

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM
KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY
BỘ MÔN: CƠ ĐIỆN TỬ



HCMUTE



FME - HCMUTE

ĐỒ ÁN CƠ ĐIỆN TỬ
THIẾT KẾ BOARD MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC
SERVO CÔNG SUẤT NHỎ

SVTH: Nguyễn Chí Thành

MSSV: 21146315

GVHD: ThS. Võ Lâm Chương

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 12 năm 2024.

LỜI CẢM ƠN

Tên đồ án: Thiết kế board mạch điều khiển động cơ Dc servo công suất nhỏ.

GVHD: ThS. Võ Lâm Chương

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Chí Thành

MSSV: 21146315

Liên hệ: 0384590432

Email: nguyENCHI072018@gmail.com

Cam kết: “Em xin cam đoan đồ án này là công trình do chính em nghiên cứu và thực hiện. Em không sao chép bất kỳ một bài viết, một công trình nào được công bố để mạo danh làm nguồn gốc. Nếu có bất kỳ sự vi phạm nào, em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm”.

Lời cảm ơn:

Em xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Tp.Hồ Chí Minh và toàn thể các Thầy/Cô thuộc Khoa Khoa cơ khí chế tạo máy đã giảng dạy em, cung cấp cho em những kiến thức, kỹ năng về lĩnh vực chuyên ngành Công nghệ kỹ thuật cơ điện tử giúp cho em có những nền tảng vững chắc và kiến thức để làm tiền đề ứng dụng trong quá trình thực hiện đồ án cơ điện tử.

Em xin cảm ơn thầy Võ Lâm Chương đã quan tâm, hỗ trợ và đưa ra những lời khuyên bổ ích cho em để có thể hoàn thành đồ án cơ điện tử.

Vì thời gian và kiến thức còn hạn hẹp nên không thể tránh khỏi những thiếu sót, rất mong sự góp ý và lời nhận xét của quý thầy cô để em rút kinh nghiệm và hoàn thành tốt hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 27 tháng 12 năm 2024

Người thực hiện

Nguyễn Chí Thành

TÓM TẮT

Đồ án cơ điện tử “ Thiết kế mạch điều khiển động cơ DC servo công suất nhỏ”, được thực hiện với mục đích tạo thành công mạch có khả năng lập trình để điều khiển động cơ DC servo, đảo chiều động cơ và đọc tín hiệu Encoder. Mạch được thiết kế dựa trên các linh kiện đã được tính toán và phân thành các khối: mạch cầu H, IC điều khiển Mosfet, IC cách ly, khối vi điều khiển, khối đọc encoder, khối nguồn. Các linh kiện trong mạch đã được tính toán và chọn lựa theo yêu cầu đặt ra. Mạch đã được mô phỏng trên phần mềm Proteus để kiểm tra nguyên lý hoạt động của mạch. Cuối cùng mạch sẽ được thi công để chạy thử dựa trên mạch đã được tính toán và mô phỏng nhằm đánh giá và ứng dụng vào thực tế.

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
TÓM TẮT	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC HÌNH	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG	viii
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ	ix
CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Mục tiêu đồ án	1
1.3. Nội dung thực hiện	1
CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN	3
2.1. Động cơ Dc servo	3
2.1.1. Khái niệm động cơ DC servo	3
2.1.2. Cấu tạo động cơ DC	3
2.1.3. Nguyên lý hoạt động động cơ DC	4
2.1.4. Cấu tạo encoder	5
2.1.4. Nguyên lý hoạt động encoder	5
2.2. Mạch cầu H	6
2.2.1. Khái niệm mạch cầu H	6
2.2.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động mạch cầu H	6
2.3. Mosfet IRF540NPbf	7
2.3.1. Khái niệm Mosfet	7
2.3.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động Mosfet	7
2.3.3. Giới thiệu Mosfet IRF540NPbf	7
2.4. IC IR2104SPBF	8
2.5. IC CD4001BE	9
2.6. IC LM2576S	9
2.7. IC B0505	10

