hút nước hay đẩy nước ra ở môi trường dưới nước sẽ tốn hơn rất nhiều so với động cơ bước (Động cơ GA-25 12VDC: 125000 đồng và động cơ bước size 42: 50000 đồng.)

Từ việc so sánh trên, em quyết định sử dụng động cơ bước size 42 để sử dụng cho việc điều khiển xi lanh hút và đẩy nước ra.



Hình 3.3 Động cơ bước

Thông số kỹ thuật:

- Chiều dài: 48MM
- Đường kính trục 5mm. Đầu trục vát phẳng, giúp puli/khớp nối không đỡ bị lỏng khi hoạt động
- Cường độ định mức 1.8A, mô men giữ 0.55 Nm, góc quay mỗi bước 1.8.
- Dây nối dài 1m, đầu dây chuẩn XH2.54
- Khối lượng: 400g

3.1.2 Lựa chọn động cơ cho di chuyển tịnh tiến

Đối với đuôi tàu, việc lựa chọn động cơ để có thể di chuyển tịnh tiến cần phải đáp ứng được những yêu cầu sau:

- Công suất đủ để đẩy tàu đi cũng như kéo tàu ngược lại.
- Có khả năng chịu được lực cản của nước
- Giá thành rẻ vì đây là sản phẩm mô hình.

Em có tìm hiểu được những động cơ DC sau:

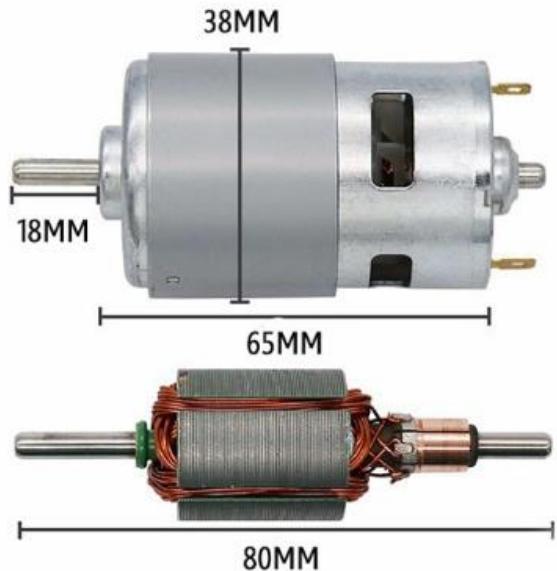
Tên động cơ	JGA-25 370	555	Động cơ vàng
Công suất	12VDC-1,3A	12VDC-1,5A	9VDC- 0.25A
RPM	800RPM (có hộp giảm tốc)	15000RPM	208RPM
Giá thành	145000 đồng	79000 đồng	25000

Bảng 3.1 Thông số các động cơ

Đối với thông số trên, việc lựa chọn động cơ JGA-25 sẽ cho ta được công suất tốt. Nhưng bù lại việc có hộp giảm tốc dẫn đến động cơ không thể di chuyển được nhanh cũng như giá thành hơi cao.

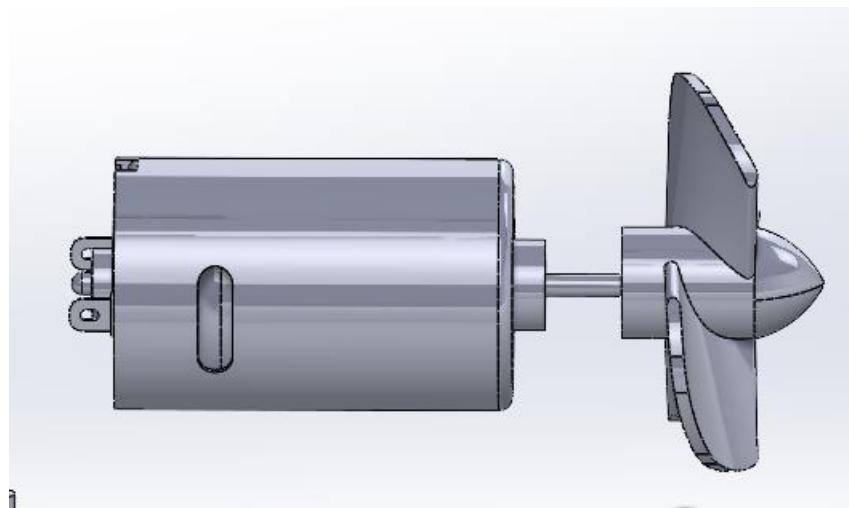
Đối với động cơ vàng, mặc dù giá thành rẻ nhưng công suất lại không cao, và bản thân động cơ vàng cũng là 1 động cơ giảm tốc dẫn đến RPM thấp.

Trong khi đó, động cơ 555 đáp ứng được mọi tiêu chí khi công suất đủ cho mô hình tàu của em, giá thành phải chăng và RPM lớn, giúp tàu có thể di chuyển nhanh hơn, vì vậy em sẽ lựa chọn động cơ 555 cho việc di chuyển tịnh tiến cho tàu ngầm.



Hình 3.4 Động cơ 555

Sau khi lựa chọn động cơ cho cánh vịt, em tiến hành mode lại trực quay để trực quay dài hơn, từ đó có thể lắp cánh vịt từ sau vào với mục đích trực quay dài hơn sẽ giúp nước di chuyển luôn hồi từ trước vào sau cánh vịt, giúp tàu ngầm có thể di chuyển.



Hình 3.5 Lắp ghép động cơ 555 với cánh vịt

3.1.3 Lựa chọn động cơ cho cánh lái

Đối với cánh lái, mỗi khi di chuyển sang hai hướng em cần cố định vị trí rẽ mà em mong muốn.

Việc dùng động cơ DC ở đây là không hợp lí vì động cơ DC chỉ có quay xoay chiều hoặc ngược chiều hoặc không quay,như vậy sẽ khiến cánh lái của em không cố định được vị trí trong 1 khoảng thời gian nhất định để đánh lái.

Vì vậy, em sử dụng động cơ servo trong trường hợp này. Servo là một dạng động cơ điện đặc biệt. Không giống như động cơ thông thường cứ cắm điện vào là quay liên tục, servo chỉ quay khi được điều khiển (bằng xung PWM) với góc quay nằm trong khoảng bất kì từ 0 độ - 180 độ.

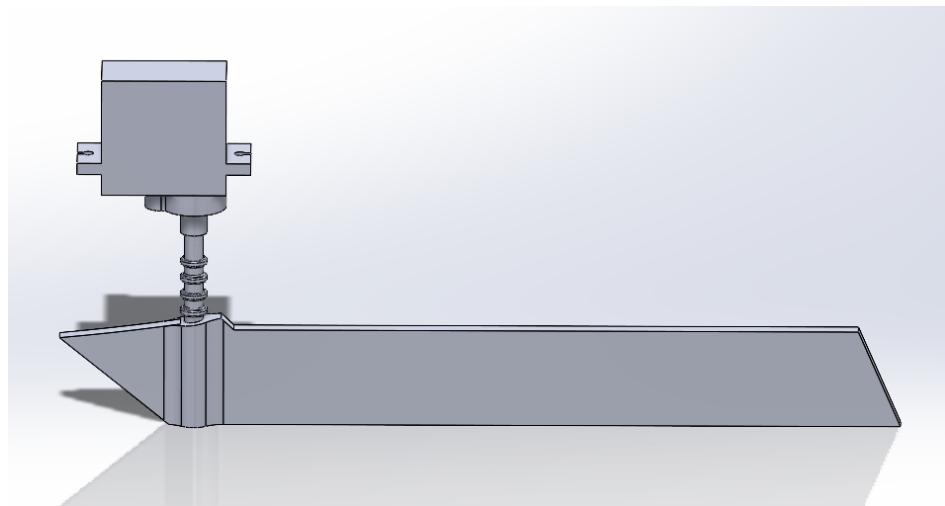
Đối với động cơ servo, do tác dụng của động cơ chỉ là bẻ cánh lái chứ không có tác dụng đẩy tàu đi,cho nên em lựa chọn động cơ servo SG-90 với giá thành rẻ,công suất thấp phù hợp với yêu cầu em đề ra.



Hình 3.6 Động cơ servo SG-90

Thông số kỹ thuật :

- Khối lượng : 9g
- Kích thước: 23mmX12.2mmX29mm
- Momen xoắn: 1.8kg/cm
- Tốc độ hoạt động: 60 độ trong 0.1 giây
- Điện áp hoạt động: 4.8V(~5V)
- Nhiệt độ hoạt động: 0 °C – 55 °C



Hình 3.7 Lắp cánh lái với động cơ servo

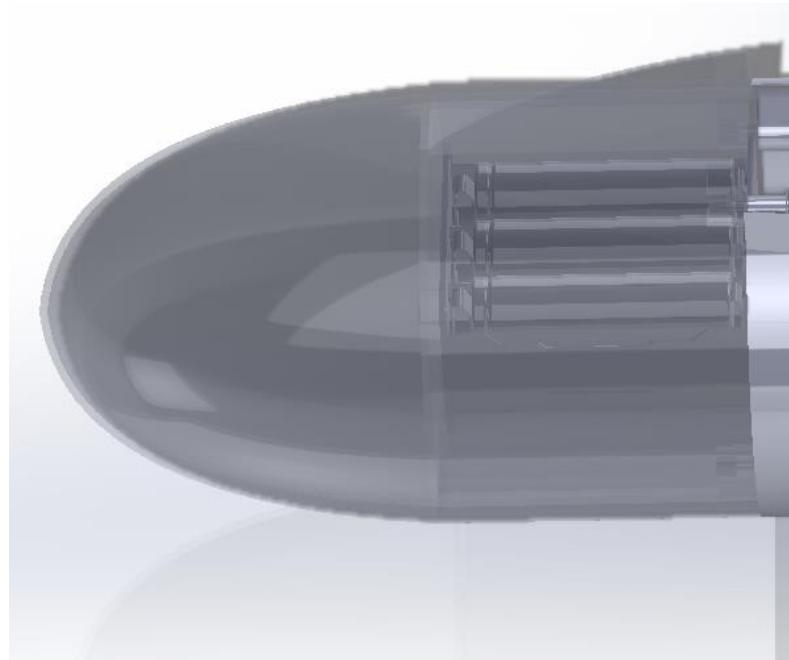
3.1.4 Sắp xếp thiết bị trong các khoang của tàu ngầm

Trong tàu ngầm của em, có 5 thiết bị chính bao gồm:

- Pin để nuôi các thiết bị, động cơ
- Mạch điện điều khiển
- Động cơ bước điều khiển xi lanh
- Động cơ servo điều khiển chiều quay của tàu
- Động cơ DC điều khiển di chuyển tàu.

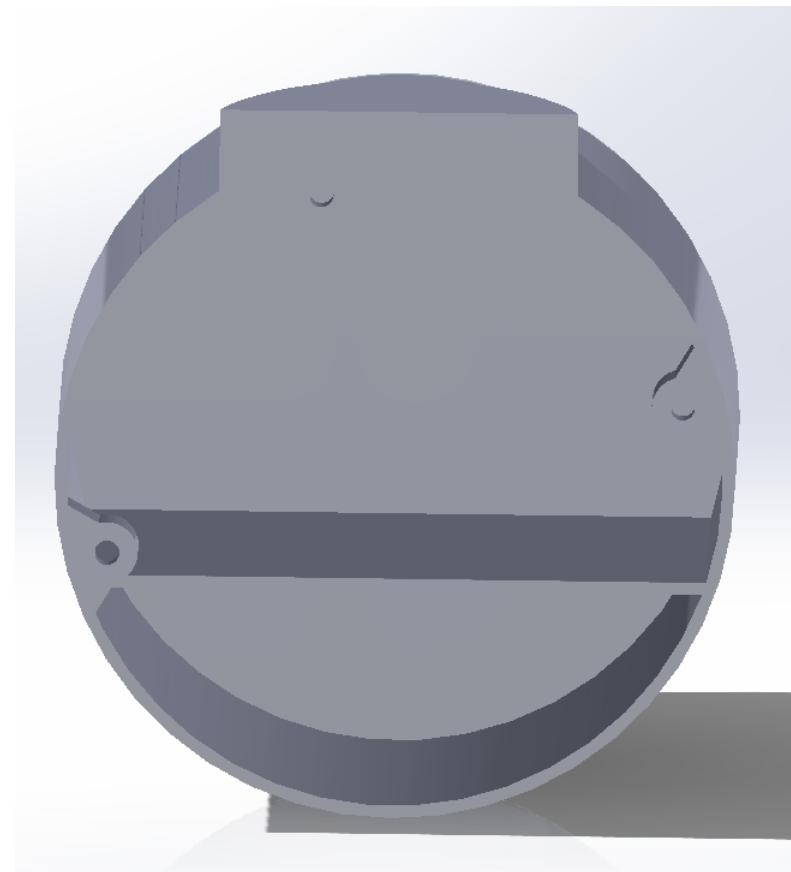
Với 5 thiết bị trên, em chia tàu làm 4 khoang chính với các chức năng riêng biệt của các khoang.

Khoang đầu tàu:



Hình 3.8 Khoang đầu tàu

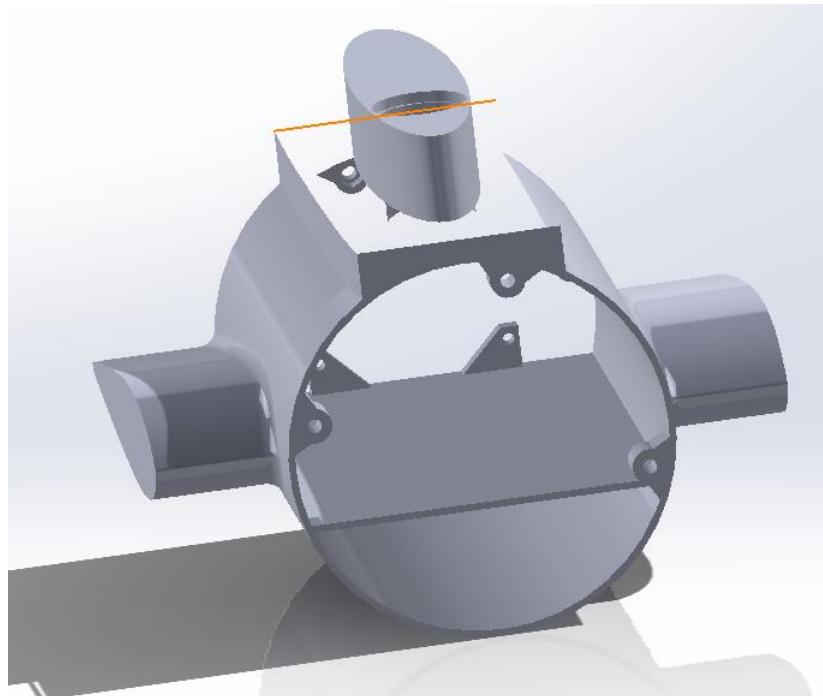
Khoang đầu tàu được chia làm 2 khoang theo chiều ngang với tác dụng bên trên em sẽ để đựng pin. Bên dưới dùng để đổ bê tông và kim loại vào với tác dụng tăng độ nặng cho tàu.



Hình 3.9 2 khoang nhỏ

Khoang giữa thứ nhất:

Khoang giữa thứ nhất là khoang em bố trí để đặt mạch điều khiển tàu ngầm và động cơ bước của xi lanh lên đó. Với khoang này, em cũng vẫn bố trí chia làm 2 khoang nhỏ với tác dụng khoang bên dưới mục đích để đỡ các chất và vật liệu làm nặng cho thân tàu.



Hình 3.10 Khoang giữa thứ nhất

Bên cạnh đó, bên trên cùng em có thiết kế lỗ trống với mục đích gắn conector chống nước vào để có thể nối các dây nạp code của mạch điện lên trên với mục đích debug cho con tàu khi lập trình chạy ở dưới nước.

Jack em sử dụng là jack đực cái GX 25 chống nước loại 8pin.

- **Thông số kỹ thuật:**

- Tên mã: GX-25
- Đường kính thân tròn: 25mm
- Số chân kết nối: 8 chân
- Kiểu chân: Đực và cái
- Chất liệu: Kim loại và nhựa
- Màu sắc:Bạc

Mục đích em sử dụng loại 8pin vì em có 3 loại dây cần đấu lên:

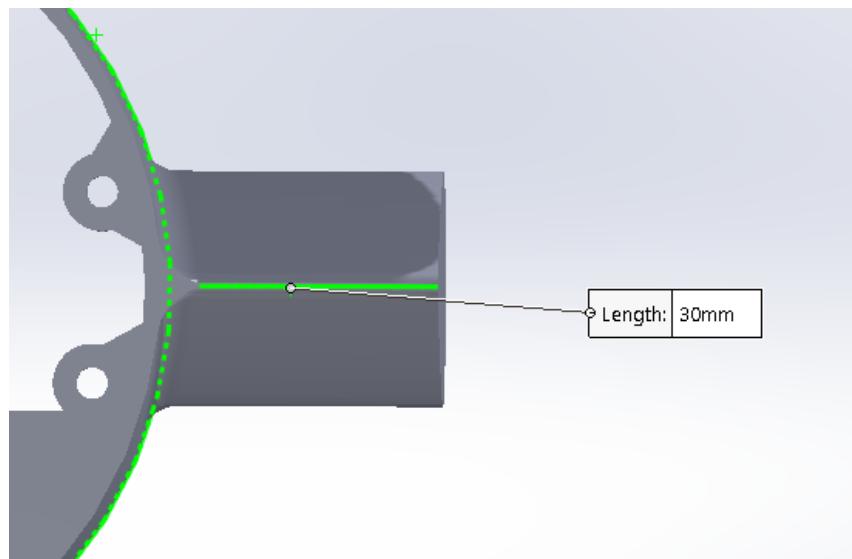
- Dây nạp code UART: 4 chân là TX, RX, VCC, GND
- Nút nhấn Reset và Boot : IO0 và IO2
- Dây sạc cho pin: Âm và dương

GX25-8Pin



Hình 3.11 Jack GX25-8pin

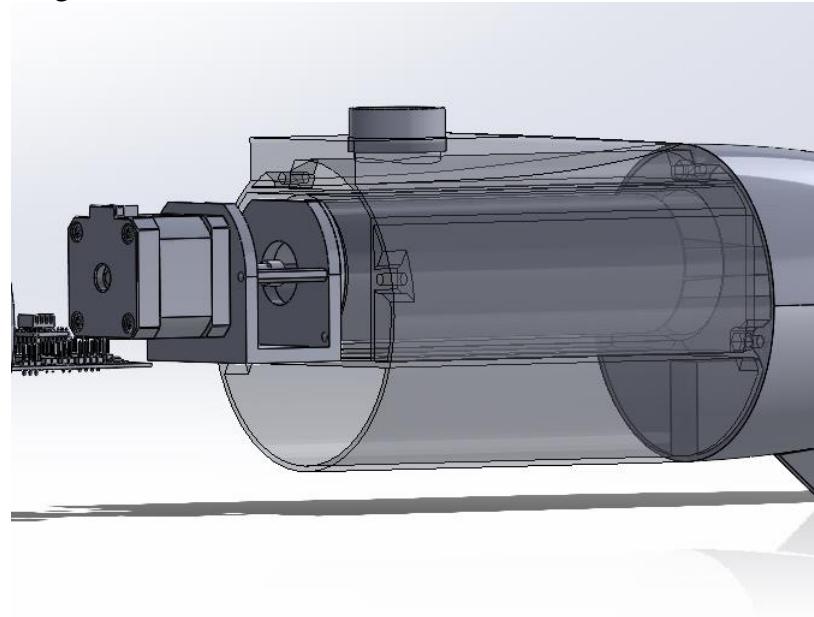
Để cân bằng việc tàu ngầm không bị lật ở trong môi trường nước, em thiết kế thêm 2 cánh ở hai bên với độ rộng mỗi cánh tương ứng với 1/3 độ rộng thân tàu là 30mm.



Hình 3.12 Độ dài cánh hai bên

Khoang giữa thứ hai :

Trong khoang giữa thứ hai này, em thiết kế để đặt xi lanh vào trong. Xi lanh có mục đích bơm nước vào trong giúp trọng lượng riêng của tàu bị thay đổi và tàu chìm dần xuống.

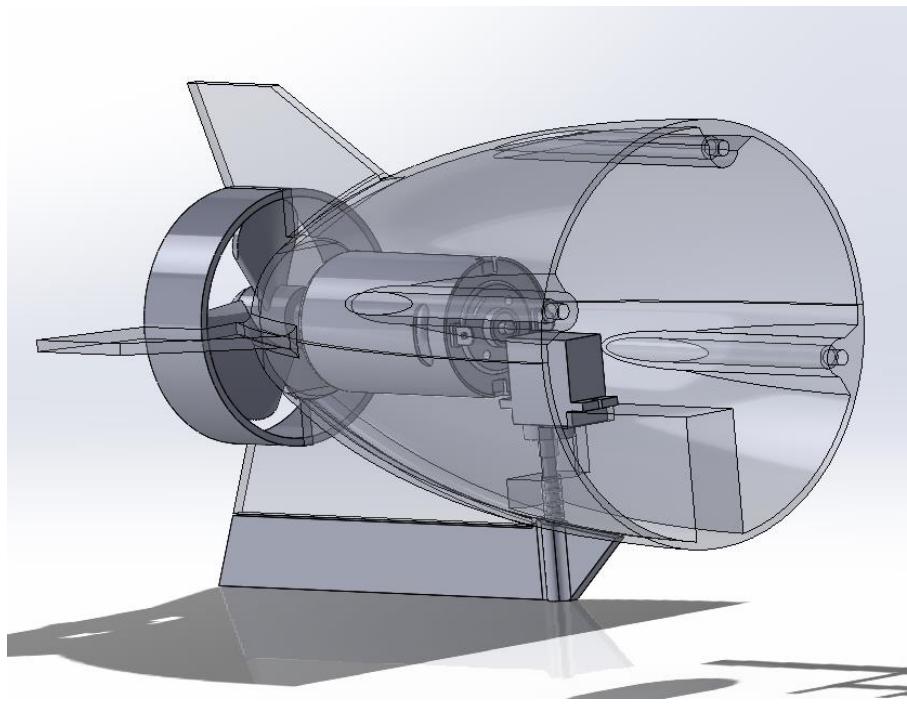


Hình 3.13 Khoang giữa thứ 2

Đồng thời bên trên khoang cũng có 1 lỗ trống với mục đích nhìn xem mực nước bơm được bơm vào trong xi lanh.

Khoang đuôi tàu:

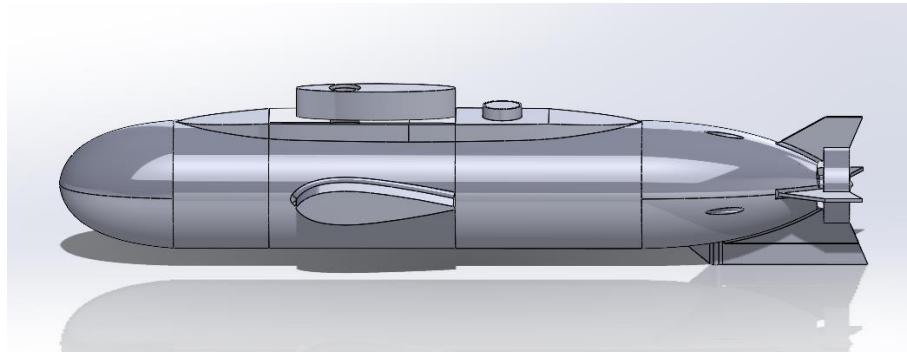
Khoang đuôi tàu em thiết kế để bố trí 2 động cơ bao gồm động cơ DC và động cơ servo. Động cơ DC được cắm trực tiếp ra ngoài đuôi tàu và sử dụng các gioăng cao su với mục đích bit nước không cho tràn vào thân tàu. Động cơ servo được cắm trực động cơ xuống đáy tàu để điều khiển cánh lái.



Hình 3.14 Khoang đuôi tàu

3.1.5 Kết luận mô hình

Sau khi thiết kế xong toàn bộ phần cơ khí tàu ngầm, em tiến hành đi in 3D cho tàu đồng thời kiểm thêm vật liệu là bê tông và chì về để xuống các khoang dưới của mỗi khoang chính.



Hình 3.15 Toàn bộ tàu ngầm

- Kích cỡ: 700x180x140mm
- Khối lượng mô hình in 3D: 600gram

Tuy nhiên, tàu sau khi in 3D cho mô hình sẽ có những vấn đề sau:

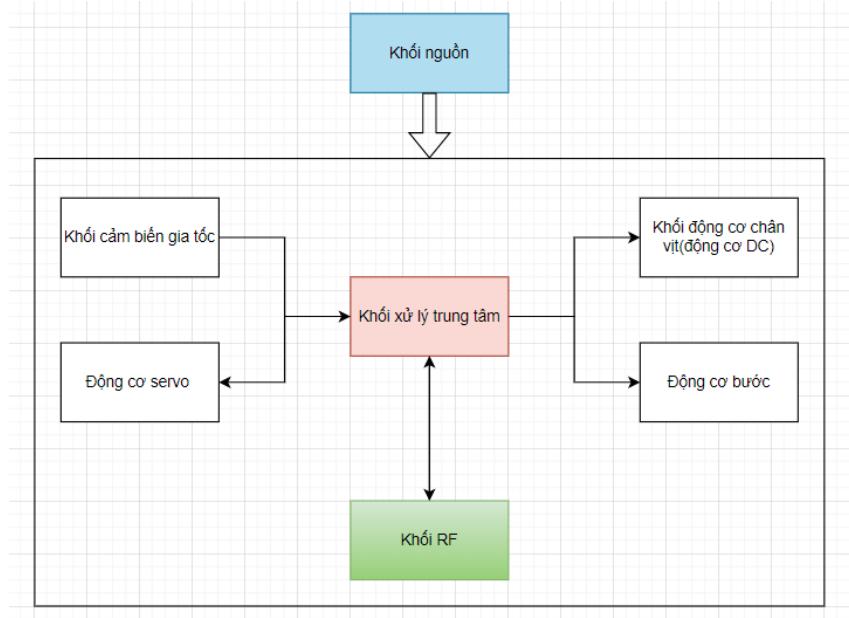
- Trọng tâm tàu đang không dồn vào giữa.
- Động cơ ở đuôi tàu nặng hơn.
- Vật liệu là nhựa in 3D sẽ chưa đủ độ nặng để khiến tàu ngầm chìm được xuống.