2.8. IC PC817C.....	11
2.9. IC 6N137M.....	12
2.10. IC SN74HC14N	13
2.11. STM32F103C8T6	13
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ, TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC CÔNG SUẤT NHỎ	14
3.1. Giới thiệu	14
3.2. Thiết kế sơ đồ khối	14
3.3. Tính toán và lựa chọn linh kiện.....	15
3.3.1. Khối mạch cầu H và IC điều khiển mạch cầu H.....	15
3.3.2. Khối IC cách ly.....	21
3.3.3. Khối STM32.....	22
3.3.4. Khối cách ly encoder.....	23
3.3.5. Khối nguồn.....	24
3.4. Mô phỏng.....	31
3.4.1. khối cầu H và IC điều khiển mạch cầu H.....	31
3.4.2. Khối IC cách ly.....	32
3.4.3. Khối cách ly encoder.....	33
CHƯƠNG 4. THI CÔNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC SERVO CÔNG SUẤT NHỎ	35
4.1. Giới thiệu	35
4.2. Thiết kế mạch PCB	35
4.3. Lắp ráp và kiểm tra	36
CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ, HẠN CHẾ VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỒ ÁN	38
5.1. Kết quả.....	38
5.2. Hạn chế	39
5.3. Hướng phát triển	39
TÀI LIỆU THAM KHẢO	40

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

w	Watt
v	Volt
DC	Direct Current
IoT	Internet of Thing
A	Ampe
IC	Integrated Circuit
UART	Universal Asynchronous receiver-trasmitter
I2C	Inter-integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
CAN	Controller Area Network
ADC	Analog to Digital
PWM	Pulse width Modulation
m	10^{-3}
n	10^{-9}
u	10^{-6}
IO	Input - Output
Ω	Ohm
F	Farad

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 2. 1. Cấu tạo của động cơ DC servo[1]	3
Hình 2. 2. Cấu tạo của encoder[2]	5
Hình 2. 3. Cấu tạo của mạch cầu H[3]	6
Hình 2. 4. Sơ đồ nguyên IC IR2104SPBF[6]	8
Hình 2. 5. Nguyên lý hoạt động của IC IR2104SPBF[6]	8
Hình 2. 6. Cấu tạo IC CD4001BE[7]	9
Hình 2. 7. Sơ đồ nguyên lý IC LM2596S[8]	10
Hình 2. 8. Sơ đồ nguyên lý IC B0505[9]	10
Hình 2. 9. Sơ đồ nguyên lý IC PC817C[10]	11
Hình 2. 10. Trạng thái hoạt động IC PC817C[10]	11
Hình 2. 11. Sơ đồ nguyên lý 6N137M[11]	12
Hình 2. 12. Trạng thái hoạt động của 6N137M[11]	12
Hình 2. 13. Cấu tạo IC SN74HC14N[12]	13
Hình 3. 1. Sơ đồ khối của hệ thống	14
Hình 3. 2. Sơ đồ nguyên lý khối mạch cầu H	16
Hình 3. 3. Sơ đồ nguyên lý của khối IC điều khiển Mosfet	18
Hình 3. 4. Sơ đồ nguyên lý khối logic IC điều khiển mạch cầu H	20
Hình 3. 5. Sơ đồ nguyên lý khối IC cách ly	21
Hình 3. 6. Sơ đồ nguyên lý khối STM32	23
Hình 3. 7. Sơ đồ nguyên lý khối cách ly encoder	23
Hình 3. 8. Sơ đồ nguyên lý khối nguồn từ VCC xuống 12v	24
Hình 3. 9. Chọn giá trị cuộn cảm phục thuộc vào điện áp ngõ vào[8]	25
Hình 3. 10. Chọn giá trị cuộn cảm[8]	25
Hình 3. 11. Chọn giá trị tụ điện ngõ ra phụ thuộc vào cuộn cảm[8]	25
Hình 3. 12. Chọn Diode phục thuộc vào điện áp và dòng ngõ ra[8]	26
Hình 3. 13. Chọn giá trị tụ điện ngõ vào phụ thuộc vào dòng RMS[8]	26
Hình 3. 14. Sơ đồ nguyên lý mạch giảm áp 12(v) xuống 5(v)	27
Hình 3. 15. Chọn giá trị cuộn cảm phục thuộc vào điện áp ngõ vào[8]	27