3.2 Thiết kế mạch điều khiển ngầm

Mạch điều khiển tàu ngầm có chức năng điều khiển các động cơ trên tàu ngầm, điều khiển trạng thái chìm nổi cũng như đọc cảm biến gia tốc để truyền

các thông số thu được về mạch điều khiển từ xa, giúp ta có thể theo con tàu mà không cần quan sát hay chạm vào.

3.2.1 Sơ đồ khối



Hình 3.16 Sơ đồ khối mạch điều khiển tàu ngầm

Trong sơ đồ khối này em chia làm 5 phần chính bao gồm như sau:

- Khối nguồn: Khối nguồn sẽ cung cấp năng lượng để cung cấp cho toàn bộ thiết bị điện trên tàu ngầm.
- Khối cảm biến: Là cảm biến góc giúp em đọc được các giá trị góc đo được của tàu ngầm.
- Khối động cơ: Là các khối điều khiển các động cơ trên tàu bao gồm: động cơ bước, servo, DC.
- Khối RF: Truyền/nhận sóng giữa hai mạch điều khiển.
- Khối xử lý trung tâm: Truyền/nhận bảng tin giải mã từ khối RF cũng như đọc cảm biến, điều khiển động cơ.

3.2.2 Sơ đồ nguyên lý

3.2.2.1. Khối điều khiển động cơ DC

Chúng ta nhắc lại về 1 số thông số kỹ thuật của động cơ DC 555

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp sử dụng: 6-15V
- Dòng tải: <2A
- Tốc độ: 27000 Vòng/ phút (12V); 25000 Vòng/ phút (9V)
- Đường kính trục: 3.2mm
- Đường kính động cơ: 37.5mm
- Chiều dài động cơ: 57mm
- Chiều dài trục động cơ: 12mm
- Trọng lượng: 220G

Với những thông số trên, em tiến hành thiết kế mạch cầu H để có thể điều khiển động cơ DC với mục đích có thể sử dụng PWM cho động cơ cũng như đảo chiều cho động cơ.

Em tìm hiểu và đưa ra được 1 số IC cho mạch cầu H như sau :

IC L293D	IC L298N	IC TB6612
<p>Có thể kiểm soát tốc độ và hướng</p> <p>Điện áp động cơ Vcc2 (Vs): 4,5V đến 36V</p> <p>Dòng động cơ cao nhất tối đa: 1.2A</p> <p>Dòng động cơ liên tục tối đa: 600mA</p> <p>Điện áp cung cấp cho Vcc1 (vss): 4,5V đến 7V</p> <p>Thời gian chuyển tiếp: 300ns (ở 5V và 24V)</p> <p>Giá thành: 10000đồng</p>	<p>Điện áp cấp tối đa 46V</p> <p>Dòng điện DC đầu ra tối đa 4A</p> <p>Điện áp bão hòa thấp</p> <p>Bảo vệ quá nhiệt</p> <p>Điện áp đầu vào tương ứng logic “0” lên đến 1,5 V</p> <p>Giá thành: 50000 đồng</p>	<p>Điện áp cung cấp: (V Motor) VM = 15 VDC (max), VCC = 2.7 ~ 5.5VDC</p> <p>Dòng điện đầu ra: Iout = 1.2A (trung bình) / 3.2A (định)</p> <p>Chế độ chờ để tiết kiệm năng lượng,</p> <p>Chế độ điều khiển động cơ CW / CCW / short brake / dừng</p> <p>Các tụ điện trên cả hai đường cung cấp điện áp,</p> <p>Tần số hoạt động có thể lên đến 100KHz</p> <p>Giá thành : 40000 đồng</p>

Bảng 3.2 So sánh 3 IC mạch cầu H

Qua bảng trên em thấy rằng:

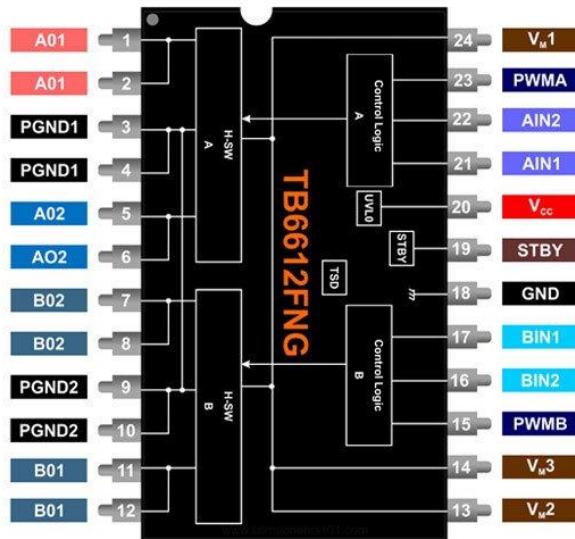
- IC L293D được giá thành rẻ, tuy nhiên điện áp cũng như dòng của động cơ không đáp ứng được công suất max của động cơ.
- IC L298N thỏa mãn việc điều khiển động cơ max của động cơ, tuy nhiên giá thành cao cũng như thừa dòng điều khiển tối đa.
- IC TB6612 thỏa mãn các yêu cầu đề ra cũng như giá thành ở tầm trung.
- ➔ Từ đây em lựa chọn IC TB6612 cho việc thiết kế mạch cầu H để điều khiển động cơ 555

IC TB6612:

TB6612FNG là IC điều khiển động cơ DC của Toshiba. Đây là bộ điều khiển động cơ cầu H được sử dụng để điều khiển hai động cơ DC. IC trình điều khiển này có thể được sử dụng với bất kỳ vi điều khiển nào như Arduino, Raspberry PI, v.v.

TB6612FNG có đầu ra mạch kêtch kênh đôi với cấu trúc cầu H MOSFET dòng cao. IC này điều khiển động cơ DC với hai tín hiệu đầu vào IN1 và IN2. Bằng cách chọn tín hiệu đầu vào, động cơ có thể được điều khiển ở bốn chế độ; Theo chiều kim đồng hồ (CW), Ngược chiều kim đồng hồ (CCW), Chế độ ngắt ngắn và Dừng.

TB6612FNG là một vi mạch rẽ tiền có điện trở thấp để điều khiển tốc độ và hướng của động cơ DC. Nó là một vi mạch kênh đôi. Điều đó có nghĩa là, chúng ta có thể điều khiển hai động cơ DC bằng một IC. Nó có hai kênh; kênh-A và kênh-B. Các động cơ DC được kết nối với các chân đầu ra của IC.



Hình 3.17 Sơ đồ chân IC TB6612

Sơ đồ chân của IC được em mô tả chi tiết dưới bảng sau:

Pin No	Tên	Mô tả
1	AO1	Ch-A đầu ra 1
2	AO1	
3	PGND1	Tiếp đất 1
4	PGND1	
5	AO2	Ch-A đầu ra 2
6	AO2	
7	BO2	Đầu ra Ch-B2
8	BO2	
9	PGND2	Tiếp đất 2
10	PGND2	
11	BO1	Ch-B Đầu ra 1
12	BO1	
13	VM2	Cung cấp động cơ (2,5 V – 13,5 V)
14	VM3	
15	PWMB	Đầu vào Ch-B PWM
16	BIN2	Đầu vào Ch-B 2
17	BIN1	Đầu vào Ch-B 1
18	GND	Tín hiệu mặt đất nhỏ
19	STBY	Đứng gần
20	VCC	Nguồn cung cấp tín hiệu nhỏ (2,7 V – 5,5 V)

21	AIN1	Đầu vào Ch-A 1
22	AIN2	Đầu vào Ch-A 2
23	PWMA	Đầu vào Ch-A PWM
24	VM1	Cung cấp động cơ (2,5 V – 13,5 V)

Bảng 3.3 Chức năng chân của IC TB6612

Hoạt động của IC TB6612:

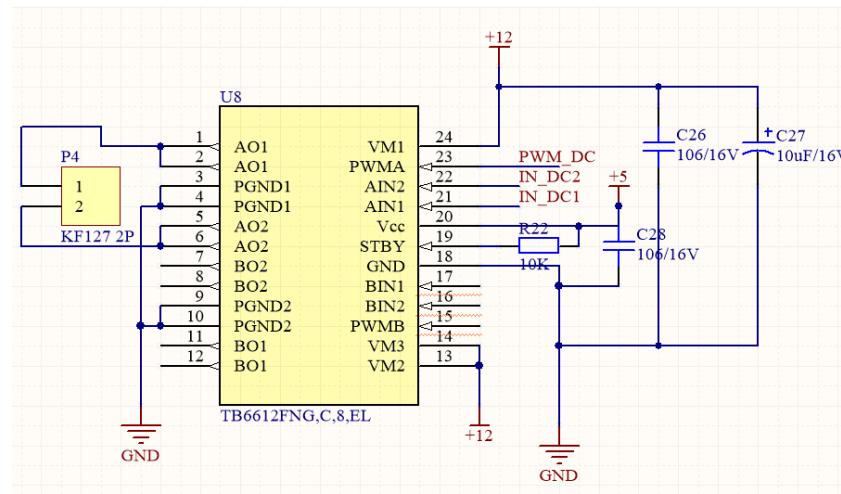
IC này được sử dụng để điều khiển hai động cơ DC. Một động cơ được kết nối với chân AO1 và AO2 (Kênh-A). Động cơ thứ hai được kết nối với chân BO1 và BO2 (Kênh-B). Theo các chân đầu vào AIN1 / AIN2 và BIN1 / BIN2, chip tạo ra bốn đầu ra PWM được sử dụng để điều khiển động cơ ở bốn chế độ hoạt động.

Đầu vào 1(AI1 hoặc BI1)	Đầu vào 2 (AI2 hoặc BI2)	Chế độ
Cao	Cao	Phanh ngắn
Thấp	Thấp	Ngừng lại
Cao	Thấp	Theo chiều kim đồng hồ (CW)
Thấp	Cao	Ngược chiều kim đồng hồ (CCW)

Bảng 3.4 Cách điều khiển IC TB6612

Tốc độ của động cơ được điều khiển bởi chân đầu vào PWMA và PWMB. Chu kỳ hoạt động của tín hiệu PWM sẽ điều khiển tốc độ của động cơ. Độ rộng của xung của tín hiệu PWM quyết định giá trị trung bình của điện áp đầu ra sẽ quyết định tốc độ của động cơ. Khi động cơ đang chạy, chân STBY phải được đặt ở mức cao

Dựa vào các nguyên lý trên, em tiến hành thiết kế nguyên lý cho IC TB6612



Hình 3.18 Sơ đồ nguyên lý IC TB6612

Trong sơ đồ nguyên lý, em kéo chân STBY lên mức cao thông qua trở 10kOhm. Bên cạnh đó, em dùng đầu ra A để điều khiển động cơ, cho nên đầu vào của động cơ em sẽ sử dụng 3 chân IO của vi điều khiển để điều khiển 3 chân PWMA, AIN1, AIN2 tương ứng.

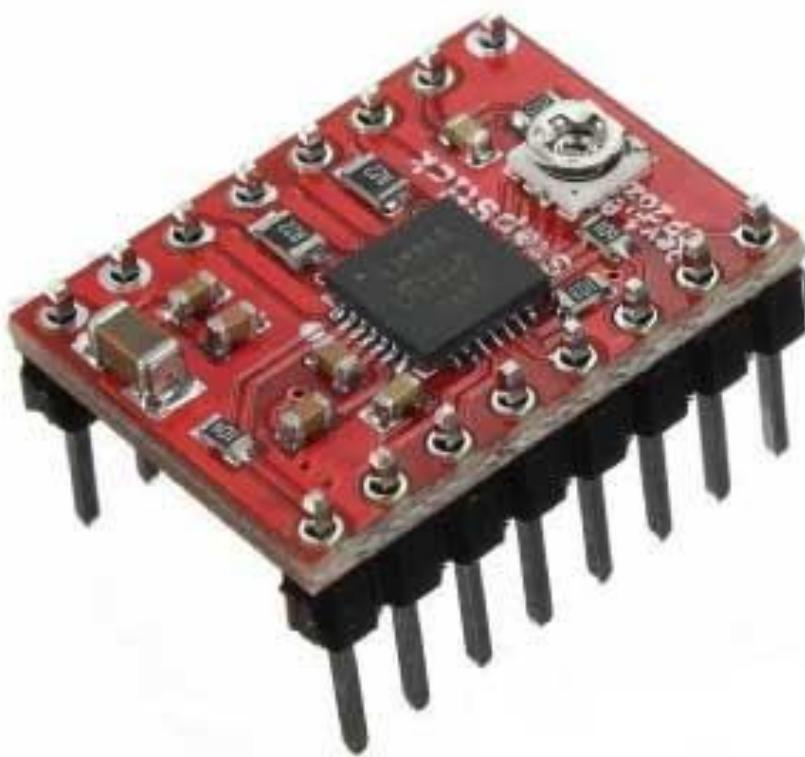
3.2.2.2. Khởi điều khiển động cơ bước

Để điều khiển động cơ bước, em sử dụng phương pháp điều chế Pulse Width Modulation(PWM). Với động cơ bước size 42 là 1 động cơ công suất không quá lớn, vì thế em sử dụng module driver động cơ A4988.

A4988 là một trình điều khiển vi bước để điều khiển động cơ bước lưỡng cực có bộ dịch tích hợp để vận hành dễ dàng. Điều này có nghĩa là chúng ta có thể điều khiển động cơ bước chỉ với 2 chân từ bộ điều khiển của chúng ta hoặc một chân để điều khiển hướng quay và chân kia để điều khiển các bước.

Driver cung cấp năm độ phân giải bước khác nhau: bước đủ, $\frac{1}{2}$ bước, $\frac{1}{4}$ bước, $\frac{1}{8}$ bước và $\frac{1}{16}$ bước. Ngoài ra, nó có một biến trở để điều chỉnh đầu ra hiện tại, tắt khi nhiệt độ quá cao và bảo vệ dòng điện chéo.

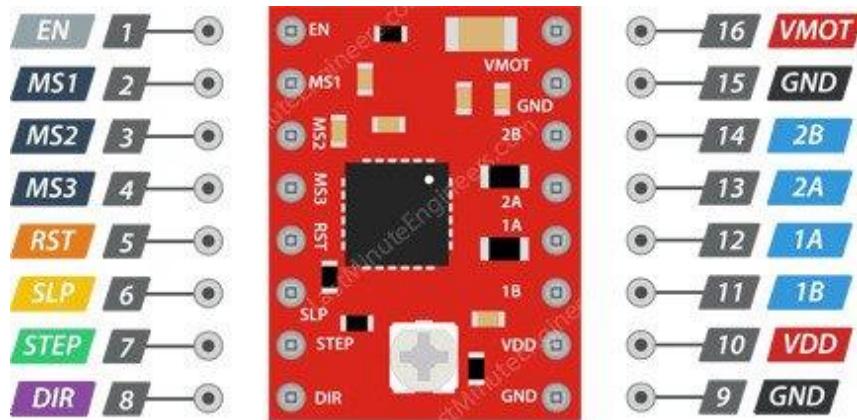
Nguồn vào của nó là từ 3 đến 5,5 V và dòng điện tối đa trên mỗi pha là 2A nếu được làm mát bổ sung tốt hoặc dòng điện liên tục 1A mỗi pha mà không cần tản nhiệt hoặc làm mát.



Hình 3.19 Driver A4988

Thông số kỹ thuật:

- Tương Thích Với Động Cơ Bước 2A (8vV~35V)
- 5 Chế Độ Điều Khiển : 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16
- Điều Chính Được Dòng Cực Đại
- Bảo Vệ Ngắn Mạch, Quá Tải
- Điện áp hoạt động 3,3v - 5v
- Kích thước 15(W) x 20(L) x 2(H) mm



A4988 Pinout



Hình 3.20 Sơ đồ chân A4988

Chức năng của các chân trong A4988 sẽ được em mô tả trong bảng dưới đây:

Số	Tên	Chức năng
1	EN	Bật/tắt động cơ
2,3,4	MS1,MS2,MS3	Lựa chọn chế độ microstep
5	RST	Đặt lại trạng thái cho A4988
6	SLP	Đưa A4988 vào chế độ ngủ
7	STEP	Cấp xung điều khiển
8	DIR	Xác định hướng di chuyển
9,15	GND	Mass(0V)
10	VDD	Cấp điện áp điều khiển IC
11,12	1A,1B	Kết nối với 2 chân cùng cực của động cơ
13,14	2A,2B	Kết nối với 2 chân cùng cực còn lại
16	VMOT	Cấp điện tích dương cho động cơ

Bảng 3.5 Mô tả chức năng chân driver A4988

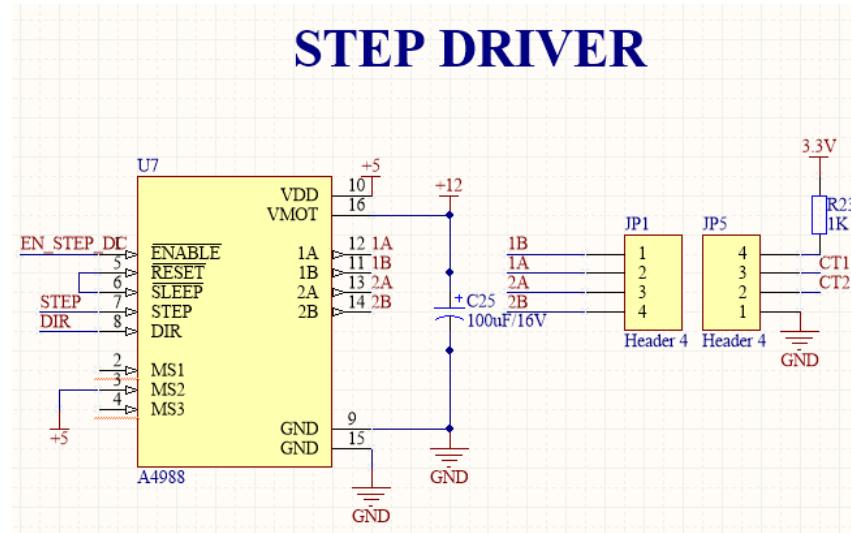
Driver A4988 hỗ trợ các chế độ microstep như full step, half step, 1/4 step, 1/8 step và 1/16 step. Bằng cách kết hợp các chân microstep selection (MS1, MS2 và MS3) với mức điện áp (VREF) được cấp cho chân REF pin, bạn có thể lựa chọn chế độ microstep phù hợp với yêu cầu.

Dưới đây là bảng mô tả cách lựa chọn chế độ microstep bằng các chân microstep selection trên Driver A4988:

MS1 Pin	MS2 Pin	MS3 Pin	Chế độ microstep
LOW	LOW	LOW	Full step
HIGH	LOW	LOW	Half step
LOW	HIGH	LOW	1/4 step
HIGH	HIGH	LOW	1/8 step
HIGH	HIGH	HIGH	1/16 step

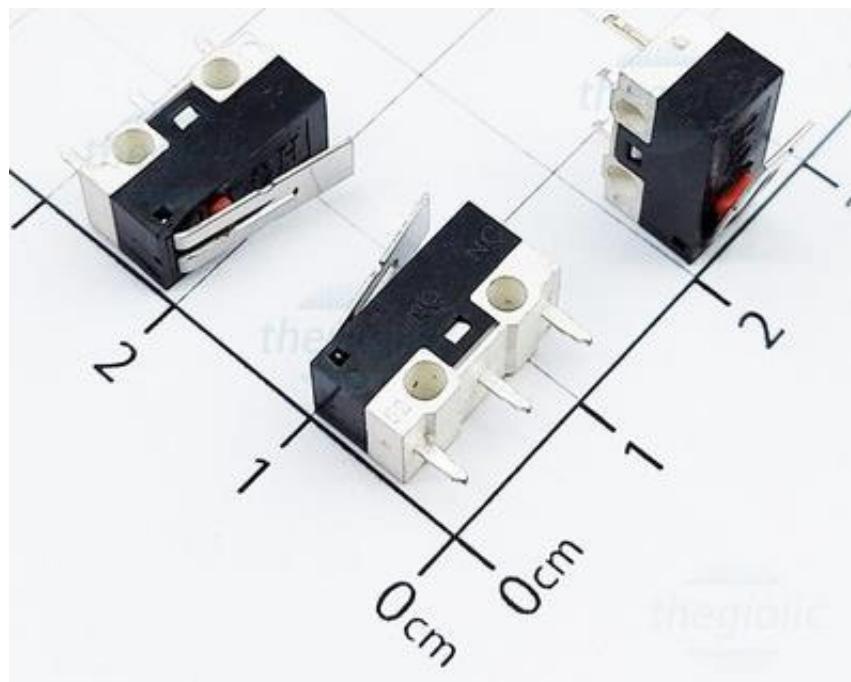
Bảng 3.6 Lựa chọn Microstep trên A4988

Từ những dữ liệu trên, em tiến hành thiết kế sơ đồ nguyên lý cho driver A4988:



Hình 3.21 Sơ đồ nguyên lý driver A4988

- Trong sơ đồ nguyên lý này, em cấp nguồn VMOT để điều khiển động cơ là 12VDC, VDD là 5VDC để cung cấp điện áp cho IC.
- Chân MS2 được nối vs 5VDC để chia nhỏ thành $\frac{1}{4}$ step.
- Bên cạnh đó, em sử dụng 3 chân IO của vi điều khiển để sử dụng chân ENABLE, STEP, DIR với nhiệm vụ bật tắt driver, cấp xung cũng như đảo chiều cho động cơ.
- Ngoài ra, em còn sử dụng thêm 2 chân INPUT để nối với công tắc hành trình với mục đích xác định điểm đầu, điểm cuối của bơm xi-lanh.

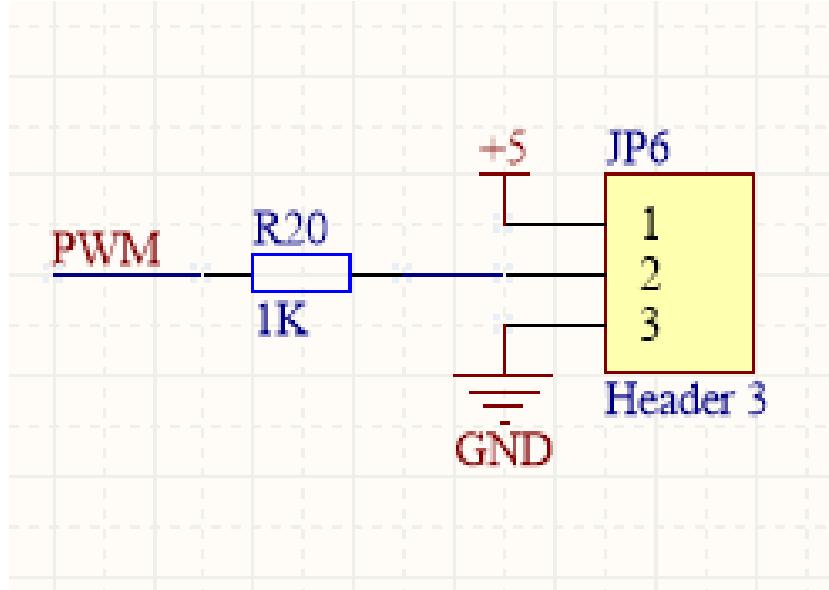


Hình 3.22 Công tắc hành trình

3.2.2.3. Thiết kế sơ đồ nguyên lý điều khiển động cơ servo

Đối với động cơ servo em sử dụng là servo SG90, vì vậy em ra 3 chân jum bao gồm VCC, GND và chân PWM cho servo.

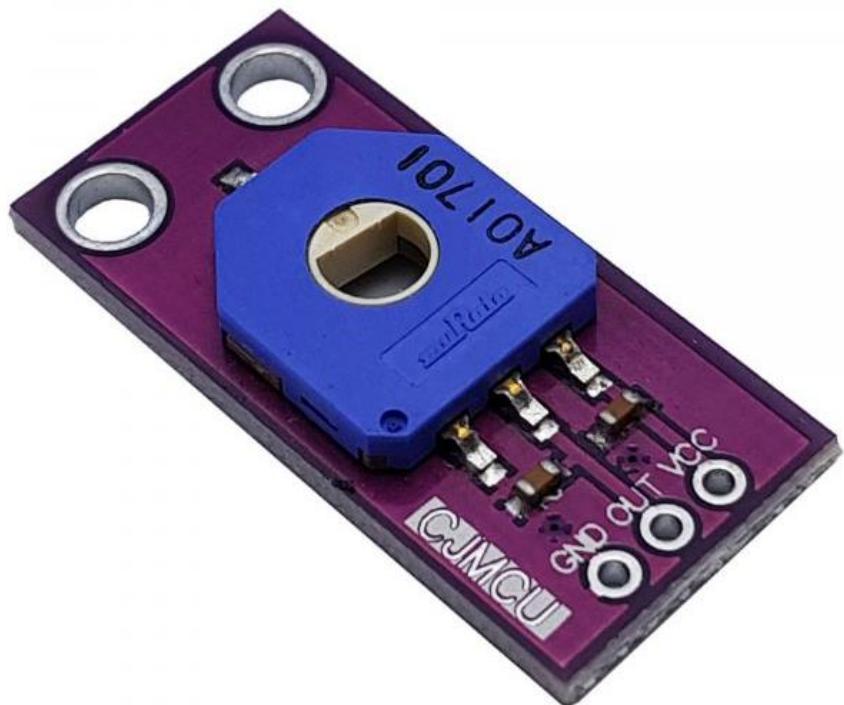
Bên cạnh đó, em có để thêm 1 trở 1kOhm trước chân cấp xung với mục đích để tránh giảm dòng xung nhiễu phản lại vào vi điều khiển.



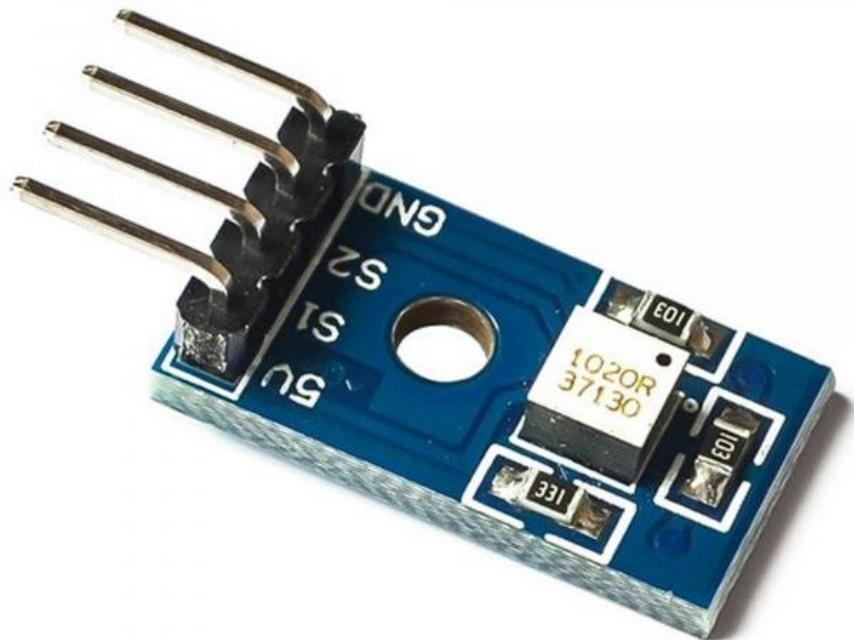
Hình 3.23 Sơ đồ nguyên lý điều khiển động cơ servo

3.2.2.4. Thiết kế sơ đồ nguyên lý cảm biến góc tốc MPU-6050

Đối với cảm biến góc, có rất nhiều lựa chọn như cảm biến MCU-103 SV01A103AEA01R00 hay RPI-1031 hoặc MPU9250, MPU6050, vv.... Tuy nhiên, đối với hai loại cảm biến MCU-103 hoặc RPI-1031, giá trị góc đọc được chỉ quy về hệ tọa độ Oxy mà không thể xác định hệ trục Z. Trong khi đó, di chuyển trong môi trường nước việc tàu không nằm cân bằng ở 1 vị trí mà hay lật đi lật lại có thể thay đổi rất nhiều ở cả 3 trục x,y,z. Vì vậy việc lựa chọn dòng cảm biến MPU sẽ hợp lý hơn.



Hình 3.24 Cảm biến MCU-103 SV01A103AEA01R00



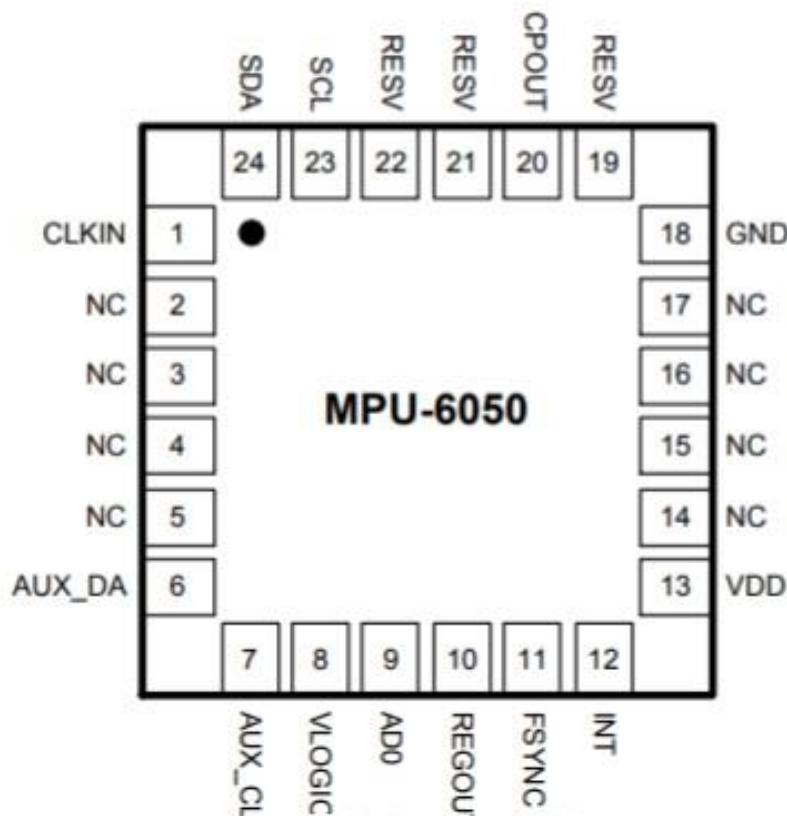
Hình 3.25 Cảm biến RPI-1031

Tuy nhiên giá thành cảm biến MPU-9250 lại rất đắt(125000 đồng) và thu về được nhiều giá trị hơn mà bản thân thiết bị không quá cần thiết, trong khi đó MPU-6050 chỉ có giá là 45000 đồng mà vẫn gửi về 3 giá trị góc x, y, z cũng như giá tốc góc ở cả 3 tọa độ. Với kinh phí có hạn, em lựa chọn cảm biến MPU-6050 là cảm biến cho mạch điều khiển tàu ngầm.

MPU6050 là Hệ thống cơ điện vi mô (MEMS) bao gồm Gia tốc kế 3 trục và Con quay hồi chuyển 3 trục bên trong nó. Điều này giúp em đo gia tốc, vận tốc, định hướng, độ dịch chuyển và nhiều thông số liên quan đến chuyển động khác của một hệ thống hoặc vật thể.

Các tính năng của MPU-6050:

- Giá trị gia tốc kép 3-axi của MEMS và con quay hồi chuyển 3 trục được kết hợp
- Nguồn cung cấp: 3-5V
- Giao tiếp: Giao thức I2C
- ADC 16-bit tích hợp cung cấp độ chính xác cao
- DMP tích hợp cung cấp sức mạnh tính toán cao
- Có thể được sử dụng để giao tiếp với các thiết bị IIC khác như từ kẽm
- Địa chỉ IIC có thể định cấu hình
- Cảm biến nhiệt độ tích hợp



Hình 3.26 MPU6050

Bộ cảm biến quay tròn (gyroscope) có trong MPU6050 có thể phát hiện quay quanh ba trục X, Y, Z. Hiệu ứng Coriolis gây ra một sự rung động khi các cảm biến quay quanh bất kỳ trục nào. Những rung động này được thu nhận bởi tụ điện. Tín hiệu được tạo ra sau đó được khuếch đại, giải mã và lọc để tạo ra một điện áp tỉ lệ với tốc độ góc. Sau đó, điện áp này được số hóa bằng cách sử dụng ADC (Analog-to-Digital Converter).

DMP (Digital Motion Processor) có trong MPU6050 giúp giảm tải tính toán các thuật toán phát hiện chuyển động của bộ xử lý chủ. DMP thu thập dữ liệu từ tất cả các cảm biến và lưu giá trị tính toán vào các thanh ghi dữ liệu hoặc trong FIFO của nó. FIFO có thể truy cập qua giao diện nối tiếp. Sử dụng chân AD0, nhiều module MPU6050 có thể được kết nối với một vi xử lý. MPU6050 có thể dễ dàng sử dụng với Arduino, vì nó có các thư viện có tài liệu chi tiết.

Khi sử dụng trong các ứng dụng, các đường I2C của MPU6050 được kéo cao bằng một trở $4.7k\Omega$ và chân ngắt được kéo xuống bằng một trở $4.7k\Omega$. Khi có dữ liệu trong FIFO, chân ngắt sẽ được kéo lên cao. Bây giờ, vi điều khiển có thể đọc dữ liệu bằng cách sử dụng bus giao tiếp I2C. Dữ liệu được cung cấp bởi các thư viện bao gồm các giá trị sau: các thành phần của số thực, các góc Euler, Yaw, Pitch, Roll, gia tốc thế giới thực, gia tốc khung thế giới và các giá trị cảm biến Teapot invent.

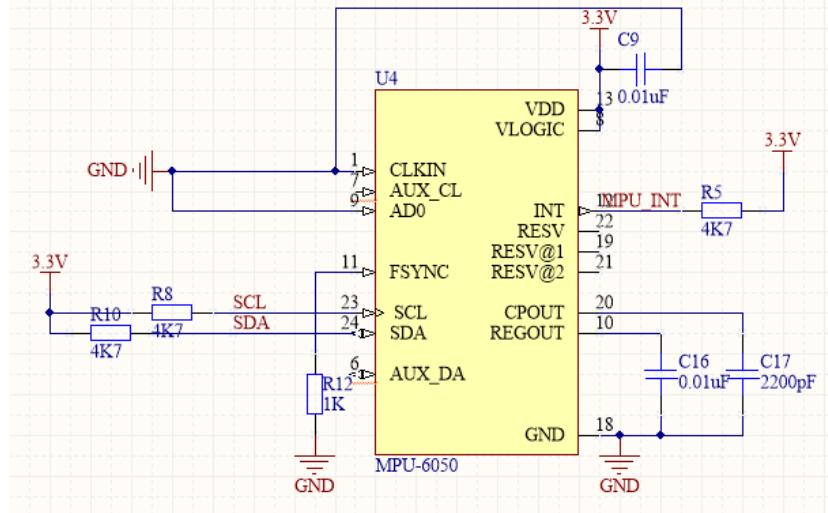
Chức năng các chân của IC MPU-6050 được em mô tả ở dưới bảng sau:

Số	Tên	Chức năng
1	CLKIN	Chân đầu vào xung đồng hồ tham chiếu ngoài tùy chọn. Chân này được kết nối với mät đất khi không sử dụng.
2,3,4,5	NC	Không được kết nối bên trong thiết bị.
6	AUX_DA	Đây là chân dữ liệu chuỗi I2C của trình điều khiển (master). Chân này được sử dụng để kết nối với các cảm biến bên ngoài.
7	AUX_CL	Chân đồng hồ chuỗi I2C của trình điều khiển (master). Chân này được sử dụng để kết nối với các cảm biến bên ngoài.
8	VLOGIC	Chân cung cấp điện áp cho các thiết bị vào/ra kỹ thuật số (digital I/O).
9	AD0	Chân LSB (Least Significant Bit) địa chỉ I2C slave.
10	REGOUT	Chân kết nối bộ lọc cho tụ điện điều tiết.
11	FSYNC	Chân đầu vào kỹ thuật số đồng bộ hóa khung dữ liệu. Chân này được kết nối với mät đất khi không sử dụng.
12	INT	Chân đầu ra kỹ thuật số ngắt.
13	VDD	Cung cấp điện áp cho thiết bị.
14,15,16,17	NC	Không được kết nối bên trong thiết bị.
18	GND	Chân đất cung cấp điện áp cho thiết bị
19,21	RESV	Dành riêng
20	CPOUT	Chân kết nối tụ điện của bom điện
22	RESV	Dành riêng
23	SCL	I2C.Cần có trở $4k7\Omega$ kéo lên mức cao
24	SDA	I2C.Cần có trở $4k7\Omega$ kéo lên mức cao

Bảng 3.7 Chức năng các chân của MPU6050

Từ các nguyên lý trên, em tiến hành thiết kế sơ đồ nguyên lý cho MPU6050:

MPU6050



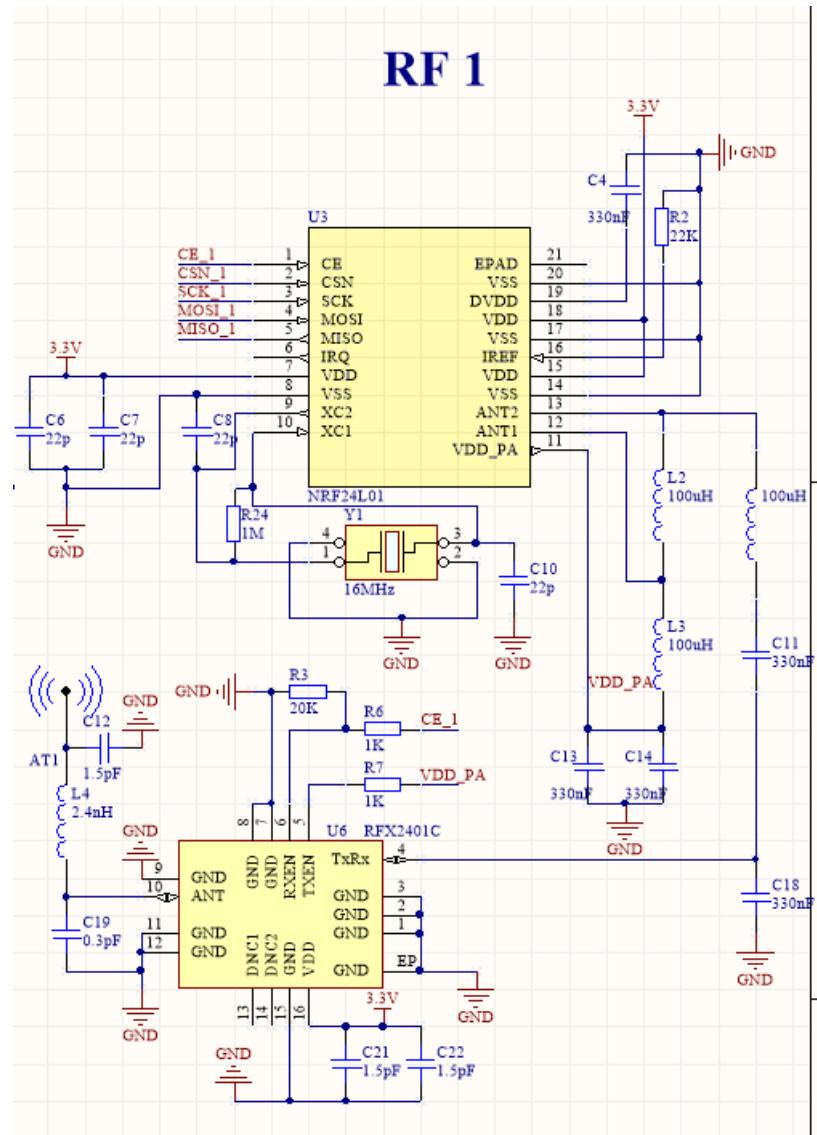
Hình 3.27 Sơ đồ nguyên lý MPU-6050

- Trong sơ đồ này, em mắc 2 trở 4k7Ohm lên mức cao ở chân SCL, SDA của IC. Để đọc được dữ liệu, MPU_INT được kéo lên mức qua thông qua 1 trở 4k7Ohm.
- Chân FSYNC do không được sử dụng nên em kéo xuống đất thông qua trở 1kOhm.
- 2 chân CPOUT và REGOUT đều được nối với tụ điện kéo xuống GND với giá trị giống như datasheet cung cấp.

3.2.2.5. Thiết kế khối truyền RF

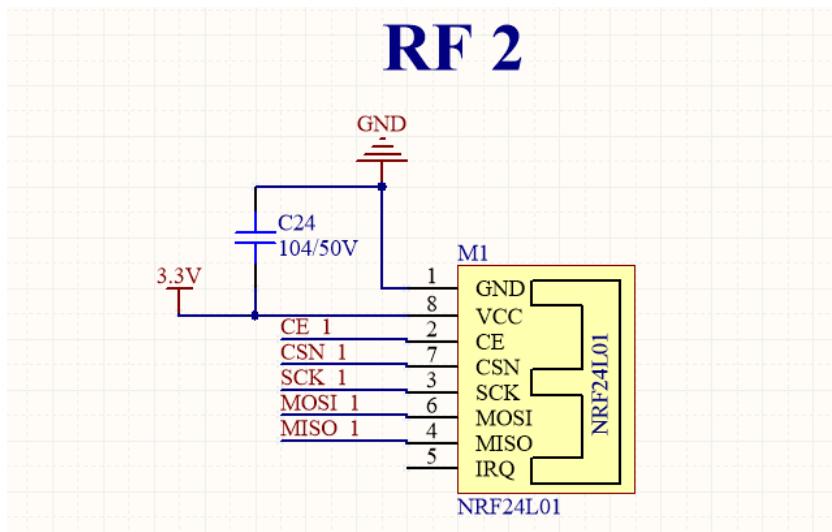
Dựa trên những gì em đã tìm hiểu về nRF24L01 và IC khuếch đại công suất RFX2401C ở mục 2.2.3, em tiến hành thiết kế sơ đồ nguyên lý cho khối RF trên mạch như sau:

- Em kết nối 5 chân IO của vi điều khiển với chân CE, CSN, MOSI, MISO, SCK của IC nRF24L01.
- Thạch anh 16Mhz được sử dụng cho nRF24L01 theo datasheet của nhà sản xuất.
- IREF được kéo xuống GND thông qua trở 10kOhm.
- IC nRF24L01 được kết nối với IC khuếch đại công suất thông qua chân ANT1 và ANT2 và được kết hợp trở kháng 50Ohm.
- CE và VDD_PA có tác dụng điều khiển mức logic truyền/nhận cho IC khuếch đại thông qua chân RXEN và TXEN.
- Đầu ra của chân ANT của IC khuếch đại được nối với Antena kết hợp với trở kháng 50Ohm cùng với tụ và cuộn cảm để lọc nhiễu dựa theo Reference của nhà sản xuất.



Hình 3.28 Khối truyền/thu RF 1

Bên cạnh đó, em có thiết kế thêm một khối RF dự phòng để sử dụng với module nRF24L01+PA+LNA trong trường hợp đề phòng khói RF 1 không truyền được hoặc công suất phát ra yếu.



Hình 3.29 Khối truyền/thu RF2

3.2.2.6. Khối xử lý trung tâm

Để chọn vi điều khiển cho khối xử lý trung tâm, em đánh giá dựa trên hiệu suất làm việc, cách thức sử dụng, giá thành và số chân IO mà vi điều khiển đáp ứng được.

Số chân IO cần sử dụng trong mạch bao gồm:

- RF: 5 GPIO(CE,CSN,MOSI,MISO,SCK) - SPI
- Động cơ servo: 1GPIO(PWM)
- Động cơ bước: 3GPIO(EN,STEP,DIR)+ 2 công tắc hành trình = 5GPIO
- Động cơ DC: 3GPIO(IN1,IN2,PWM)
- MPU: 3GPIO(SCL,SDA,INT) – I2C

Vậy tổng số chân em cần phải sử dụng tối thiểu là : $5 + 1 + 5 + 3 + 3 = 17GPIO$.

Em tiến hành khảo sát một số dòng chip phổ biến mọi người hay sử dụng hiện nay:

ATmega328P	STM32F103C8T6	ESP32
Tiêu thụ ít điện năng.	Lõi ARM COTEX M3.	32bit.
Tổng số chân ngõ vào Analog là 6.	Tốc độ tối đa 72Mhz.	Tốc độ xử lý 160Mhz-240Mhz.
Chứa 32 kilobyte bộ nhớ flash.	Điện áp hoạt động từ 2.0 → 3.6V.	Rom: 448 Kbyte.
Chứa 2 kilobyte SRAM.	Sử dụng thạch anh ngoài từ 4Mhz → 20Mhz.	4MB external Flash.
Chứa 1 kilobyte EEPROM.	Thạch anh nội dùng dao động RC ở mode 8Mhz hoặc 40Khz.	Ram: 520 kByte SRAM, 18 kênh ADC 12bit.
Tốc độ xung nhịp 16 megahertz	2 bộ ADC 12 bit với 9 kênh cho mỗi bộ	3SPI,3UART,2I2C,16 kênh đầu ra PWM.
Tổng số chân I / O kỹ thuật số là 14 chân.	Số chân IO:37	34 GPIO có thể lập trình.
Điện áp hoạt động tối thiểu và tối đa từ 1.8V DC đến 5.5V DC.	3 bộ Timer cho PWM	Phần mềm lập trình: Arduino IDE,ESP-IDF,vv...
Phần mềm lập trình sử dụng Arduino IDE,...	Phần mềm lập trình sử dụng STM32CUBEIDE hoặc STM32CUBEMX+KeilC,...	Giá thành: 60000đồng
Giá thành : 50000đồng	Giá thành: 100000đồng	

Bảng 3.8 3 MCU sử dụng phổ biến

Qua bảng trên, em đánh giá được những ưu, nhược điểm của 3 chip như sau:

- Atmega328P: Giá thành rẻ, dễ sử dụng, tuy nhiên số IO chưa đáp ứng được yêu cầu đề bài của em cũng như tốc độ xung nhịp khá thấp(16Mhz).
- STM32F103C8T6: Số IO có rất nhiều và dư để em sử dụng, tuy nhiên việc lập trình cần có lượng kiến thức vừa đủ cũng như việc lập trình nrf24l01 với stm32 thường rất ít gấp, bên cạnh đó giá thành cũng cao(100000đồng).
- ESP32: Xung nhịp cao, lập trình dễ sử dụng, số chân IO đầu ra đáp ứng đủ những gì em cần, giá thành ở mức vừa đủ, bên cạnh đó còn có khả năng sử

dụng Wifi/Bluetooth có khả năng phát triển thêm trong tương lai vào những công nghệ truyền không dây.

Vì vậy, em quyết định sẽ chọn ESP32 làm MCU để điều khiển mạch của em.



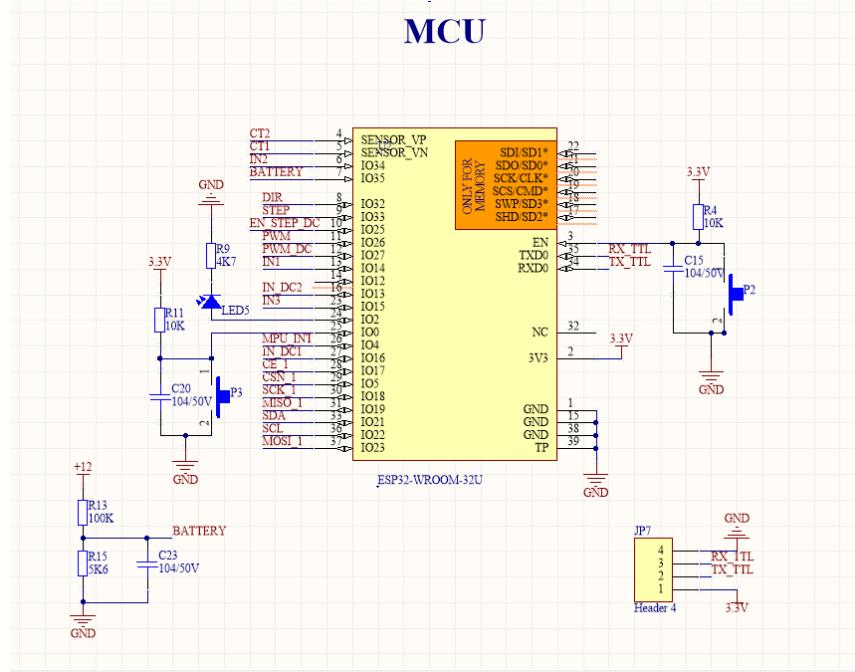
Hình 3.30 ESP32

[5]ESP32 là một hệ thống vi điều khiển trên chip (SoC) giá rẻ của Espressif Systems, nhà phát triển của ESP8266 SoC. Nó là sự kế thừa của SoC ESP8266 và có cả hai biến thể lõi đơn và lõi kép của bộ vi xử lý 32-bit Xtensa LX6 của Tensilica với Wi-Fi và Bluetooth tích hợp.

Điểm tốt về ESP32, giống như ESP8266 là các thành phần RF tích hợp của nó như bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại nhận tiếng ồn thấp, công tắc ăng-ten, bộ lọc và Balun RF. Điều này làm cho việc thiết kế phần cứng xung quanh ESP32 rất dễ dàng vì bạn cần rất ít thành phần bên ngoài.

Một điều quan trọng khác cần biết về ESP32 là nó được sản xuất bằng công nghệ 40 nm công suất cực thấp của TSMC. Vì vậy, việc thiết kế các ứng dụng hoạt động bằng pin như thiết bị đeo, thiết bị âm thanh, đồng hồ thông minh, ..., sử dụng ESP32 sẽ rất dễ dàng.