Hình 3. 16. Chọn giá trị tụ điện ngõ ra phụ thuộc vào cuộn cảm[8]	27
Hình 3. 17. Chọn Diode phục thuộc vào điện áp và dòng ngõ ra[8].....	28
Hình 3. 18. Sơ đồ nguyên lý khối nguồn 5v cách ly[8]	28
Hình 3. 19. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng Khối cầu H	31
Hình 3. 20. Kết quả mô phỏng khối cầu H.....	32
Hình 3. 21. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng khối IC cách ly	32
Hình 3. 22. Kết quả mô phỏng khối IC cách ly.....	33
Hình 3. 23. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng khối cách ly encoder	33
Hình 3. 24. Kết quả mô phỏng khối cách ly encoder	34
Hình 4. 1. Sơ đồ đi dây và bố trí linh kiện	35
Hình 4. 2. Mạch 3D lớp trên.....	35
Hình 4. 3. Mạch 3D lớp dưới	36
Hình 4. 4. Mạch thi công thực tế lớp trên	36
Hình 4. 5. Mạch thi công thực tế lớp dưới	37
Hình 4. 6. Đồ thị điều khiển tốc độ động cơ	38

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2. 1. Trạng thái hoạt động của cầu H.....	7
Bảng 2. 2. Bảng trạng thái cổng NOR.....	9
Bảng 3. 1. So sánh ưu nhược điểm của Mosfet, Transistor và Relay.....	15
Bảng 3. 2. Yêu cầu điều khiển.....	16
Bảng 3. 3. Bảng trạng thái điều khiển động cơ	20
Bảng 3. 4. Trạng thái băm PWM động cơ	21
Bảng 3. 5. Trạng thái chiều động cơ	21
Bảng 3. 6. Trạng thái đọc encoder	24
Bảng 3. 7. Danh sách linh kiện.....	29
Bảng 4. 1. Thông số của mạch.....	38

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ

Học kỳ I / năm học 2024 - 2025

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Võ Lâm Chương

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Chí Thành MSSV: 21146315

Điện thoại: 0384590432

Hệ đào tạo: Đại trà

1. Tên đồ án:

Thiết kế board mạch điều khiển động cơ Dc servo công suất nhỏ

2. Các số liệu yêu cầu:

Công suất tối đa của động cơ: 100(w). Điện áp hoạt động của động cơ: 12-24(v). Điện áp encoder: 5(v)

3. Nội dung chính của đồ án:

Tìm hiểu nguyên lý hoạt động, sơ đồ nguyên lý của mạch điều khiển động cơ DC. Tính toán lựa chọn linh kiện. Thiết kế mạch nguyên lý, mô phỏng kiểm chứng, thi công mạch.

4. Các sản phẩm dự kiến:

Bản vẽ sơ đồ nguyên lý. Board mạch. Báo cáo.

5. Ngày giao đồ án:

12/09/2024

6. Ngày nộp đồ án:

26/12/2024

BỘ MÔN CĐT

(Ký, ghi rõ họ tên)

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

(Ký, ghi rõ họ tên)

CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU

1.1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh công nghiệp 4.0 và sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ tự động hóa, động cơ DC đã trở thành một thành phần thiết yếu trong nhiều ứng dụng khác nhau. Chúng tồn tại trong các thiết bị xung quanh ta, từ các thiết bị gia dụng như quạt, máy bơm, đến các hệ thống robot tự động và các thiết bị công nghiệp, động cơ DC cung cấp khả năng điều khiển linh hoạt và hiệu quả. Đặc biệt, với sự gia tăng nhu cầu về các sản phẩm thông minh và tự động hóa, việc điều khiển chính xác động cơ DC trở nên ngày càng quan trọng.