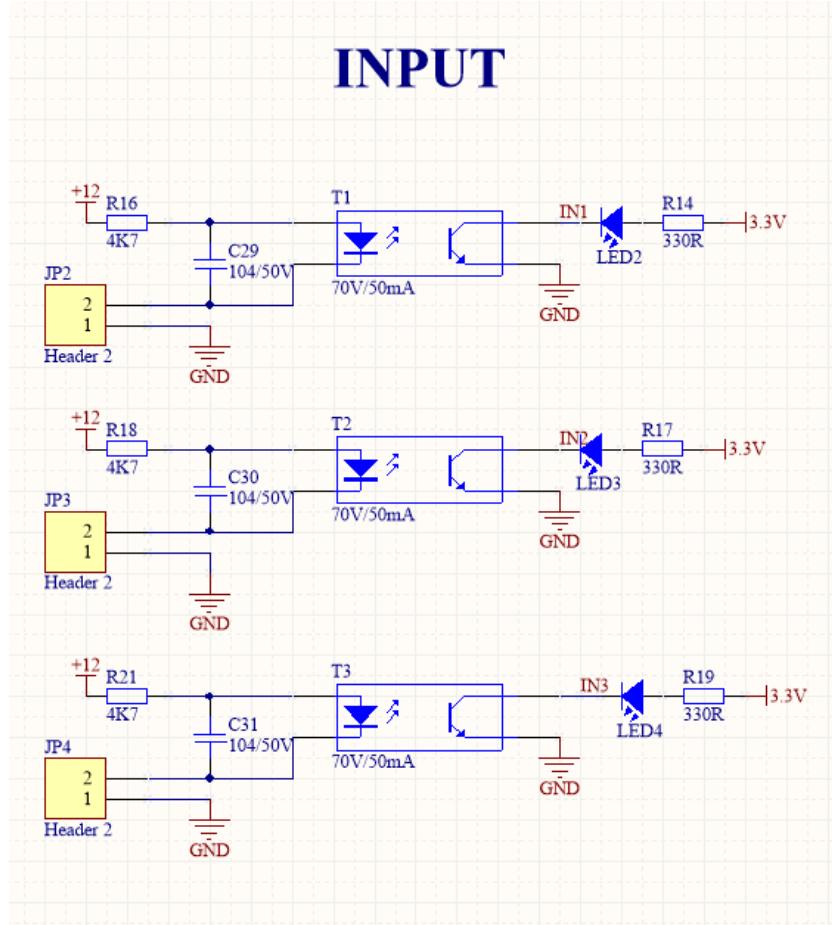
Sơ đồ nguyên lý cho ESP32 được em thiết kế như sau:



Hình 3.31 Sơ đồ nguyên lý khói MCU

Trong khói MCU này, em cấp nguồn 3.3VDC cho ESP32.

- 2 công tắc hành trình được nối vào GPIO36,39(VP,VN) để đọc INPUT.
- DIR, STEP, EN của động cơ bước được lần lượt nối vào IO32, 33, 25.
- PWM của động cơ servo được nối vào GPIO26.
- PWM_DC, IN_DC2, IN_DC1 của IC mạch cầu H TB6612 được nối với IO27,IO13,IO16.
- SCL,SDA của MPU6050 được nối với IO21, IO22 tương ứng với I2C có sẵn của MCU.
- CE,CSN được nối với IO17, IO5. MISO, SCK, MOSI được nối với HSPI của MCU.
- Để MCU có thể nạp code cũng như fix bug, em cần kéo chân IO0 với chân EN của MCU lên mức cao và có nút nhấn ở đó mỗi khi chip đi vào chế độ flash.
- Battery để theo dõi mức điện áp của khói nguồn được nối với IO 35 của MCU dựa trên nguyên lý phân áp từ 12V xuống 3.3V.
- Ngoài ra, do thừa 3 chân nên em thiết kế thêm khói INPUT với tác dụng để sau này có thể cải tiến thêm trong việc lắp cảm biến để theo dõi bên dưới môi trường nước. 3 chân IN1, IN2, IN3 lần lượt được dùng với GPIO 14, 34, 15.



Hình 3.32 Khối INPUT

3.2.2.7. Thiết kế sơ đồ nguyên lý khói nguồn

Để lựa chọn khói nguồn phù hợp, em tính toán tổng công suất của các khói bên trong thiết bị của em:

- MCU: 3.3VDC-240mA
- MPU6050: 3.3VDC-12mA
- nRF24L01+PA+LNA: 3.3VDC-120mA

Tổng: 3.3VDC-372mA

Servo: 5VDC-250mA

- TB6612: 12VDC-2A
- A4988: 12VDC-1A

Tổng: 12VDC-3A

Từ các dữ liệu trên, em sẽ lựa chọn 6 pin 18650 3s mắc song song với dung lượng 1500mAh mỗi pin để dùng làm nguồn 12V với tổng dung lượng thu được là 3000mAh và sử dụng LM2596 5V-3A để cấp nguồn cho servo. Sau đó em sử dụng AMS117 3V-1A để cấp nguồn cho MCU, MPU-6050 và nRF24L01+PA+LNA.

- **Pin 18650:**

Pin 18650 thuộc 1 nhóm trong các loại Pin Lithium-Ion, chúng có kích thước 18mm x 65 mm (đường kính x chiều dài) hình trụ.

Pin 18650 được sử dụng phổ biến trong các thiết bị cầm tay như: Pin sạc dự phòng, máy khoan, máy cắt, quạt cầm tay, đèn pin, pin laptop, pin xe đạp điện, xe máy điện,... Chúng có ưu điểm nhỏ gọn, thời gian sử dụng lâu dài, có thể ghép thành điện áp cao, và quan trọng nhất là an toàn với người dùng.

Pin 18650 khi đầy có điện áp từ 3.7-4.2V, khi điện áp yếu có điện áp từ 3V trở xuống.Các pin 18650 có thể được kết hợp với nhau để tạo ra các cấp điện áp khác nhauVí dụ 2 pin 18650 mắc nối tiếp tạo thành điện áp 7.4V. Tương tự để tạo ra điện áp 12v người ta mắc nối tiếp 3 pin.



Hình 3.33 Pin 18650

Trong hệ thống của em, em dùng 6 pin trong đó 3 pin mắc nối tiếp và song song với 3 pin nối tiếp còn lại, mỗi pin em chọn là 1500mAh. Như vậy, dung lượng tổng em có được là: $1500 \times 2 = 3000\text{ mAh}$ với điện áp đạt đỉnh là: $4.2 \times 3 = 12.6\text{ V}$

Do dùng pin nên em cần có thêm 1 bộ sạc pin cho tàu. Em sử dụng bộ sạc 3s 25A.

Mạch sạc xả bảo vệ pin 3s 25A được sử dụng để sạc 3 cell pin 18650 mắc nối tiếp, mạch có tính năng sạc riêng rẽ cho từng cell, tự động ngắt khi đầy, bảo vệ chập nguồn, quá áp và dưới áp.

3S 25A

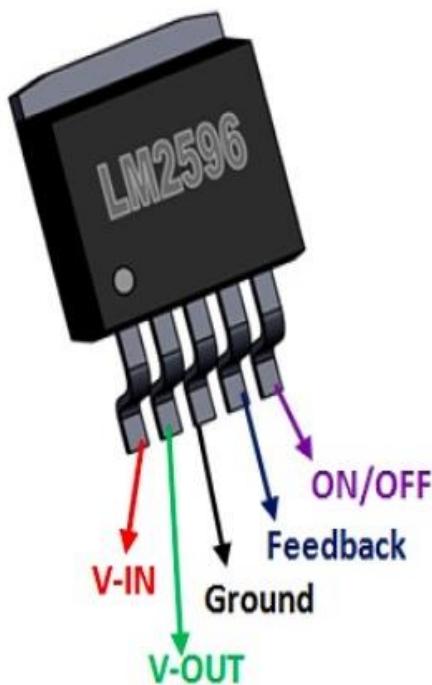


Hình 3.34 Sạc 3s 25A

Thông số kỹ thuật:

- Model: HX-3S-FL25A-A
- Điện áp quá tải: $4.25-4.35v \pm 0.05v$
- Kích thước: $56 * 45 * 4.0mm$ Over-xả
- Phạm vi điện áp: $2.3-3.0 v \pm 0.05 v$
- Làm việc hiện tại: 0-25A
- Nhiệt độ làm việc: $-40 — + 50^{\circ}C$
- Dòng điện tức thời: 35-40A
- Điều kiện bảo quản: $-40 — +80^{\circ}C$
- Quiescent hiện tại: ít hơn 30uA hiệu quả cuộc sống: hơn 30,000 giờ
- Kháng nội bộ: ít hơn $100m\Omega$ ngắn mạch bảo vệ: bảo vệ, chậm trễ tự phục hồi.
- Kích thước bảng bảo vệ là $56 * 45 * 4.0mm$, các thành phần là chip bảo vệ Hongkang 2110-CB + IC cân bằng hồng ngoại BB3A và AOD472 * 8 hoặc AOD452 * 8 chính hãng;
- ✓ Với dung lượng pin là 1500mAh, tổng em có 6 pin nên điện áp sẽ là:
$$1500 \times 6 = 9000 mAh$$
- ✓ Do adapter em sử dụng để kết nối với mạch sạc là 12V5A. Cho nên để sạc đầy pin cần tối đa thời gian là: $9000: 5000 = 1.4 h.$
- **IC LM2596:**

LM2596 là một IC hạ áp được sử dụng phổ biến. Phiên bản điều chỉnh có thể nhận điện áp đầu vào từ 4,5V đến 40V và chuyển đổi nó thành nguồn điện áp thay đổi với dòng điện liên tục lên tới 3A. Khả năng dòng điện cao của nó thường được sử dụng trong các module nguồn để cấp nguồn hoặc điều khiển tải nặng.



Hình 3.35 IC LM2596

Thông số kỹ thuật:

- IC giảm áp 3A
- Có bộ điều chỉnh 3.3V, bộ điều chỉnh 5V, bộ điều chỉnh 12V và bộ điều chỉnh biến đổi
- Điện áp đầu vào: 4,5V đến 40V
- Điện áp đầu ra tối thiểu: 3,16V
- Dòng điện đầu ra liên tục: 3A
- Dòng đầu ra đỉnh: 6.9A
- Tần số chuyển mạch: 150KHz
- Gói To-220 và To-263

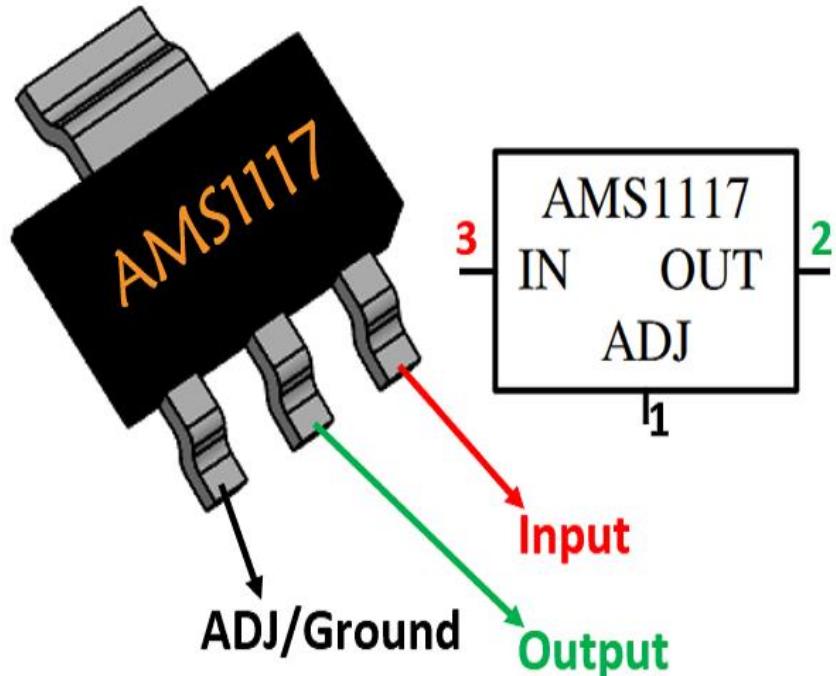
Sơ đồ chân của LM2596 được em nói chi tiết ở bảng dưới đây:

Số chân	Tên chân	Mô tả
1	V - IN	Điện áp đầu vào được điều chỉnh
2	V - OUT	Điện áp đầu ra được điều chỉnh hạ xuống
3	Ground	Nối đất
4	Feedback	Đặt điện áp đầu ra bằng cách sử dụng mạng bộ chia sử dụng phản hồi điện áp đầu ra
5	ON / OFF	Kích hoạt chân, phải được nối đất để hoạt động bình thường

Bảng 3.9 Chức năng chân của IC LM2596

- ✓ Để không phải dùng biến trở phân áp đầu ra, em sử dụng LM2596S-5.0 với đầu ra 5V-3A.
- **IC AMS1117:**

AMS1117 là IC ổn áp 3 chân gói SMD phổ biến có nhiều model cho các yêu cầu điện áp cố định và có thể điều chỉnh. IC có thể cung cấp dòng điện tối đa 1A và điện áp đầu ra có thể thay đổi từ 1,5V đến 5V. Nó cũng có điện áp sụt thấp là 1,3V khi hoạt động ở dòng điện tối đa.

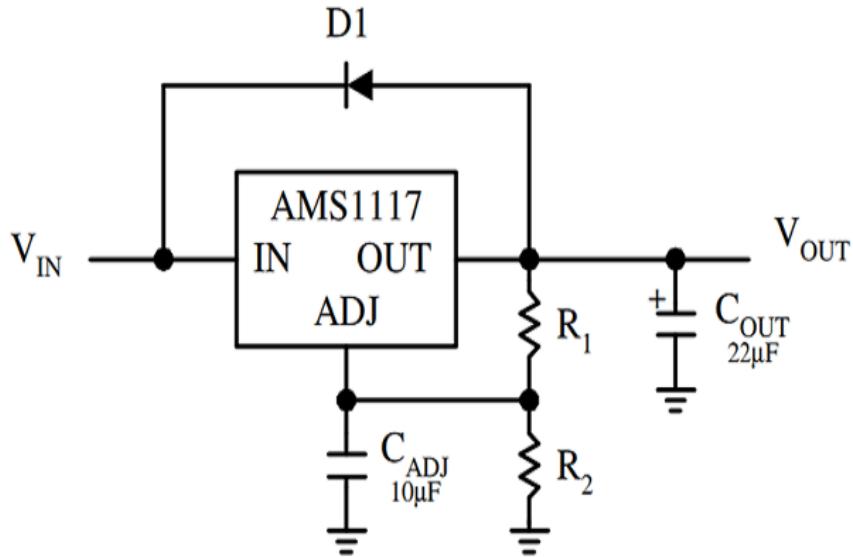


Hình 3.36 AMS1117

Thông số kỹ thuật:

- Bộ điều chỉnh điện áp tuyến tính 3 cực có thể điều chỉnh hoặc cố định
- Bộ điều chỉnh điện áp sụt thấp (LDO)
- Loại điện áp cố định: 1.5V, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V và 5V
- Phạm vi điện áp thay đổi: 1,25V đến 13,8V
- Dòng điện đầu ra là 1000mA
- Điện áp sụt tối đa: 1.3V
- Giới hạn dòng điện tích hợp và bảo vệ nhiệt.
- Nhiệt độ hoạt động lớp tiếp giáp là 125 ° C
- Gói SOT-223, TO-252 và SO-8

Việc sử dụng AMS1117 khá dễ dàng. Nếu nó là một bộ ổn áp cố định chỉ cần cấp nguồn cho IC thông qua chân Vin và đầu ra được điều chỉnh có thể nhận được trong chân Vout. Chân Adj / Ground trong trường hợp này chỉ hoạt động như một chân mass và được nối mass. Ngoài ra, một tụ điện có thể được thêm vào ở phía đầu ra để lọc nhiễu. Sơ đồ mạch cho một bộ điều chỉnh đầu ra biến đổi ở bên dưới.

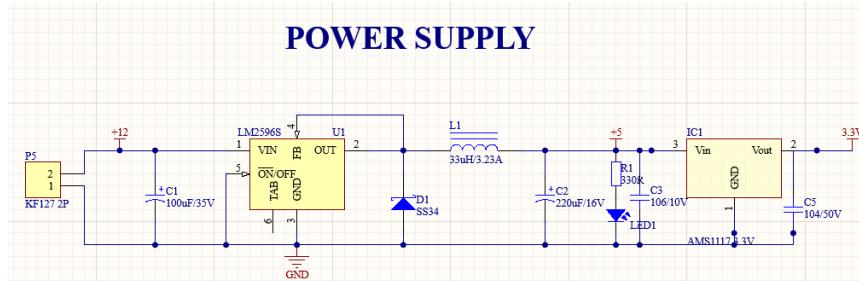


Hình 3.37 Sơ đồ nguyên lý AMS1117

Tuy nhiên, tương tự LM2596, em sẽ sử dụng AMS1117-3.3V để loại bỏ việc phải sử dụng trở phân áp.

- **Sơ đồ nguyên lý khói nguồn:**

Sau khi em tìm hiểu các IC chính trong mạch, em tiến hành thiết kế sơ đồ nguyên lý cho khói nguồn.



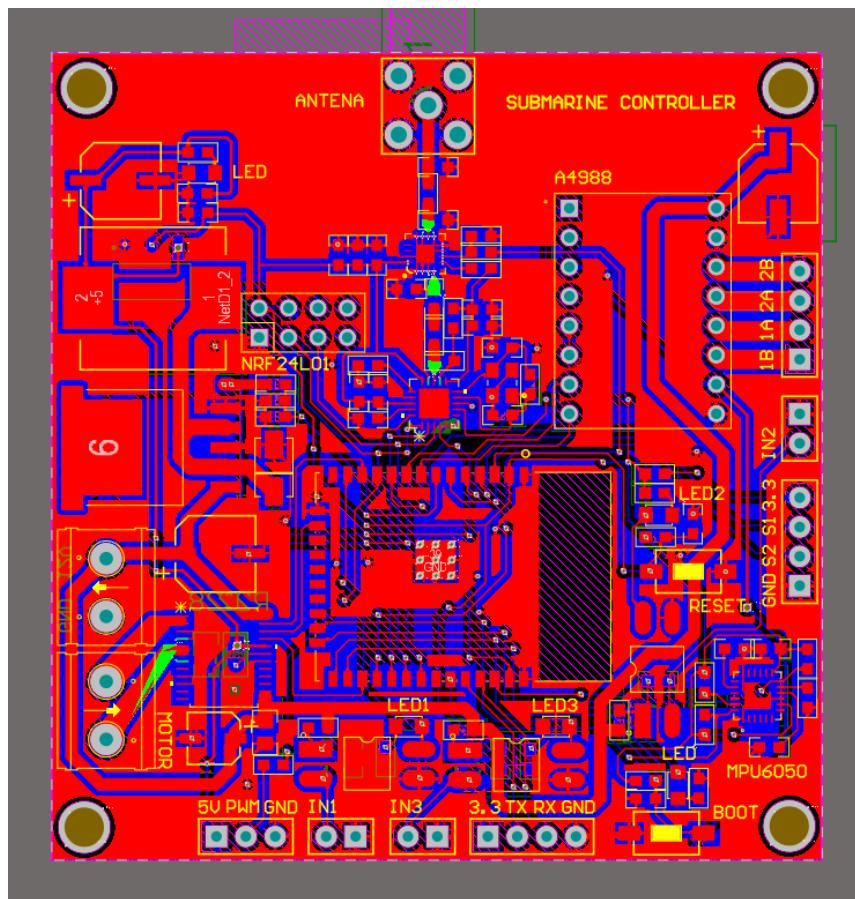
Hình 3.38 Sơ đồ nguyên lý khói nguồn

- Trong sơ đồ này, đầu vào sẽ là 1 conector loại KF127 để lấy điện áp từ pin 3s vào trong mạch. Tụ hóa 100uF/35V có tác dụng giảm sụt áp trong mạch khi sử dụng 12V quá nhiều.
- Đầu ra chân OUT của LM2596S sẽ có 1 cuộn cảm 33uH theo refrence của nhà sản xuất với loại tần số chuyển mạch là 150kHz. Diode Schottky SS34 40V-3A có tác dụng tránh ngược dòng giữa chân OUT và GND.
- Tiếp đến điện áp sẽ đi qua 5V để đến VCC là 3.3V. Em sử dụng tụ 104 để lọc nhiễu do điện áp 3.3V cấp cho rất nhiều IC xử lí logic.

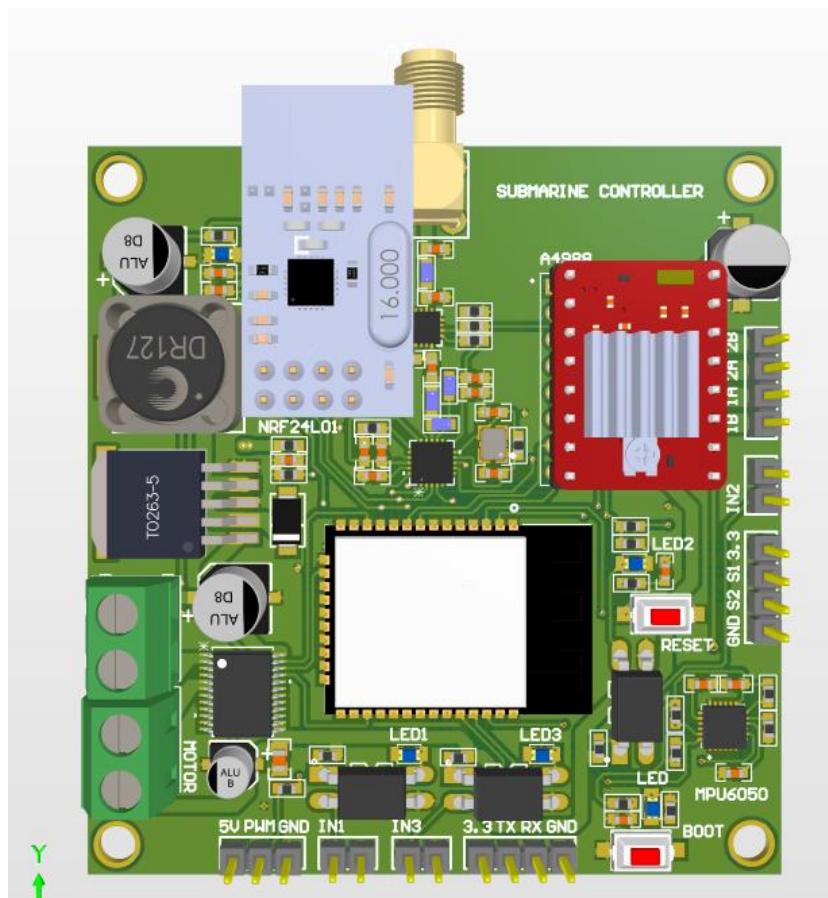
Sau khi thiết kế khói nguồn và kiểm tra kĩ càng, em tiến hành đến thiết kế PCB cho mạch điều khiển tàu ngầm.

3.2.3 Thiết kế PCB.

PCB hay mạch in của thiết bị được em thiết kế trên phần mềm Altium – phần mềm chuyên dụng để vẽ mạch nguyên lý và PCB. Mạch PCB của đồ án được em thiết kế 2 lớp, ảnh dạng 2D và 3D được mô tả như trong Hình 3.39 và Hình 3.40.



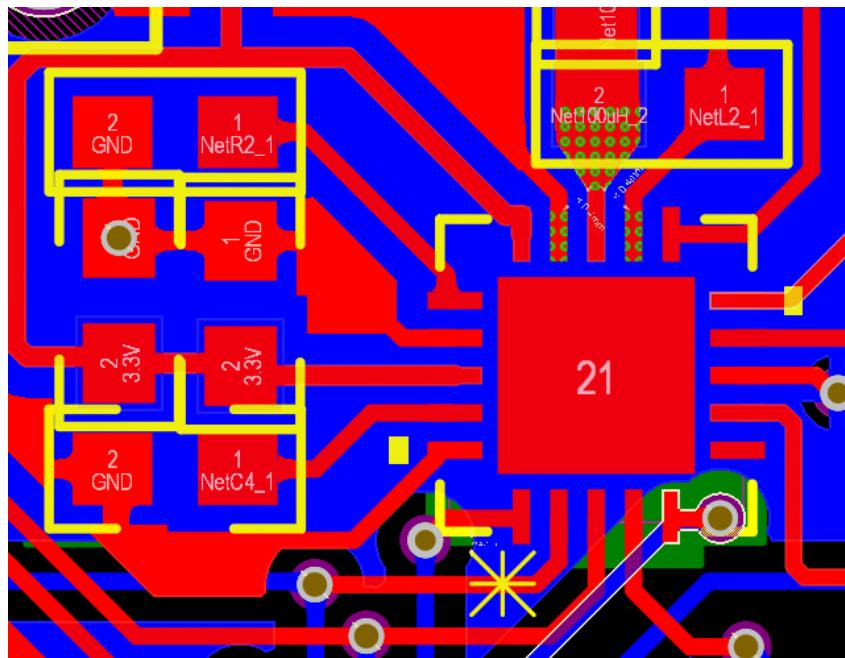
Hình 3.39 PCB dạng 2D



Hình 3.40 PCB dạng 3D

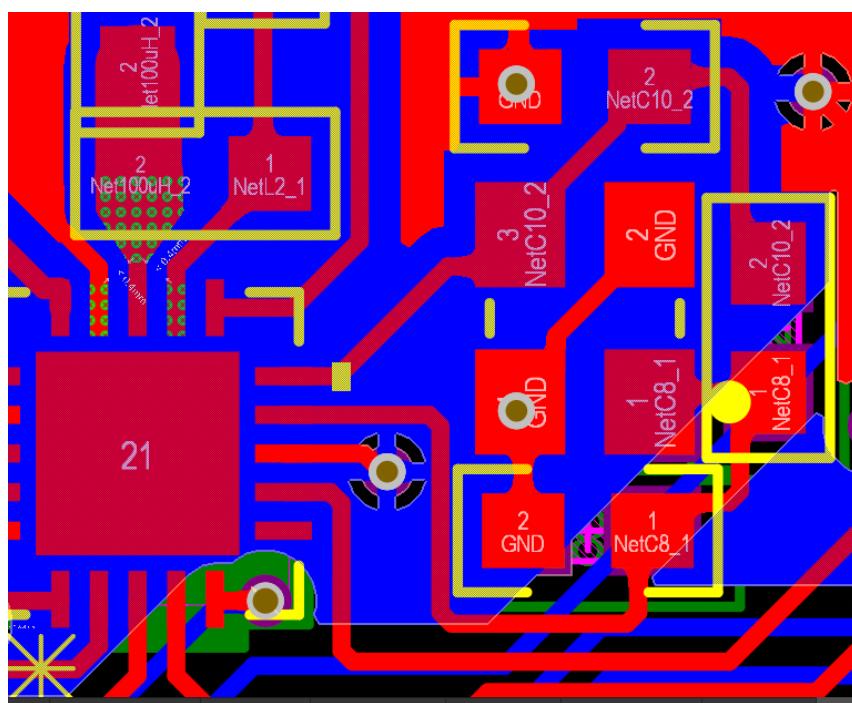
Mạch in được thiết kế dựa vào tiêu chuẩn được đề cập trong tài liệu “Học Altium từ A tới Z cho sinh viên điện tử”. Ngoài những nguyên tắc cơ bản về đường đi dây và sắp xếp linh kiện. Sau đây em nêu một vài lưu ý đặc biệt khi em thực hiện thiết kế PCB.[1]

- Vị trí của tụ lọc nguồn cho các IC được đặc sát với chân IC và tụ có giá trị nhỏ hơn sẽ được gần ic hơn những tụ còn lại.



Hình 3.41 Vị trí đặt tụ lọc nguồn gần các IC

- Thạch anh được đặt gần chân IC nRF để giảm sai lệch về tần số dao động.
- Ngoài ra không để đường tín hiệu khác cắt qua vị trí đặt thạch anh được thể hiện ở hình 3.42.



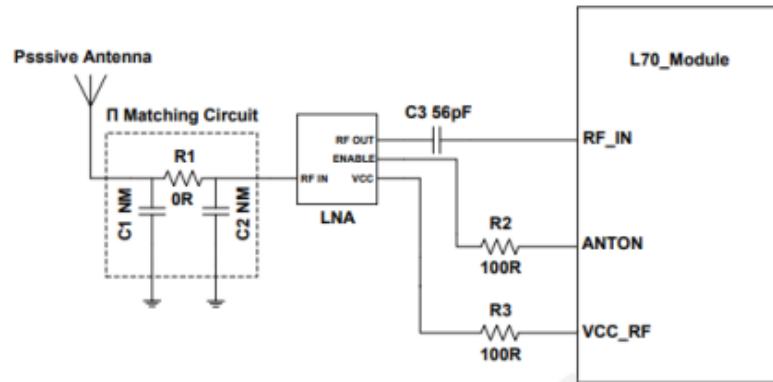
Hình 3.42 Vị trí đặt thạch anh dao động

- [2] Antena Trace của khối RF cũng được tính toán để trở kháng đầu vào ở mức xấp xỉ là 50 Ohm. Antena sử dụng là dạng Single - Coplanar with Ground, sử dụng công cụ tính toán một cách tương đối ta được kích thước đường dây cần vẽ sao cho trở kháng đầu vào của antenna xấp xỉ 50 Ohm, được mô tả như Hình 4.26. Trong đó ϵ_r là hằng số điện môi tương đối của vật liệu FR4 (3.8-4.7), S là kích thước đường dây antenna, W là khoảng cách từ đường antenna với đường Ground, H là độ dày lớp FR4. Đối với PCB thông thường, sử dụng vật liệu FR4 dày 1.6mm, chọn kích thước đường mạch 1.13 mm, khoảng cách với Ground ở 2 bên là 0.3mm, tính được trở kháng đầu vào của đường antenna xấp xỉ 50.28 Ohm.

	Top Ref	Bottom Ref	Width (W1)	Impe...	Devia...	Delay...
<input checked="" type="checkbox"/>	2 - Bottom L...		1.13mm	50.28	0.57%	5.8370...
<input checked="" type="checkbox"/>	1 - Top Layer		1.13mm	50.28	0.57%	5.8370...

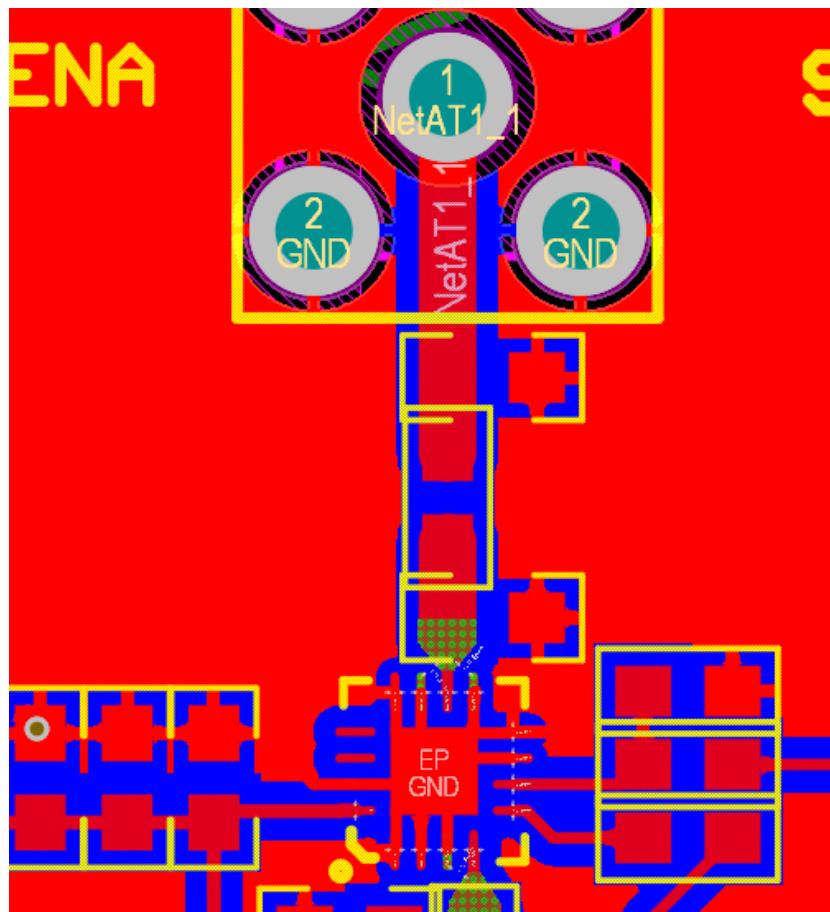
Hình 3.43 Tính toán đường dây Antena Single-Coplanar

- Việc sử dụng Passive Antenna có bộ LNA: R1,C1,C2 được thêm vào để phối hợp trở kháng, đường antenna được thiết kế ngắn nhán có thể. Một bộ LNA được thêm vào để tăng độ nhạy, giúp cải thiện công suất trong trường hợp tín hiệu yếu.



Hình 3.44 Sơ đồ thiết kế passive antenna with LNA

- Đối với Antenna nRF+PA+LNA, sử dụng Passive Antenna, sơ đồ thiết kế PCB có như hình 3.45.

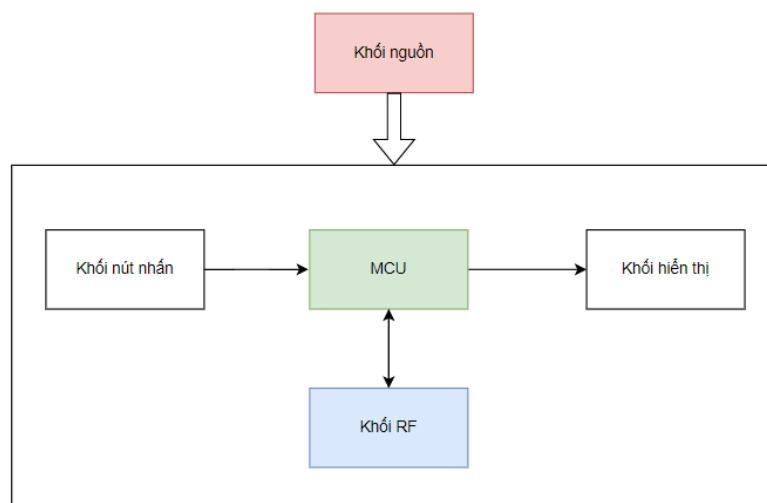


Hình 3.45 Thiết kế PCB Passive Antenna

3.3 Thiết kế mạch điều khiển từ xa

Mạch điều khiển từ xa với chức năng có các nút nhấn, joystick, bộ điều khiển, màn hiển thị cũng như RF để truyền sóng xuống dưới mặt nước đến với mạch điều khiển tàu ngầm.

3.3.1 Sơ đồ khái



Hình 3.46 Sơ đồ khái mạch điều khiển từ xa

Trong mạch điều khiển từ xa của em, sẽ được chia làm 5 phần chính.

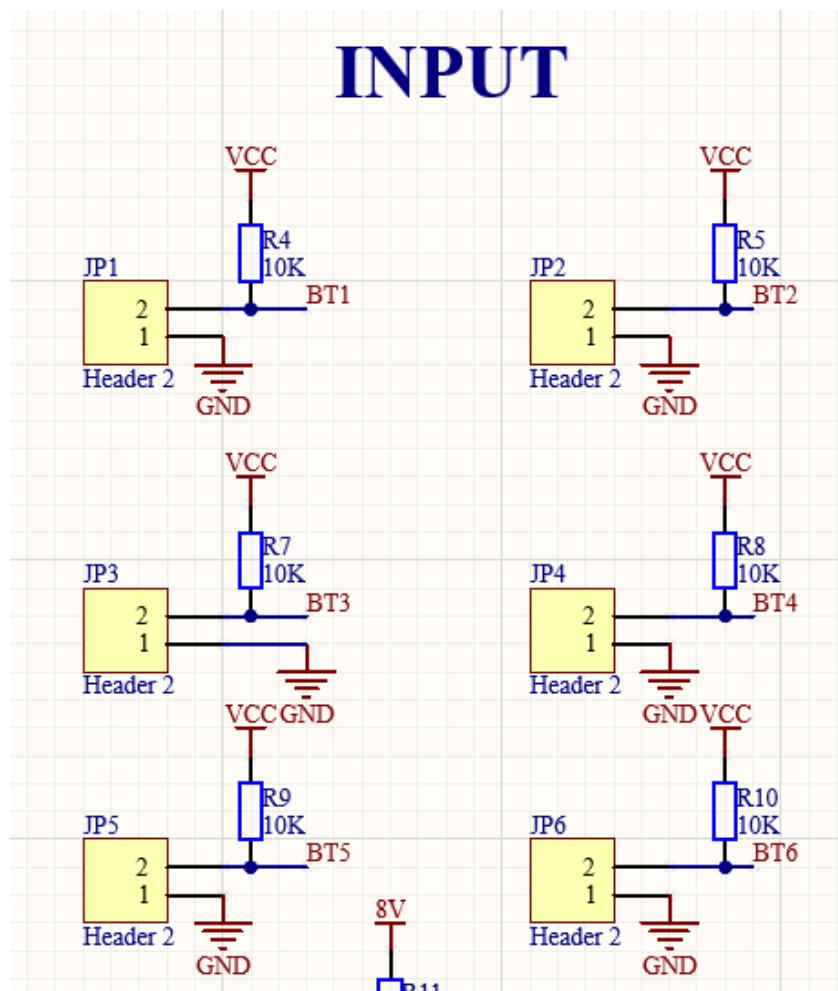
- Khối nguồn cung cấp dung lượng nuôi toàn bộ thiết bị trong khói điều khiển.
- Khối hiển thị cung cấp hiển thị trạng thái của tàu ngầm cũng như trạng thái nút nhấn trên mạch điều khiển.
- Khối RF giúp truyền/nhận tín hiệu từ khói RF của mạch điều khiển tàu ngầm.

Sau khi phác thảo được sơ đồ, em tiến đến việc lựa chọn linh kiện và tính toán để thiết kế sơ đồ nguyên lý.

3.3.2 Sơ đồ nguyên lý

3.3.2.1. Khối INPUT

Để điều khiển tàu, em sử dụng các nút nhấn giúp cho việc di chuyển cũng như thực hiện các chức năng điều khiển tốc độ, điều khiển việc lên và chìm xuống.



Hình 3.47 Khối INPUT

Các nút nhấn được em mắc thêm trở 10k để kéo lên cao giúp cho vi điều khiển sẽ nhận được mức logic ‘1’ khi không nhấn và ‘0’ khi nhấn xuống.

Nút nhấn em sử dụng là loại nút nhấn 4 chân B3F 12x12mm.

Thông số kỹ thuật:

Kiểu chân: Xuyên lõi

Kích thước: 12x12x7.3mm

Dòng định mức tiếp điểm: 12VDC 500mA

Tuổi thọ: 10000 lần

Vật liệu tiếp điểm: Niken



Hình 3.48 Nút nhấn B3F

Bên cạnh đó, em có thể thay thế nút nhấn bằng joystick giúp cho việc điều khiển tàu trở nên chuyên nghiệp nghiệp hơn. Để sử dụng được joystick với khối INPUT, em sẽ cần tháo điện trở kéo lên của các chân vì joystick cho ta đọc giá trị ADC.

- **Joystick:**

Joystick là bộ nút độc đáo dành cho những tín đồ yêu thích game và các trò chơi cũng như các ứng dụng điều khiển như: xe mô hình, robot mô hình, game, ...



Hình 3.49 Module Joystick 2 trực

Module Arduino PS2 JoyStick là module trò chơi PS2 của Arduino, rất nhiều dự án robot cần sử dụng các module điều khiển. Module này cung cấp một giải pháp tiện ích, hợp lý trong điều khiển ứng dụng

Chỉ cần một vài thao tác đơn giản có thể thỏa thích chơi game dễ dàng cũng như điều khiển các ứng dụng đơn giản.

Sản phẩm tạo cảm giác êm tay, lướt nhẹ nhàng, chơi lâu nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác, hoạt động ổn định.

Thông số kỹ thuật:

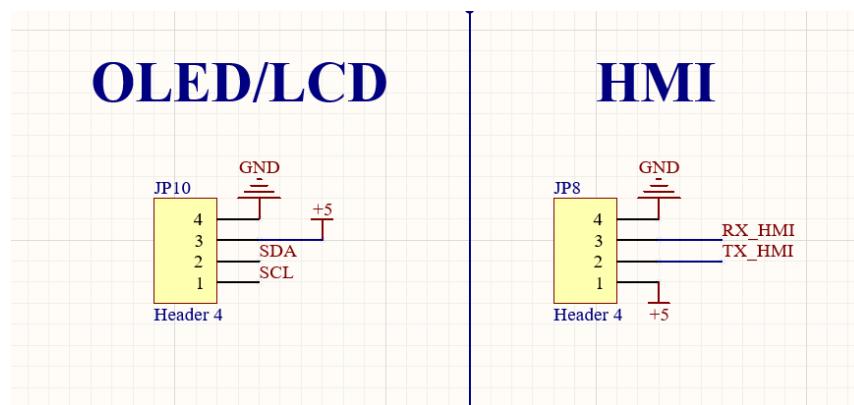
- Cổng kết nối: + 5Vcc-GND-VRx-VRy-SW
- Trọng lượng: 21g
- Màu sắc: Đen
- Kích thước: 34.5*26*38mm

Module Arduino PS2 JoyStick là các khối biến trở, hoạt động dựa trên nguyên tắc sau: Hoạt động đẩy cần gạt đi các hướng sẽ làm xoay các biến trở tương ứng tạo ra sự thay đổi của điện áp xuất ra. Các chuyển động hướng là hai chiết áp một cho mỗi trục.

Trong module này: Có 2 chân analog là VRx VRy với việc đọc giá trị analog thông qua việc di chuyển lên xuống, trái phải. SW là nút nhấn khi nhấn joystick xuống.

3.3.2.2. Khối hiển thị

Trong khối hiển thị, em thiết kế 2 đầu ra với loại 1 là dùng màn hình HMI sử dụng chân UART, màn thứ hai là OLED hoặc LCD Crystal với loại truyền thông là I2C.



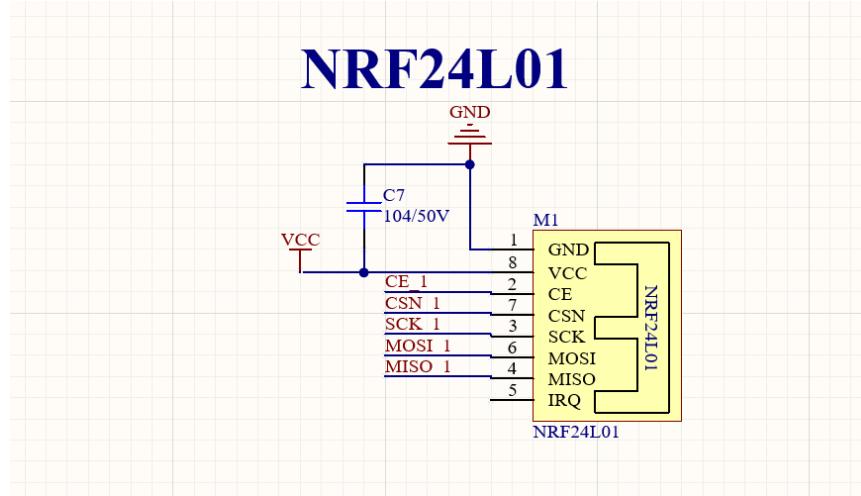
Hình 3.50 Khối hiển thị

Cả 3 loại màn hình này đều dùng nguồn 5V và GND.

Trong thiết kế của em, em sẽ sử dụng màn hình HMI vì đây là màn hình có độ phân giải cao, có thể truyền các hình lên màn hình cũng như thay đổi màu sắc cho màn hình. Hơn nữa, việc quan sát màn hình cần truyền rất nhiều thông số cũng như các ký tự biểu hiện trạng thái của tàu ngầm cho nên việc sử dụng màn hình HMI sẽ được em ưu tiên.

3.3.2.3. Khối RF

Tương tự như việc thiết kế mạch điều khiển tàu ngầm, em áp dụng cho mạch điều khiển từ xa. Tuy nhiên, để tiết kiệm thời gian cũng như chi phí do mua IC lẻ khá đắt, em sử dụng module nRF24L01+PA+LNA trên mạch cầm tay.



Hình 3.51 Sơ đồ nguyên lý khối RF

3.3.2.4. Khối xử lý trung tâm

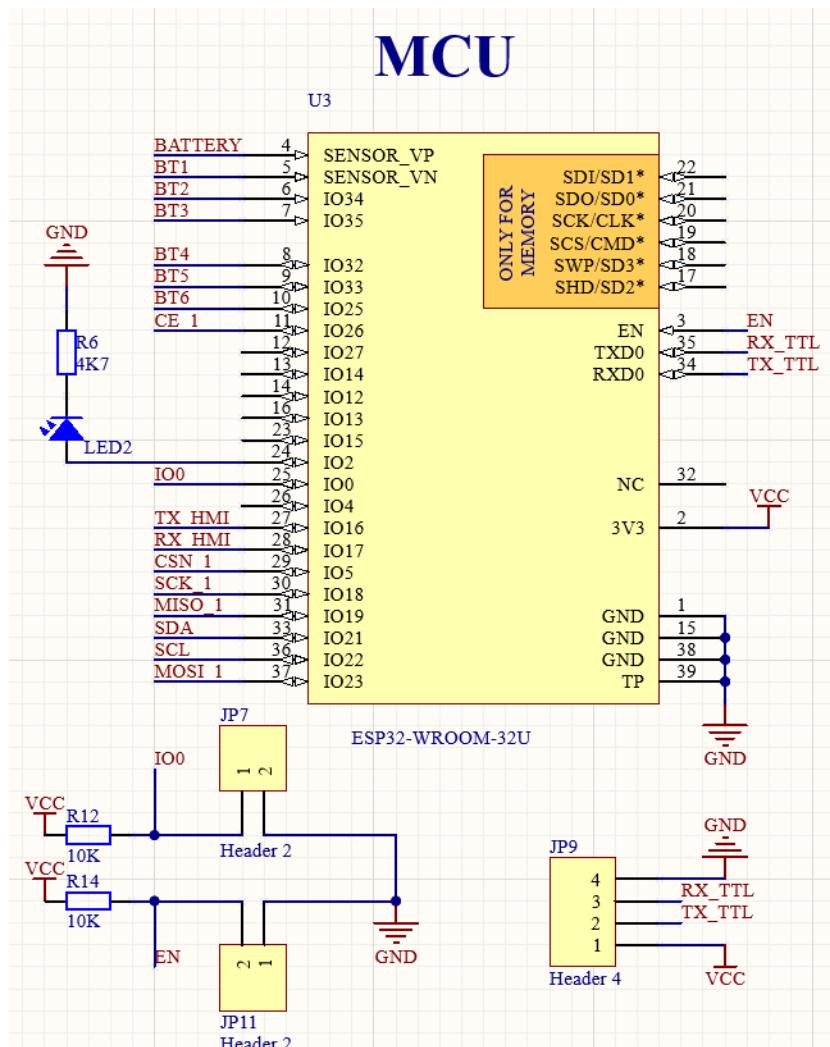
Để đồng bộ thư viện nRF24 với mạch điều khiển và việc lập trình trở nên dễ dàng hơn, em sử dụng MCU tương tự mạch điều khiển tàu ngầm là ESP32.

Tổng số chân tối thiểu cần sử dụng:

- UART: 2 GPIO(TX,RX)
- RF: 5GPIO(CE,CSN,3 GPIO cho HSPI)
- Nút nhấn: 6GPIO(INPUT)
- Đo điện áp mạch:1GPIO(INPUT)
- Bên cạnh đó, em còn khôi I2C dự phòng(SCL,SDA)

Tổng GPIO của em cần sử dụng: $2 + 2 + 5 + 6 + 1 = 12\text{GPIO} (+2\text{GPIO I2C}) < 34\text{GPIO}$.

⇒ Qua đó, với bảng so sánh các MCU phổ biến đã được nêu ở mục bảng 3.8, em quyết định lựa chọn ESP32 làm MCU cho mạch điều khiển từ xa để phù hợp với số chân GPIO, thư viện đồng bộ cũng như sau này có thể phát triển thêm các giao thức wifi/bluetooth,...



Hình 3.52 Khối xử lý trung tâm

- Em sẽ kết nối UART của màn HMI và UART2 của MCU.
- CE, CSN lần lượt vào IO26, IO17. SPI của RF sẽ được kết nối với HSPI của MCU.
- Đo điện áp của toàn mạch bằng phân áp được nối với IO36.
- Còn lại, các nút nhấn sẽ được kết nối với IO39, 32, 33, 34, 35, 25.

Ngoài ra, để thuận tiện trong việc nạp code, em tiến hành thiết kế mạch nạp sử dụng CH340C trên mạch điều khiển.

• CH340C:

CH340 là một IC phô biến là một IC chuyển đổi USB sang Serial hai chiều, được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu USB thành UART, có thể được sử dụng để giao tiếp với vi điều khiển. IC này được tìm thấy trong một số phiên bản của Arduino Nano để thực hiện chuyển đổi Serial sang USB để giao tiếp với bo mạch thông qua đầu nối USB. Bài viết này sẽ tập trung vào biến thể CH340T của IC, được sử dụng để chuyển đổi UART sang USB.



Hình 3.53 Sơ đồ chân của CH340x

Chức năng của từng chân được em nói rõ ở dưới bảng sau đây:

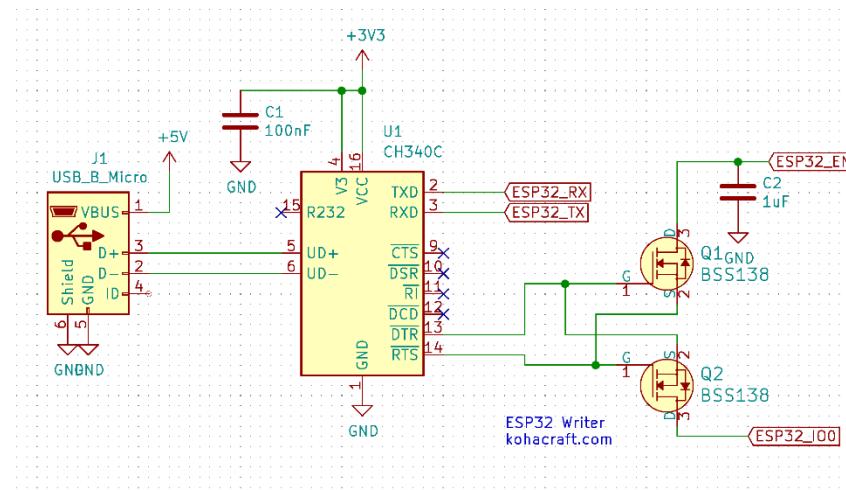
Số PIN	Tên ghim	Sự miêu tả
1	CKO	Đầu ra đồng hồ
2	ACT	Đầu ra đồng hồ pha âm
3	TXD	Đầu ra dữ liệu nối tiếp
4	RXD	Đầu vào dữ liệu nối tiếp
5	V3	Nguồn cung cấp 3.3V bên ngoài
6	UD +	Dữ liệu USB tích cực
7	UD-	Dữ liệu USB bị âm
8	GND	Tham chiếu mặt đất IC
9	XI	Pin pha lê bên ngoài
10	XO	Pin pha lê bên ngoài
11	CTS	Xóa để gửi chân tín hiệu
12	DSR	Ghim sẵn sàng cho tập dữ liệu
13	RI	Chân chỉ báo vòng
14	DCD	Mã pin phát hiện nhà cung cấp dữ liệu
15	DTR	Pin sẵn sàng của thiết bị đầu cuối dữ liệu
16	RTS	Yêu cầu gửi mã pin
17	NC	Không kết nối
18	R232	RS232 cho phép
19	VCC	Nguồn điện đầu vào
20	NOS	Cáp ghim treo thiết bị USB

Bảng 3.10 Chức năng các chân của CH340x

Thông số kỹ thuật:

- USB 2.0 tốc độ đầy đủ
- Mô phỏng giao diện nối tiếp tiêu chuẩn, có thể được sử dụng để nâng cấp thiết bị cũ hơn sang USB
- Tốc độ truyền từ 50bps đến 2Mbps
- Nguồn 5V và 3.3V
- Gói SSOP-20

CH340 là một IC nối tiếp USB sang USB dễ sử dụng, giúp chuyển đổi tín hiệu USB sang UART, được sử dụng để giao tiếp với các bộ vi điều khiển và các thiết bị cũ hơn.

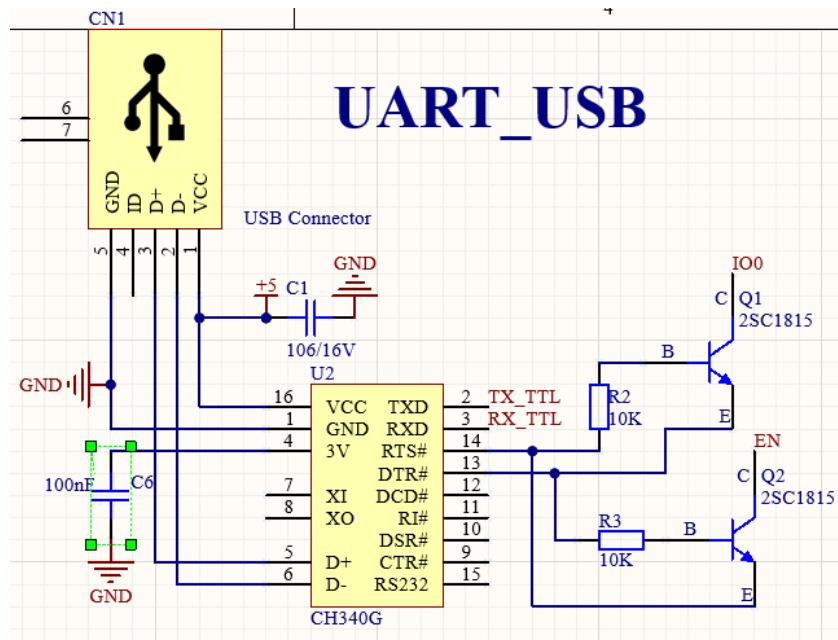


Hình 3.54 Sơ đồ nguyên lý CH340C với ESP32

Trong hình trên là vi điều khiển ESP32 và CH340C được kết nối với nhau để cung cấp giao diện USB.

Các chân nối tiếp TX và RX được kết nối tương ứng với các chân TX0 và RX0 của vi điều khiển, cung cấp các kết nối dữ liệu ở phía UART. Chân DTR, RTS được kết nối thông qua một transistor với chân EN và RST của ESP32, chân này sẽ đặt lại bộ vi điều khiển mỗi khi thiết lập kết nối nối tiếp hoặc cắm đầu nối USB. Trên mặt USB, chân D+ và D- được kết nối với các chân tương ứng trên đầu nối USB. Với cấu hình mạch đơn giản này, CH340 có thể được sử dụng như một USB đơn giản với giao diện nối tiếp.

Dựa vào sơ đồ nguyên lý trên, em thiết kế sơ đồ nguyên lý của em tương tự với cổng USB đầu ra là loại mini-USB.



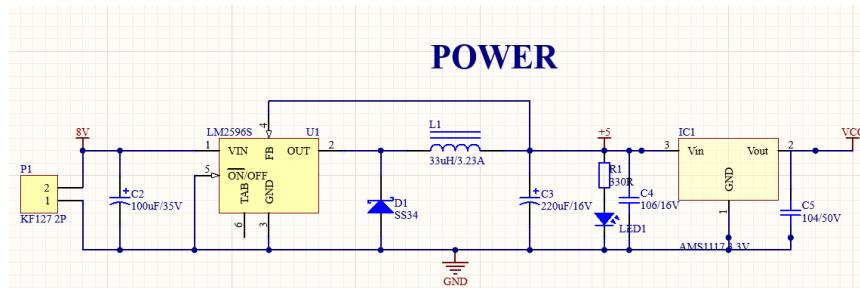
Hình 3.55 Sơ đồ nguyên lý khói nạp code

3.3.2.5. Sơ đồ nguyên lý khói khởi nguồn

Để lựa chọn khói nguồn phù hợp, em tính toán tổng công suất của các khói bên trong thiết bị của em:

- MCU: 3.3VDC-240mA
- nRF24L01+PA+LNA: 3.3VDC-120mA
- ⇒ *Tổng: 3.3VDC-360mA*
- ⇒ *HMI: 5VDC-250mA*
- Từ các dữ liệu trên, em sẽ lựa chọn 2 pin 18650 2s mắc nối tiếp là 7.4V
- Sử dụng LM2596 5V-3A để cấp nguồn cho màn hình HMI.
- Sau đó em sử dụng AMS117 3V-1A để cấp nguồn cho MCU và nRF24L01+PA+LNA.

Vì vậy, sơ đồ khói nguồn cho mạch điều khiển từ xa của em sẽ tương tự với mạch điều khiển tàu ngầm.



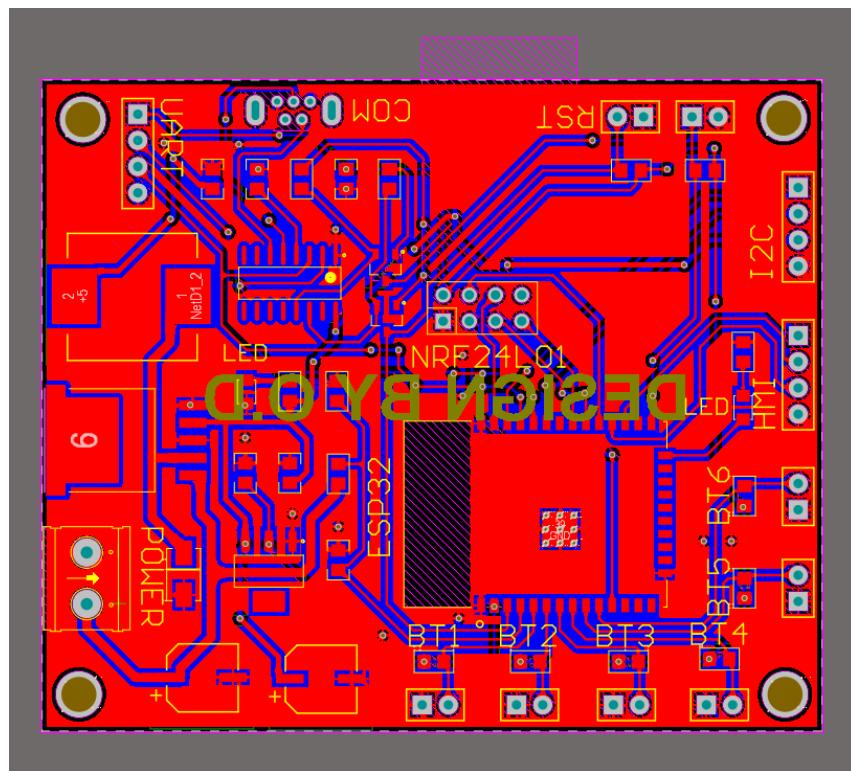
Hình 3.56 Sơ đồ nguyên lý khói nguồn

3.3.3 Thiết kế PCB

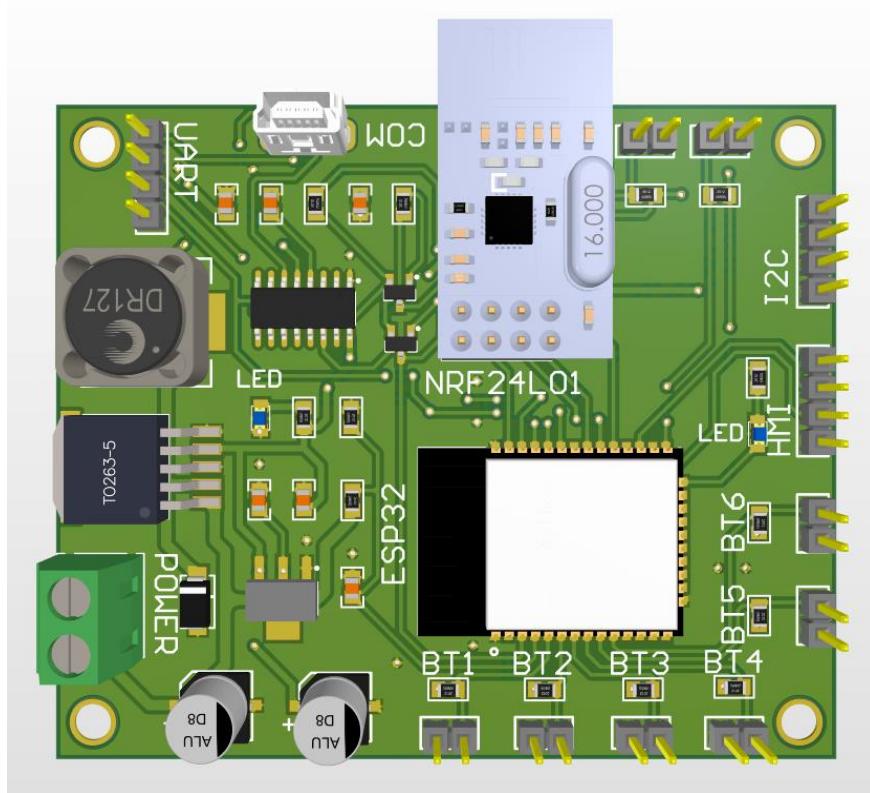
Trong PCB, em cũng áp dụng những nguyên tắc giống như thiết kế PCB cho mạch điều khiển, với độ rộng width của dây nguồn 7.4V là 1.2mm, 5V là 0.6mm và 3.3V với dây tín hiệu là 0.35mm.

Bên cạnh đó các jump đực và cái để kết nối với nút nhấn và ngoại vi em để rào xung quanh mạch với mục đích dễ dàng cắm hơn.

Kết quả em thu được PCB mạch điều khiển từ xa như sau:



Hình 3.57 PCB 2D



Hình 3.58 PCB 3D

Để mạch điều khiển từ xa trở nên chuyên nghiệp hơn, em tiến hành đến thiết kế vỏ hộp cho mạch điện.

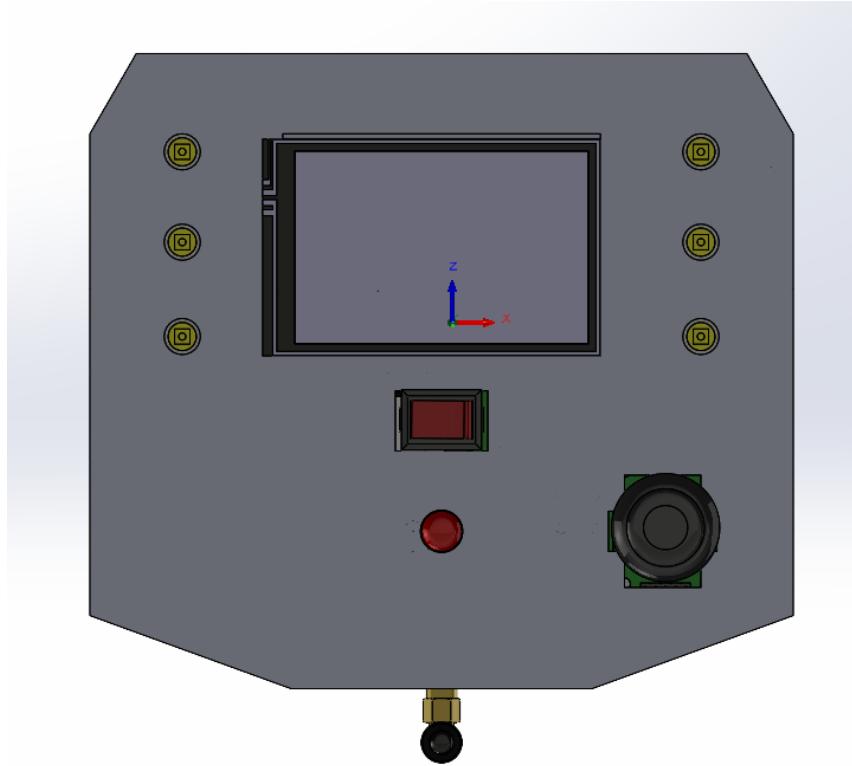
3.4 Thiết kế vỏ hộp

Trong hộp đựng mạch của em, có những thiết bị sau:

- 6 nút nhấn (4 nút nhấn thực hiện các chức năng và 2 nút nhấn cho EN và RST của MCU)
- Màn hình HMI 3.2 inch.
- Công tắc
- Đèn báo hiệu có điện.
- Mạch điện điều khiển từ xa.
- Joystick.
- Khay đựng pin 2S.

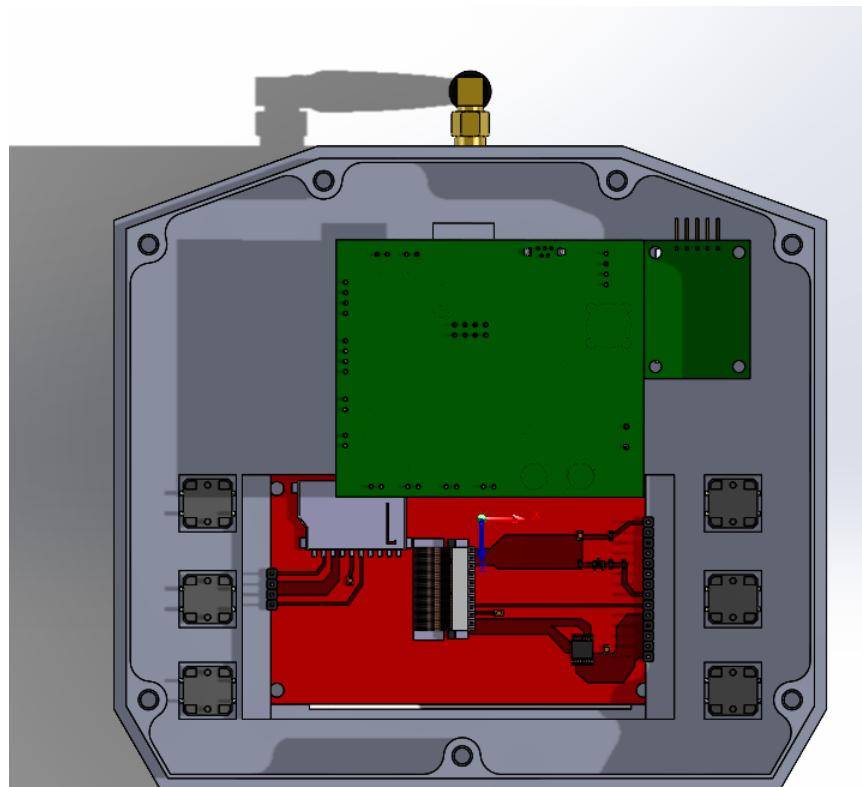
Em tiến hành đo kích cỡ của mạch thu được kích cỡ là: 63.2x75.7mm. 6 nút nhấn kích cỡ 12x12mm. Công tắc KCD1-11 kích cỡ 8.5x13.5mm. Led phi siêu sáng kích cỡ 10mm. Joystick kích cỡ 34.5x26mm.

Từ những thông số này, em tiến hành đến thiết kế cho hộp điều khiển của em.



Hình 3.59 Mặt trên của hộp

Mặt trên của hộp điều khiển bao gồm 6 nút nhấn, màn hình HMI và joystick điều khiển. Ở giữa là công tắc nguồn vào led siêu sáng báo hiệu hoạt động của hộp điều khiển



Hình 3.60 Bên trong hộp điều khiển

- Bên trong hộp điều khiển là mạch điện và các đường dây để nối giữa các nút nhấn, joystick và màn hình HMI với mạch.
- Nắp hộp và vỏ hộp sẽ được em cố định bằng ốc phi m3 để giúp cho việc tháo lắp dễ dàng hơn.
- Kích cỡ của hộp điều khiển là: 158.2x175x45mm.

3.5 Kết luận chương 3

Vậy sau chương 3 này, em đã thiết kế mô hình 3D của tàu ngầm. Bên cạnh đó, sơ đồ nguyên lý và PCB của mạch điện và hộp đựng mạch điều khiển từ xa cũng đã hoàn thành để phù hợp cho các chức năng của việc điều khiển tàu ngầm mà em đề ra. Tiếp đến, trong **Chương 4** em sẽ nghiên cứu và giao diện điều khiển của màn hình HMI và thiết kế thuật toán cho cả 2 mạch điều khiển.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM HỆ THỐNG

4.1 Thiết kế giao diện điều khiển

4.1.1 Giới thiệu màn hình HMI

Màn hình HMI UART cảm ứng điện trở 3.3 inch được phát triển với mục đích giúp người sử dụng có thể thiết kế các giao diện điều khiển và hiển thị (GUI) trên màn cảm ứng 1 cách dễ dàng và trực quan nhất. Các điểm mạnh về tính năng:

- Giao tiếp UART, với chỉ 2 dây tín hiệu (TX, RX) rất dễ dàng giao tiếp và điều khiển.
- Phần mềm thiết kế giao diện trên máy tính trực quan và dễ sử dụng, giao tiếp với màn hình qua giao tiếp UART
- Có bộ nhớ lưu trữ và xử lý hình ảnh, tích hợp khe thẻ nhớ, nên giảm thiểu được hầu hết các tác vụ về xử lý hình cho mạch điều khiển trung tâm, chỉ truyền về trung tâm các dữ liệu thao tác cảm ứng.
- Thiết kế cảm ứng điện trở giúp dễ dàng thao tác khi mang găng tay trong môi trường lao động.
- Mạch có chất lượng gia công tốt, độ bền cao.

Thông số kỹ thuật:

- Model:TJC8048K070_11RN
- Độ phân giải:800*480
- Kích thước hiển thị : 3.2 inch
- Giao tiếp : Giao tiếp qua USART
- Điện áp giao tiếp :3.3V/5V
- Điện áp làm việc: 4.75-7V
- Nhiệt độ làm việc: -20 - 70 °C
- Bộ nhớ FLASH : 32Mb
- Ram : 8192 byte

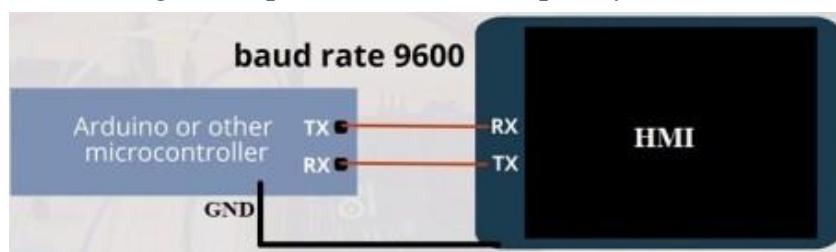


Hình 4.1 Màn hình HMI

Màn hình HMI của Nextion hỗ trợ cảm ứng. Tùy theo chủng loại mà có loại cảm ứng điện dung hoặc điện trở.

Nextion là một giải pháp Giao diện Người-Máy (HMI). Màn hình Nextion là màn hình cảm ứng giúp dễ dàng xây dựng Giao diện người dùng đồ họa (GUI). Đây là một giải pháp tuyệt vời để giám sát và kiểm soát các quy trình, được áp dụng chủ yếu cho các ứng dụng IoT. Có một số màn hình hiển thị Nextion với kích thước từ 2.4 inch đến 7 inch.

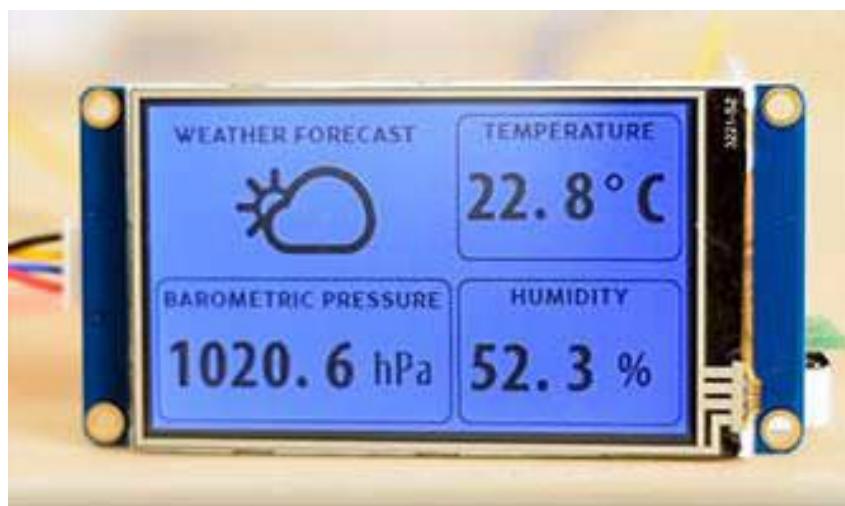
Nextion có bộ vi điều khiển ARM tích hợp để điều khiển màn hình, chẳng hạn như nó đảm nhiệm việc tạo các nút, tạo văn bản, lưu trữ hình ảnh hoặc thay đổi nền. Nextion giao tiếp với bất kỳ bộ vi điều khiển nào bằng cách sử dụng giao tiếp nối tiếp USART ở tốc độ 9600 baud. Vì vậy, nó có thể hoạt động với bất kỳ mạch nào có khả năng nối tiếp như Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32, v.v.



Hình 4.2 Giao tiếp màn hình HMI với VDK

4.1.2 Thiết lập cho màn hình HMI

Để thiết kế GUI, em sử dụng Nextion Editor, trong đó có thể thêm các nút, đồng hồ đo, thanh tiến trình, nhãn văn bản, v.v. vào giao diện người dùng một cách dễ dàng. Mô hình cơ bản màn hình Nextion 2,8 ", được hiển thị trong hình 5.3.



Hình 4.3 Thiết kế cơ bản màn hình Nextion

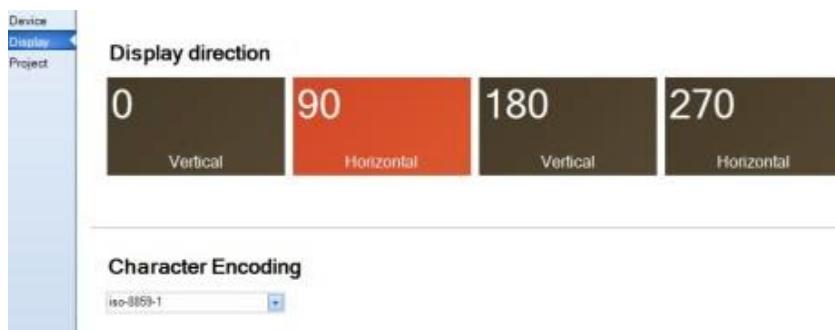
Cài đặt:

Em tiến hành cài đặt Nextion Editor. Tại trang <https://nextion.itead.cc/>, chọn **Resources , Download > Nextion Editor** và cài đặt Nextion Editor.

Kết nối:

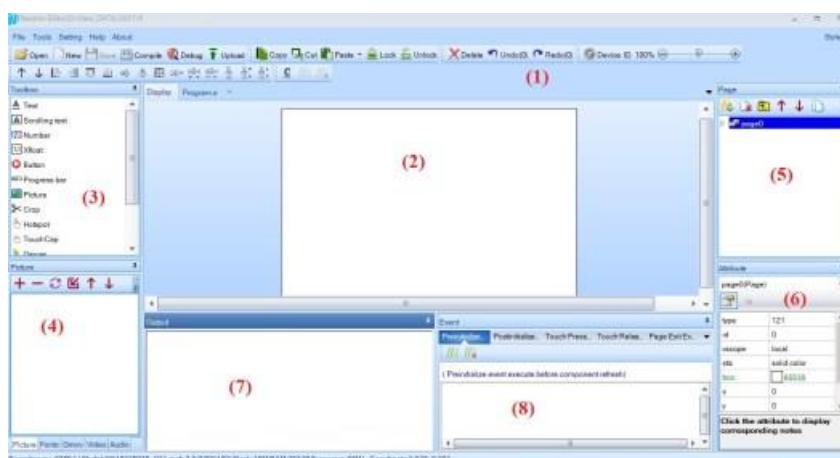
Em ví dụ kết nối màn hình HMI với Arduino

- Kết nối màn hình Nextion với Arduino rất đơn giản. Em chỉ cần thực hiện bốn kết nối: GND, RX, TX và + 5V. Các chân này được gắn nhãn ở phía sau màn hình. Chân giao tiếp theo thư viện là Serial2 của Mega (16-TX/17-RX)
- Em cấp nguồn trực tiếp cho màn hình Nextion từ chân 5V của Arduino, nhưng không được khuyến khích. Làm việc với nguồn điện không đủ có thể làm hỏng màn hình. Vì vậy, Em sử dụng nguồn điện bên ngoài. Em sử dụng bộ nguồn 5V / 1A với cáp micro USB. Đi kèm với màn hình Nextion là đầu nối USB sang 2 chân, hữu ích để kết nối bộ chuyển đổi nguồn với màn hình.
- Khi mở chương trình tạo dự án mới, **New File**, phải lựa chọn loại thiết bị và hướng hiển thị. màn hình HMI có hướng 0 là đứng dọc, chúng ta thường để nằm ngang nên chọn 90'.



Hình 4.4 Setup hướng cho màn hình

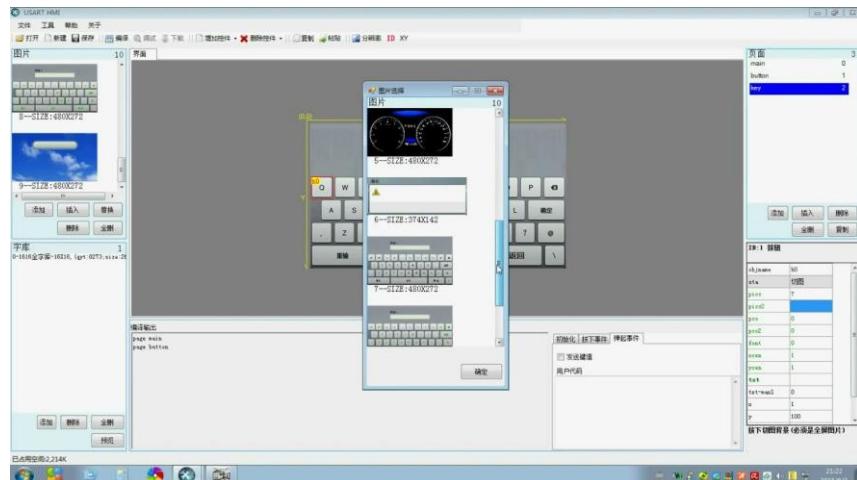
Sau đó màn hình chính như sau:



Hình 4.5 Màn hình chính giao diện Nextion

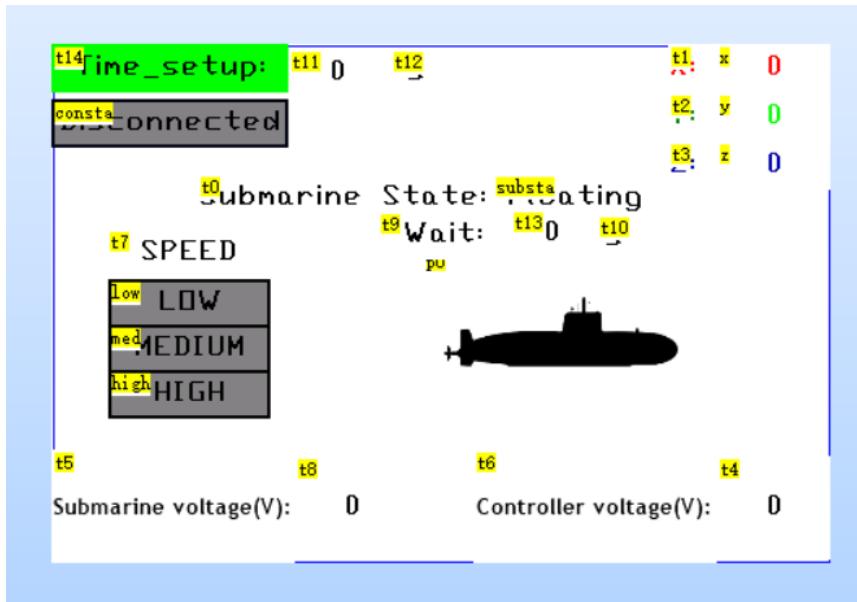
- Main Menu
 - Canvas – thêm thành phần vào màn hình
 - Toolbox – lấy thành phần như hình ảnh, thanh tiến trình, nút nhấn.....
 - Picture/Fonts list – hiển thị hình ảnh và font chữ được sử dụng.
 - Page area – quản lý trang, thêm trang, xóa....
 - Attributes area – thể hiện thuộc tính của thành phần.
 - Compiler output window – hiển thị kết quả biên dịch, lỗi nếu có.
 - Event window – bổ sung lệnh dùng khi có sự kiện
- ⇒ Tuy nhiên, do màn hình HMI có giá thành rất đắt, nên em chọn màn hình HMI xuất xứ từ Trung Quốc với sử dụng 1 phần mềm giao diện tương tự là giao diện

USART-HMI với cách thức set up y hệt Nextion và chỉ khác ngôn ngữ giao diện là tiếng Trung.



Hình 4.6 USART-HMI

Sau những bước tìm hiểu bên trên, em tiến hành thiết kế giao diện màn hình HMI của riêng em. Kết quả em thu được màn hình như dưới đây:



Hình 4.7 Thiết kế giao diện HMI cho mạch điều khiển từ xa

Trong màn hình này, ở trên đầu góc bên trái của em sẽ là trạng thái connect giữa 2 mạch điều khiển. Bên trên đó sẽ là 1 trạng thái là “Time_setup”. Bên cạnh đó sẽ hiển thị thời gian chờ của mạch điều khiển tàu ngầm setup xong. Vì để setup xong tàu ngầm cần đưa vị trí của động cơ bước về đinh của xi-lanh và ở trạng thái nổi

Bên trái ở giữa sẽ là 3 trạng thái hiển thị tốc độ di chuyển của tàu. Các trạng thái này sẽ được thay đổi dựa trên nút nhấn ở trên hộp điều khiển.

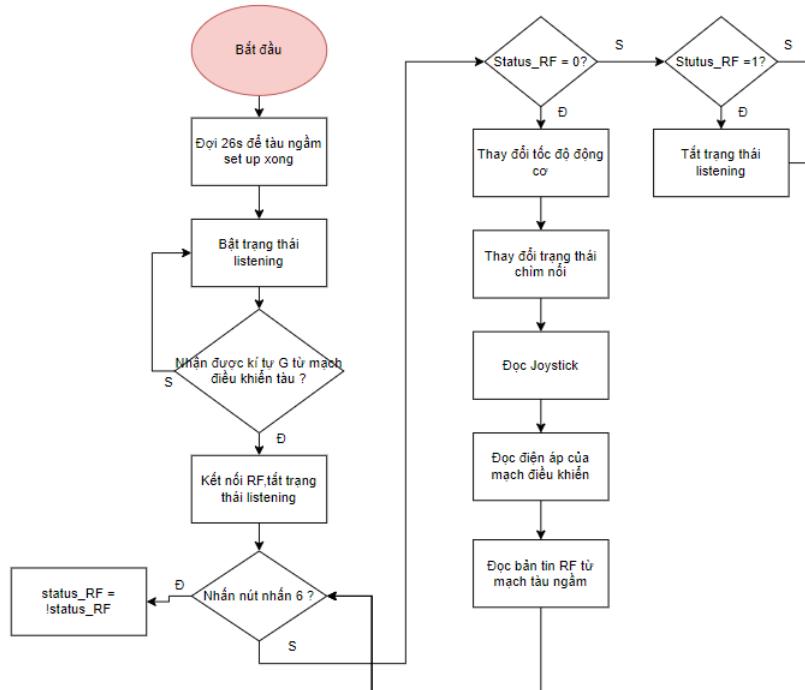
Ở giữa màn hình là sẽ hiển trạng thái nổi hoặc chìm của con tàu. Bên dưới sẽ là thời gian quá trình chìm xuống hoặc nổi lên của tàu ngầm.

Ở dưới cùng là điện áp của mạch điều khiển từ xa và mạch điều khiển tàu ngầm giúp em theo dõi dễ dàng hơn điện áp của tàu để biết khi nào nên để tàu ngoài mặt nước.

Bên phải trên cùng là giá trị 3 góc theo trục x,y,z dựa trên đọc cảm biến giá tốc góc MPU-6050 gửi về.

4.2 Lưu đồ hoạt động

4.2.1 Lưu đồ hoạt động cho mạch điều khiển từ xa



Hình 4.8 Lưu đồ hoạt động cho mạch điều khiển từ xa

Giải thích:

Đầu tiên, khi bật công tắc hai thiết bị lên, mạch cầm tay sẽ phải đợi 26s cho mạch điều khiển tàu ngầm khởi động xong động cơ bước.

Khi động cơ bước setup xong, mạch tàu ngầm sẽ gửi kí tự G về cho mạch điều khiển tàu. Nếu mạch cầm tay nhận được kí tự sẽ đưa vào trạng thái tắt listening để điều khiển tàu.

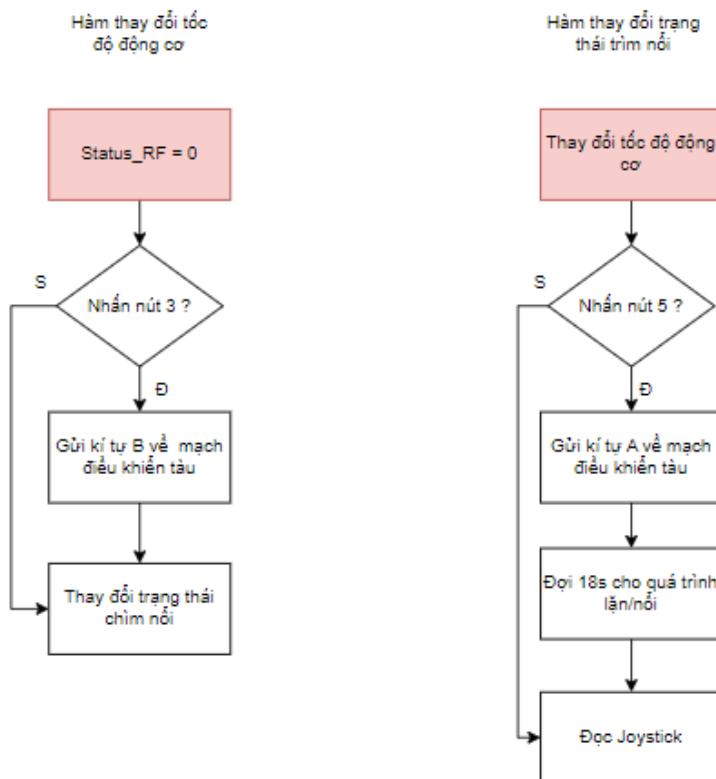
Sau đó, em sẽ kiểm tra trạng thái nhấn của nút 6. Nút 6 là nút nhấn để connect giữa 2 mạch. Khi nhấn nút 6, biến status_RF sẽ được đảo ngược giá trị từ 0 thành 1 hoặc ngược lại. Nếu không nhấn, thiết bị sẽ bỏ qua và kiểm tra giá trị của status_RF.

Khi status_RF = 1, mạch sẽ ngắt kết nối giữa hai thiết bị và đợi đến khi nào được nhấn nút 6 lần nữa để đổi trạng thái mới kết nối lại.

Khi status_RF = 0, mạch sẽ vào trạng thái điều khiển từ xa. Lúc này mạch sẽ đi qua các hàm bao gồm điều khiển tốc độ động cơ, thay đổi trạng thái chìm nổi, đọc Joystick, đọc điện áp của mạch điều khiển và đọc bản tin RF từ mạch tàu

ngầm. Sau khi xử lí các hàm theo dạng pooling, thiết bị sẽ quay về bước đọc trạng thái của nút nhấn 6.

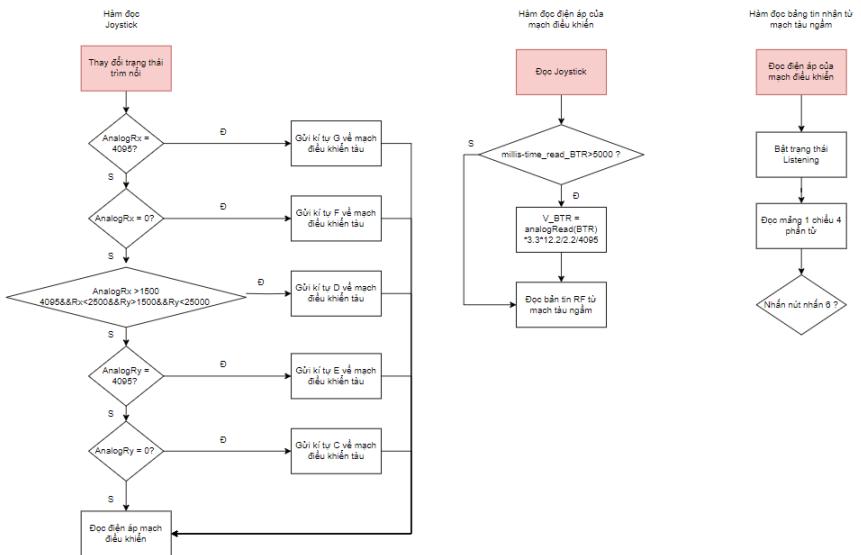
Em sẽ nói rõ hơn các hàm trong trạng thái status_RF = 0 ở dưới đây.



Hình 4.9 Hàm thay đổi tốc độ động cơ và thay đổi trạng thái chìm nổi

Khi bước vào status_RF = 0, hàm thay đổi tốc độ động cơ sẽ được thực hiện đầu tiên. Nếu nút nhấn 3 được thực hiện, mạch sẽ kí tự B cho mạch điều khiển tàu và sau đó sẽ sang hàm thay đổi trạng thái chìm nổi.

Đối với hàm thay đổi trạng thái chìm nổi, khi nhấn nút 5 em sẽ gửi kí tự A về mạch điều khiển tàu. Sau đó sẽ đợi 18s cho quá trình lặn hoặc nổi. Thời gian chờ sẽ được hiển thị lên màn hình HMI để em quan sát. Sau khi hết thời gian hoặc không nhấn nút 5, vi điều khiển sẽ chuyển sang hàm đọc Joystick.



Hình 4.10 Hàm đọc Joystick, đọc điện áp của mạch điều khiển và đọc bảng tin RF nhận từ mạch tàu ngầm

Khi vào hàm đọc Joystick, em sẽ đọc giá trị Analog của Rx và Ry.

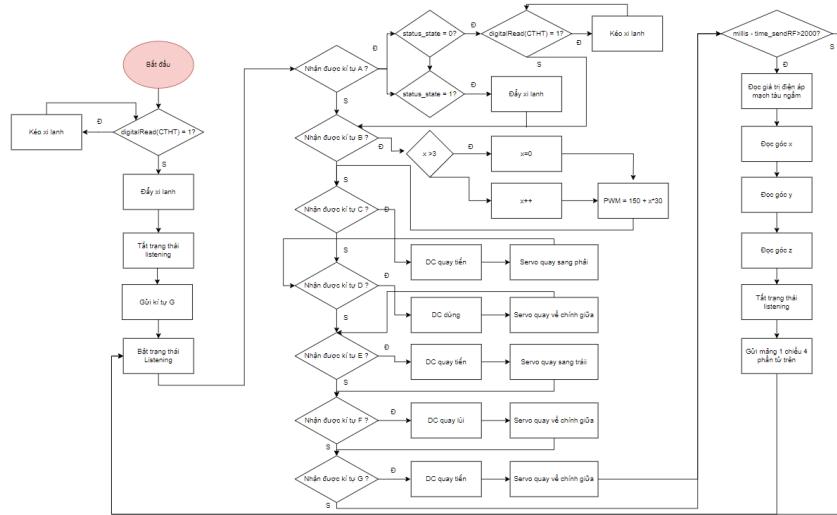
Đối với AnalogRx = 4095, MCU sẽ gửi kí tự G đến mạch điều khiển tàu tương ứng với việc tiến lên. Nếu AnalogRx = 0, MCU sẽ gửi kí tự F tương ứng với việc lùi lại. Nếu AnalogRx, Analog Ry nằm trong khoảng 1500 đến 2500, MCU sẽ gửi kí tự D tương ứng với việc joystick giữ nguyên.

Còn khi quẹo Joystick sang phải, analogRy = 0 và gửi kí tự C, ngược lại khi quay sang trái, analogRy = 4095 và gửi kí tự E.

Sau đó, hàm BTR sẽ đọc giá trị điện áp của mạch điều khiển dựa trên nguyên lý phân áp. Ở trên mạch điều khiển từ xa, em thiết kế mạch phân áp với 2 điện trở 10k và 2.2k với mục đích khi giá trị pin ở mức tối đa là 8.4V, giá trị điện áp sau khi phân áp nhận được: $8.4 \times \frac{2.2}{12.2} = 1.54V < 3.3V$. Khi đó ta có thể đọc được giá trị analog sau khi phân áp. Từ đây, để truy ngược lại giá trị điện áp, em chỉ cần đảo ngược phép toán đọc analog và chia cho 4095 là dải 12bit ADC của MCU rồi nhân với 12.2 và chia cho 2.2 là ra được lại giá trị điện áp của mạch điều khiển từ xa. Với mỗi 5s/lần, MCU sẽ cập nhật lại giá trị điện áp của mạch cầm tay.

Khi hoàn thành hàm đọc giá trị điện áp, MCU mở listening của RF và đọc lại các giá trị nhận được từ con tàu là một mảng 1 chiều 4 phần tử để đọc được 4 giá trị bao gồm: Điện áp tàu ngầm, 3 góc x, y, z của tàu ngầm.

4.2.2 Lưu đồ giải thuật cho mạch điều khiển tàu ngầm



Hình 4.11 Lưu đồ giải thuật cho mạch điều khiển tàu ngầm

Giải thích:

Đầu tiên, khi bật công tắc lên, mạch điện sẽ đọc giá trị digital của công tắc hành trình. Nếu công tắc hành trình chưa được nhấn, động cơ bước sẽ hút xi lanh cho đến khi phần cao su phía trong ống xi lanh di chuyển về đến và chạm vào công tắc hành trình thì khi đó, động cơ sẽ đẩy miếng cao su về phía đỉnh xi lanh trong khoảng thời gian em đo đạc được là 18s là lắp đầy thì sẽ kết thúc quá trình setup.

Sau khi setup xong, mạch sẽ tắt chế độ listening của RF và gửi kí tự G về cho thiết bị cầm tay. Từ đây, mạch bắt đầu bật chế độ listening và đợi nhận được bảng tin của mạch cầm tay.

Khi nhận được kí tự A, với trạng thái status_state = 0, động cơ bước sẽ hút nước vào trong xi lanh đến khi miếng cao su bên trong xi lanh chạm công tắc hành trình. Còn nếu như status_state = 1, động cơ nước sẽ đẩy nước ra ngoài với khoảng thời gian là 18s.

Nếu nhận được kí tự B, biến x sẽ cộng thêm 1 đơn vị. Nếu x > 3, giá trị x sẽ quay về bằng 0. Giá trị PWM được xử lý theo công thức $PWM = 150 + 30*x$ với $x = 3$ sẽ cho ra PWM tối đa là 240.

Nếu nhận được kí tự C, động cơ DC sẽ quay tiến và góc servo quay sang phải để tàu ngầm được rê sang phải. Ngược lại, nếu nhận kí tự E, góc servo quay sang trái và tàu ngầm sẽ rê sang trái.

Tương tự, nếu nhận được kí tự F, động cơ DC quay lùi giúp cho tàu ngầm lùi lại và kí tự G sẽ giúp DC quay tiến và tàu tiến lên.

Còn nếu nhận được kí tự D, tức là joystick giữ nguyên, khi đó động cơ DC sẽ không chạy và tàu nằm yên.

Sau khi kết thúc quá trình listening, em tắt đi và cứ mỗi 2s, MCU sẽ đọc giá trị cảm biến MPU-6050 và đọc giá trị điện áp rồi gửi về mạch điều khiển cầm tay.

4.3 Kết luận chương 4

Trong chương 4 này, em đã hoàn tất việc thiết kế giao diện cho màn hình hiển thị để quan sát trạng thái của tàu cũng như thiết lập thuật toán cho hai mạch điều khiển. Đến với chương 5 tiếp theo, em sẽ kiểm tra, thử nghiệm mô hình và kiểm tra thuật toán cũng như mạch điện để đưa ra kết quả cho việc thiết kế tàu ngầm của em.

CHƯƠNG 5. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Mục đích thử nghiệm của chương 5 là giúp em đánh giá được độ hoàn thiện của mô hình 3D sau khi in thực tế, đánh giá kết quả việc lắp ghép các động cơ và xi lanh vào trong khoang tàu.

Bên cạnh đó, em kiểm tra tính ổn định của 2 mạch điều khiển. Các việc kiểm tra bao gồm: đo điện áp các nguồn nuôi trong mạch, test hoạt động của MCU, đọc các giá trị cảm biến, điều khiển động cơ và truyền dữ liệu thông qua RF.

5.1 Thử nghiệm mô hình

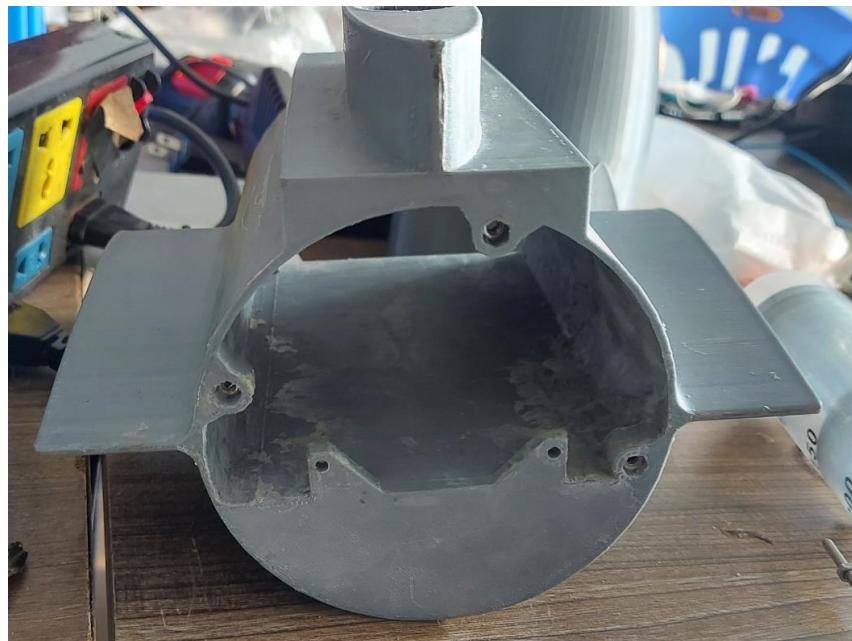
Sau khi in 3D được 4 khoang chính của tàu, em tiến hành đổ bê tông và thêm chì vào tàu để tăng độ nặng cho tàu vào các khoang nhỏ của 4 khoang.

Kết quả em thu được 4 khoang hoàn chỉnh như sau:



Hình 5.1 Khoang đầu tàu

Khoang đầu tàu đã được đổ đầy bê tông ở bên dưới và nhét vừa pin vào bên trong.



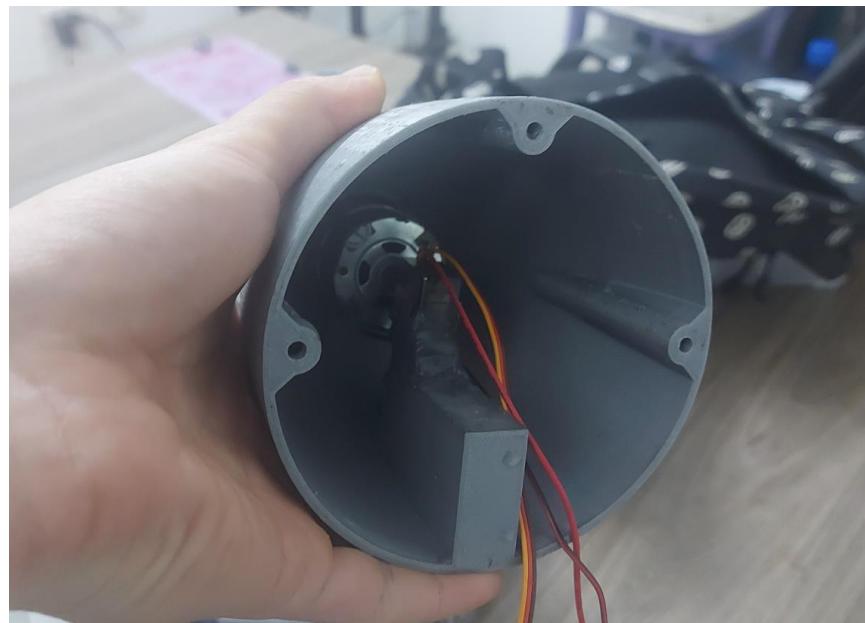
Hình 5.2 Khoang giữa thứ nhất

Khoang giữa cũng tương tự được phủ đầy bằng bê tông bên dưới và có độ rộng vừa với mạch điều khiển và động cơ bước cho xi-lanh.



Hình 5.3 Khoang giữa thứ 3

Khoang giữa thứ 3 với nhiệm vụ đựng ống xi-lanh để hút nước vào bên trong. Xung quanh ống xi-lanh đã được em đỗ đầy bê tông và thêm chì vào giữa.



Hình 5.4 Khoang đuôi tàu

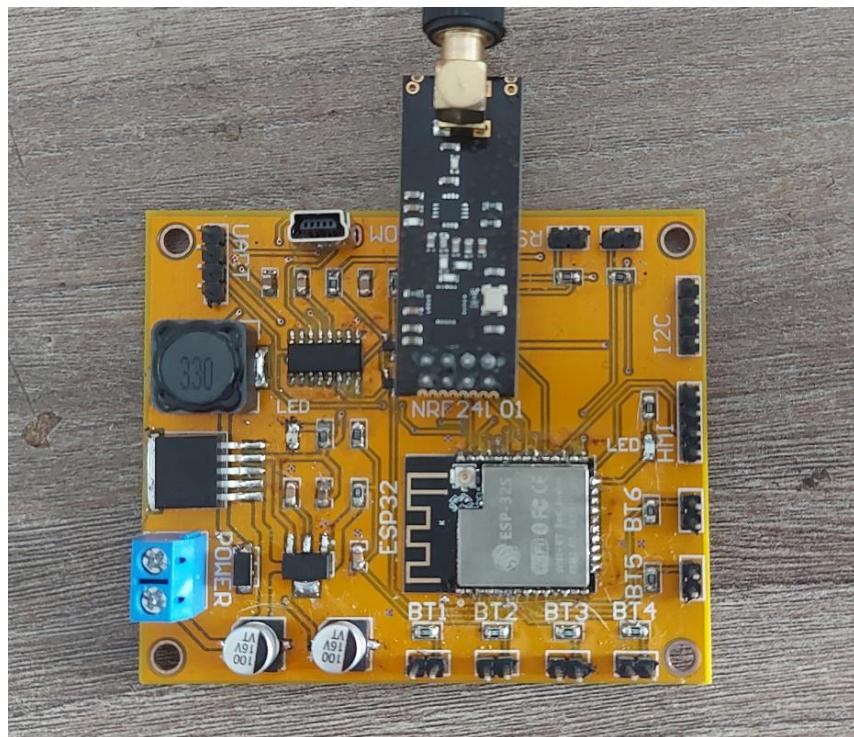
Do khoang đuôi tàu em có động cơ DC và động cơ servo nên khối lượng khoang này nặng hơn các khoang trên, do đó em không đổ xi măng vào luôn mà sẽ ghép toàn bộ các khối vào với nhau. Sau khi ghép xong em tiến hành cân để tính trọng tâm của tàu rồi mới đổ dần dần bê tông vào sao cho trọng tâm đi về giữa tàu. Kết quả em thu được sau khi lắp ráp các khoang vào được như sau:



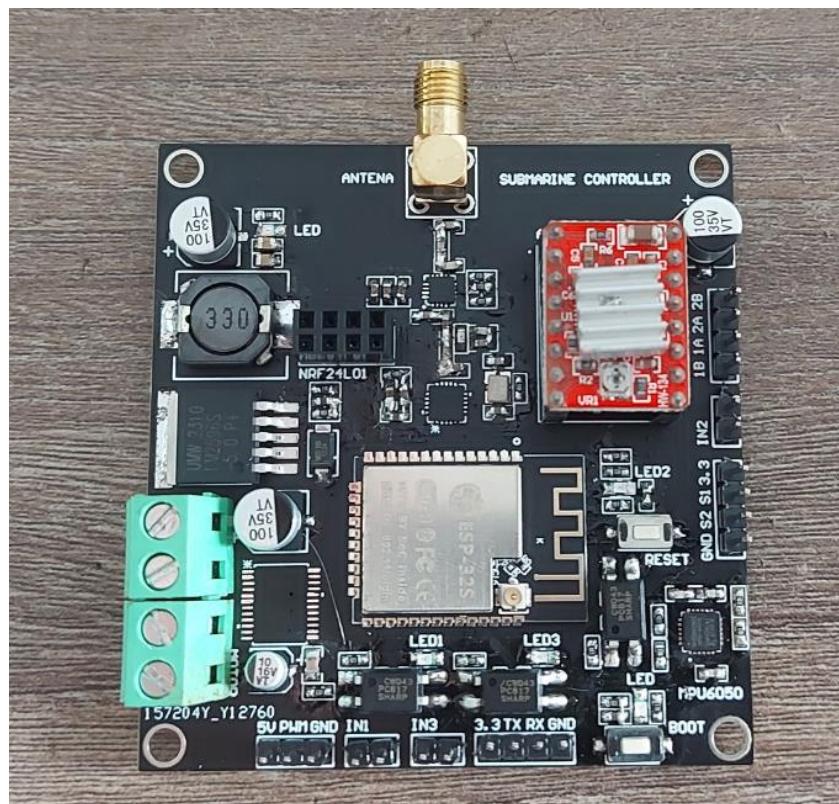
Hình 5.5 Toàn bộ mô hình tàu

5.2 Thủ nghiệm phần cứng

Sau khi mạch in đã được đặt về, em tiến hành hàn các linh kiện vào 2 mạch. Kết quả em thu được 2 mạch như sau:



Hình 5.6 Mạch điều khiển từ xa



Hình 5.7 Mạch điều khiển tàu ngầm

5.2.1 Kiểm tra hoạt động các khối nguồn

Em tiến hành kiểm tra điện áp các khối nguồn trung bình 10 lần của mạch điều khiển từ xa và thu được kết quả trong Bảng 5.1.

Thông số cần đo	Giá trị tính toán	Giá trị đo trung bình sau 10 lần	Sai số
Điện áp nguồn	7.4	7.5	1.3%
	5	5.03	0.6%
Điện áp MCU	3.3	3.32	0.6%
Điện áp HMI	5	5.01	2%
Điện áp RF	3.3	3.28	0.6%

Bảng 5.1 Kết quả đo mức điện áp các nguồn của mạch điều khiển từ xa

Kết quả đo điện áp nguồn của mạch điều khiển tàu ngầm được thể hiện trong Bảng 5.2.

Thông số cần đo	Giá trị tính toán	Giá trị đo trung bình sau 10 lần	Sai số
Điện áp nguồn	11.1	11.4	2.7 %
	5	5.06	1.2%
Điện áp MCU	3.3	3.32	0.6%
Điện áp MPU	3.3	3.26	1.2%
Điện áp RF	3.3	3.26	1.2%
Điện áp Servo	5	4.98	0.4%
Điện áp A4988	11.1	11.3	1.8%
Điện áp TB6612	11.1	11.2	0.9%

Bảng 5.2 Kết quả đo điện áp nguồn của mạch điều khiển tàu ngầm

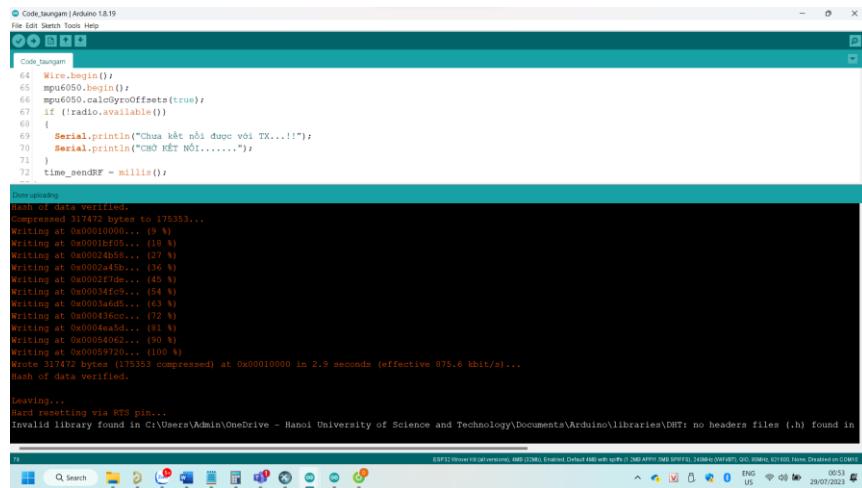
Nhận xét:

⇒ Qua 2 bảng trên, với điện áp pin 2s và 2s ở mức 3.7V/cell, em thu được sai số không quá đáng kể ở các mức điện áp (<5%). Với sai số này, các thiết bị trong mạch vẫn có thể hoạt động bình thường. Khi khói nguồn ổn định, không bị sụt áp khi các module hoạt động liên tục, chứng tỏ việc tính toán và lựa chọn khói nguồn phù hợp với yêu cầu của mỗi mạch điện.

5.2.2 Kiểm tra các hoạt động của mỗi module

5.2.2.1. Kiểm tra hoạt động của MCU

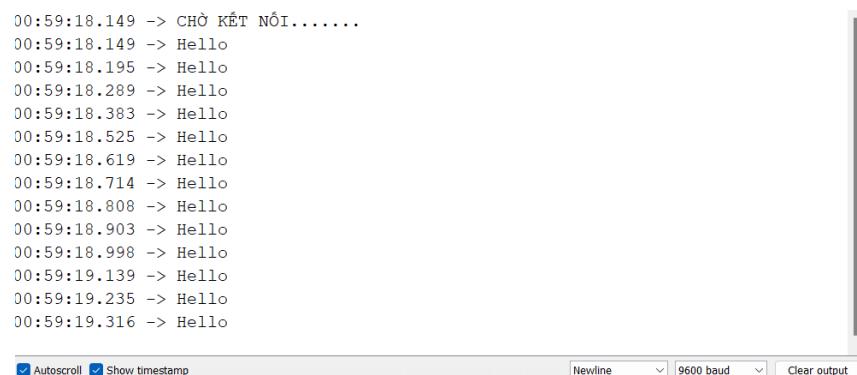
Sử dụng USB_UART để nạp code được thiết kế trên mõi bo mạch,kết quả phần mềm em thu được thông tin, vị trí của cổng COM. Sau đó, em sử dụng Arduino IDE để tiến hành nạp thử code và debug, và MCU hoạt động như bình thường – Hình 5.8.



Hình 5.8 Nạp code cho MCU

5.2.2.2. Kiểm tra hoạt động của RF

Em tiến hành test thử chế độ TX cho mạch điều khiển từ xa và RX cho mạch điều khiển tàu ngầm, với bản tin truyền là một chuỗi 6 ký tự “Hello” với thời gian cách nhau 100ms và ở trên bờ.



Hình 5.9 Nhận bản tin từ TX

Như ta thấy, kết quả hai mạch nhận được bình thường với thời gian cách nhau trung bình của mỗi bảng tin là 115ms => Tốc độ truyền ổn định.

5.2.2.3. Kiểm tra hoạt động của các động cơ

- Đối với động cơ DC, em tiến hành thiết lập PWM với dài 10bit, đặt giá trị là 150.Từ đó theo lý thuyết thu được điện áp đầu ra của động cơ DC là: $11.5 \times \frac{150}{255} = 6.76(V)$. Kết quả thu được điện áp thực tế là 6.77V với sai số là 0.14% (Rất thấp).



Hình 5.10 Kiểm tra điện áp sau khi PWM động cơ DC

- Đến với động cơ servo và động cơ bước. Cả hai động cơ đều hoạt động ổn định. Động cơ bước đủ công suất để hút nước vào trong xi-lanh cũng như đẩy ra. Trong khi đó động cơ servo quay ổn định và thu được góc 90 độ với cánh lái nằm thẳng với tàu.

5.2.2.4. Kiểm tra hoạt động của MPU-6050

MPU-6050 đã đưa ra thông số 3 góc x, y, z ổn định, không bị sai số quá nhiều và có sự thay đổi rõ rệt mỗi khi em nghiêng cũng như thay đổi góc của mạch điều khiển tàu.

```

18:48:35.609 -> angleX : -7.23 angleY : 7.99 angleZ : 16.49
18:48:35.656 -> angleX : -7.25 angleY : 8.06 angleZ : 16.50
18:48:35.703 -> angleX : -7.25 angleY : 8.08 angleZ : 16.50
18:48:35.750 -> angleX : -7.25 angleY : 8.09 angleZ : 16.50
18:48:35.797 -> angleX : -7.27 angleY : 8.05 angleZ : 16.56
18:48:35.843 -> angleX : -7.27 angleY : 8.07 angleZ : 16.56
18:48:35.890 -> angleX : -7.34 angleY : 8.09 angleZ : 16.59
18:48:35.938 -> angleX : -7.33 angleY : 8.11 angleZ : 16.59
18:48:35.986 -> angleX : -7.33 angleY : 8.13 angleZ : 16.59
18:48:36.033 -> angleX : -7.35 angleY : 8.13 angleZ : 16.62
18:48:36.079 -> angleX : -7.34 angleY : 8.15 angleZ : 16.62
18:48:36.126 -> angleX : -7.34 angleY : 8.16 angleZ : 16.62
18:48:36.174 -> angleX : -7.40 angleY : 8.14 angleZ : 16.59
18:48:36.221 -> angleX : -7.40 angleY : 8.16 angleZ : 16.59
18:48:36.267 -> angl

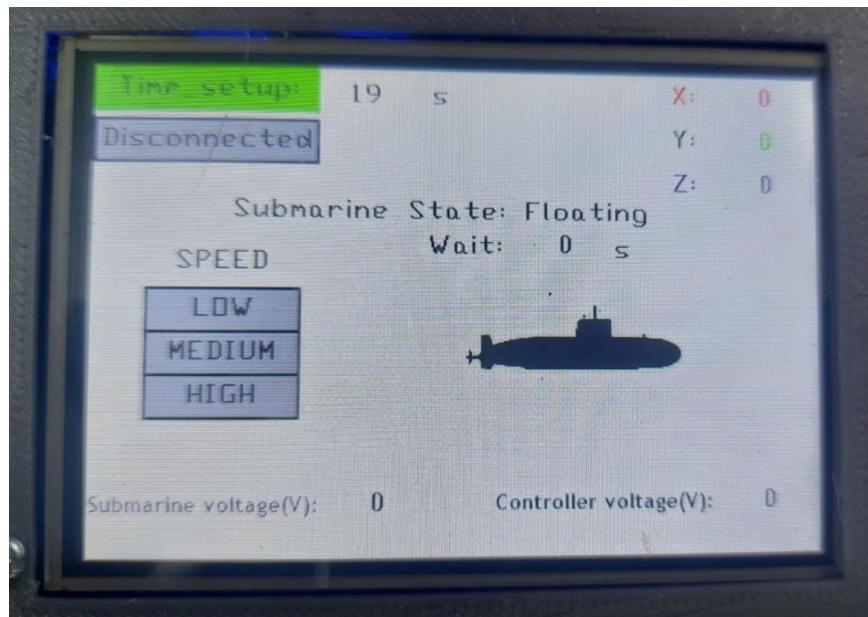
```

Hình 5.11 Giá trị đọc được từ MPU-6050

5.2.2.5. Kiểm tra hoạt động màn hình HMI.

Sau khi nạp thẻ nhớ file tft xuất từ trên phần mềm USART-HMI, em tiến hành cắm vào màn hình HMI để nạp vào vi điều khiển nằm trên màn hình. Sau khi

nạp xong, em tiến hành cấp điện cho màn hình và thu được kết quả như hình dưới đây.



Hình 5.12 Màn hình HMI

5.3 Lắp ráp và thử nghiệm toàn bộ

Em tiến hành lắp ráp mạch điều khiển từ xa và lắp các nút nhán, joystick, màn hình HMI với công tắc và led vào trong vỏ hộp in 3D.



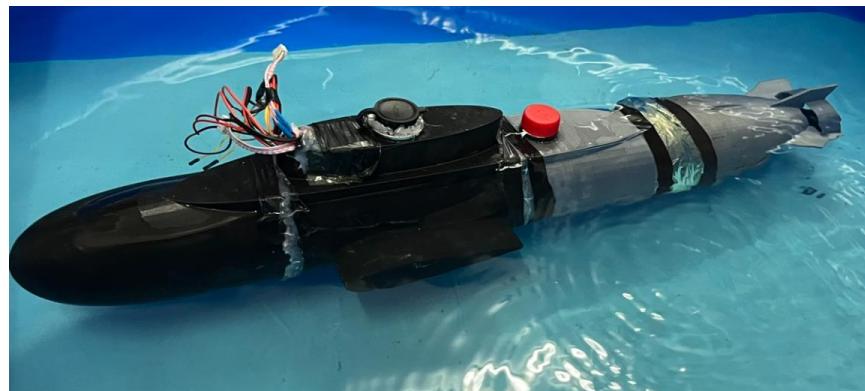
Hình 5.13 Lắp ráp mạch điều khiển vào hộp

Bên trái hộp là 3 nút vàng với lần lượt từ trên xuống dưới là nút kết nối RF, nút thay đổi tốc độ động cơ và nút thay đổi trạng thái chìm nổi của tàu.

Bên phải hộp là 3 nút đỏ với nút trên cùng là nút dự phòng cho thiết bị, 2 nút dưới lần lượt là reset và boot để reset lại mạch cầm tay.

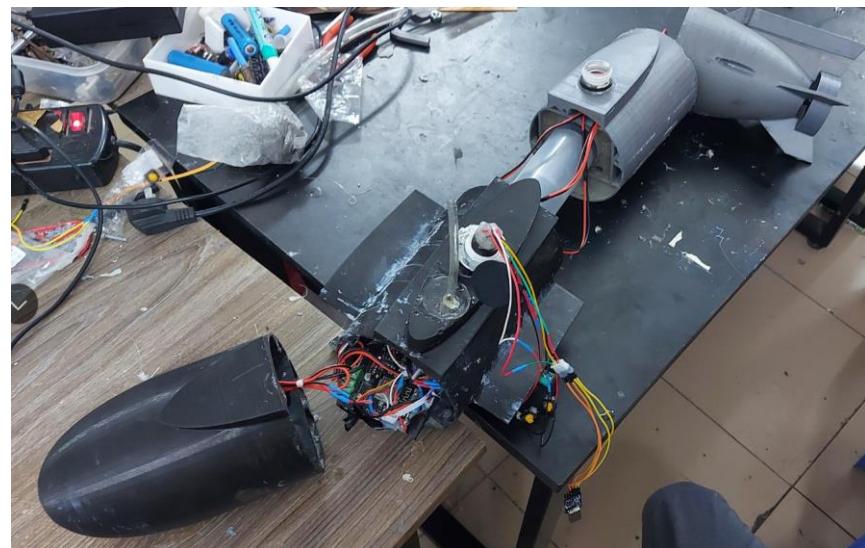
Trên cùng bên trái là joystick để điều khiển di chuyển cho tàu ngầm.

Tiếp đến, em lắp ráp các khoang tàu vào và cố định tạm thời bằng keo nén và keo AB để đo đặc trọng tâm của tàu.



Hình 5.14 Thủ nghiệm trọng tâm của tàu

Nhận thấy trọng tâm tàu đã dồn vào chính giữa như trong ảnh 5.14 và chìm được xuống ở mức cho phép, em tiến hành lắp mạch điện và pin vào trong khoang tàu.



Hình 5.15 Quá trình lắp ráp tàu



Hình 5.16 Lắp ráp hoàn thiện

Sau khi lắp ráp và cố định các khoang bằng keo chuyên dụng, em tiến hành mang tàu xuống nước và điều khiển ở 2 chế độ: nổi và lặn. Kết quả em thu được như sau:

Ở chế độ nổi:

- Tàu di chuyển được tiến và lùi ổn định, không bị nước tràn vào trong.
- Di chuyển sang phải tốt, tuy nhiên di chuyển sang trái hơi kém do momen của cánh vịt quá khỏe và đẩy nước về phía phải khá nhiều.
- Các tín hiệu điện áp và giá trị 3 góc x, y, z vẫn nhận về được thiết bị.
- Có thể truyền trong khoảng cách tối đa 30m thu được sóng ổn định.

Ở chế độ chìm:

- Do khối lượng tàu và khối lượng nước bơm vào còn chênh lệch quá lớn (4500gam và 100gam tương đương 2.2%) và do mực nước lúc nổi chưa đạt đến độ thấp mong muốn, cho nên tàu vẫn còn hở được connector và cổng bật tắt nguồn điện.
- Kết quả di chuyển và truyền tín hiệu vẫn tương tự như ở chế độ nổi.
- Nước có tràn 1 ít vào khoang đuôi tàu do nhựa 3D vẫn có những khe hở xung quanh thân, tuy nhiên động cơ vẫn hoạt động được và chỉ cần sấy khô là hệ thống vẫn hoạt động được ổn định.
- Khoảng cách truyền tương tự ở chế độ nổi.

5.4 Đánh giá kết quả

Qua những gì em đã đo đạc, kiểm tra và thử nghiệm cả mô hình lẫn các thiết bị điện, em thu được những kết quả sau:

- Mạch điện hoạt động ổn định ở cả 2 mạch, các giá trị điện áp thu được đúng so với mong muốn.
- Tín hiệu RF ổn định và truyền được bằng tin giữa cả 2 thiết bị, thời gian đáp ứng nhanh và ít có độ trễ.
- Mô hình đã có khả năng chìm nổi, điều khiển được các động cơ như mong muốn, tuy nhiên chưa chìm được hẳn xuống dưới nước do thiết kế cơ khí còn hạn chế.

KẾT LUẬN VÀ PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Kết luận

Sau một thời gian tìm hiểu về thiết kế mô hình 3D cũng như tìm hiểu về phần cứng và lập trình, em thấy bản thân đã thu được kết quả như sau:

- Thiết kế thành công mô hình tàu ngầm. In 3D tỉ lệ khớp với những gì mình vẽ và có khả năng chống nước nhờ vào các loại keo chuyên dụng.
- Thiết kế thành công 2 mạch điều khiển, sử dụng RF truyền giữa hai thiết bị ổn định trong phạm vi 30m.
- Lập trình firmware thành công như những gì em đã đề ra cho đề tài.

Toàn bộ hệ thống của em đáp ứng được những yêu cầu sau:

- Hoạt động ổn định trong thời gian đã tính toán phù hợp với dung lượng pin cho phép.
- Các chức năng như lặn xuống và nổi lên, đọc các thông số cảm biến góc cũng như thông số điện áp hai mạch, di chuyển lên, xuống, trái, phải đúng như yêu cầu đã đề ra.

Tuy nhiên, do thời gian còn hạn chế và nghiên cứu chưa đủ, sản phẩm của em vẫn còn 1 vài hạn chế như sau:

- Khả năng chống nước chưa tốt do nhựa in 3D vẫn có khả năng nước ngấm vào và nước chảy vào qua các động cơ cánh vịt và động cơ servo.
- Khả năng truyền được xa chưa tốt. Khả năng truyền bằng tin từ dưới nước lên trên bờ chưa được ổn định và hay mất bằng tin.
- Chưa có dung lượng cao để hoạt động lâu dài.
- Chưa phát triển được thuật toán di chuyển tự hành đến vị trí xác định thông qua cảm biến MPU-6050.
- Chưa phát triển thêm camera hoặc cảm biến để theo dõi môi trường dưới nước, vv...

Phương hướng phát triển

Trong tương lai, em sẽ tiếp tục nghiên cứu và phát triển các version để hoạt động được ổn định hơn, lâu hơn và truyền xa hơn. Phát triển thêm khả năng di chuyển tự hành và quan sát được môi trường dưới nước và đầy về màn hình HMI. Tối ưu kích thước PCB hơn nữa cũng như tìm hiểu khả năng truyền phát hình ảnh về màn hình hiển thị trên cạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K. Nguyễn, "Học Altium từ A tới Z cho sinh viên điện tử," [Trực tuyến]. Available: <https://khuenguyencreator.com/hoc-altium-tu-a-toi-z-cho-sinh-vien/>.
- [2] N. H. Nam, "Thiết kế RF," 11 01 2017. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/vn/document/truong-dai-hoc-noi-vu-ha-noi/luat-hoc/thiet-ke-rf-nguyen-hoai-nam/36336313>.
- [3] Nodric, "NRF24L01 DATASHEET," [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1243924/ETC1/NRF24L01.html>.
- [4] P. Q. Thắng, Bài giảng Soliwork 2014-2017 phần căn bản-nâng cao, 2017.
- [5] R. n. tutorial, "ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?," [Online]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>.
- [6] T. T. Đức, "Nguyên lý lặn-nổi lên của tàu ngầm," Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 2011.
- [7] "Lịch sử tàu ngầm," [Online]. Available: https://vi.wikipedia.org/wiki/Lịch_sử_tàu_ngầm.
- [8] L. s. L. M. Trường, "Chân vịt (Propeller) là gì ? Tìm hiểu sơ lược về chân vịt tàu thủy ?," 2021. [Online]. Available: <https://luatminhkhue.vn/chan-vit-propeller-la-gi.aspx>.
- [9] C. đ. t. n. đ. V. Nam, "Giáo trình Đào tạo máy trưởng hạng ba môn cầu trúc tàu," 2015.