Động cơ DC có nhiều ưu điểm nổi bật, bao gồm khả năng điều chỉnh tốc độ và mô-men xoắn dễ dàng, cũng như cấu trúc đơn giản và chi phí sản xuất thấp. Tuy nhiên, để khai thác tối đa những lợi ích này, việc thiết kế mạch điều khiển động cơ DC là rất cần thiết. Mạch điều khiển không chỉ đảm bảo việc điều khiển động cơ một cách chính xác mà còn cho phép tích hợp với các hệ thống điều khiển khác, như vi điều khiển, máy tính hoặc các thiết bị IoT.

Một trong những thách thức lớn trong việc thiết kế mạch điều khiển động cơ DC là đảm bảo tính ổn định, giảm nhiễu trong quá trình hoạt động. Các yếu tố như nhiễu điện từ, biến đổi điện áp và tải trọng không ổn định có thể ảnh hưởng đến hiệu suất của động cơ. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các giải pháp mạch giao tiếp hiệu quả không chỉ giúp cải thiện hiệu suất của động cơ mà còn nâng cao độ bền và tuổi thọ của thiết bị. Trong đồ án này em sẽ nghiên cứu, tính toán và thiết kế mạch điều khiển động cơ DC công suất nhỏ.

1.2. Mục tiêu đồ án

Thiết kế thành công mạch điều khiển động cơ DC công suất nhỏ tích hợp vi điều khiển STM32F103C8T6.

1.3. Nội dung thực hiện

Nội dung 1: Thiết kế, tính toán và mô phỏng mạch điều khiển động cơ DC servo công suất nhỏ.

Thiết kế sơ đồ khối .

Tính toán và lựa chọn linh kiện .

Mô phỏng mạch trên phần mềm Proteus.

Nội dung 2: Thi công mạch điều khiển động cơ DC servo công suất nhỏ .

Thiết kế PCB.

Lắp ráp và kiểm tra.

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN

2.1. Động cơ Dc servo

2.1.1. Khái niệm động cơ DC servo

Động cơ DC servo là một cơ cấu truyền động có phản hồi, bao gồm các thành phần chính:

Động cơ DC: một máy chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng cơ học. Động cơ DC sử dụng từ trường sinh ra từ dòng điện chạy qua, cung cấp năng lượng cho chuyển động của rôto cố định trong trục đầu ra. Mô-men xoắn và tốc độ đầu ra phụ thuộc vào cả đầu vào điện và thiết kế của động cơ[1].

Bộ phản hồi tốc độ (Encoder): Gắn đồng trục ở phần đuôi của động cơ, encoder cung cấp thông tin về tốc độ và vị trí thực tế của động cơ, với tín hiệu được đưa ra bên ngoài để phục vụ việc điều khiển chính xác[1].

2.1.2. Cấu tạo động cơ DC

Động cơ DC bao gồm hai thành phần chính: stato và rotor. Stato là bộ phận đứng yên của động cơ, trong khi rotor là phần quay. Trong động cơ DC, stato cung cấp một từ trường quay, làm cho rotor quay (hình2.1.) .



Hình 2. 1. Cấu tạo của động cơ DC servo[1]

2.1.3. Nguyên lý hoạt động động cơ DC

Một động cơ DC đơn giản sử dụng một bộ nam châm cố định trong stato và một cuộn dây có dòng điện chạy qua để tạo ra một trường điện từ thẳng hàng với tâm của cuộn dây. Nhiều cuộn dây cách điện được quấn quanh lõi động cơ để tập trung từ trường, tối ưu hóa hiệu suất hoạt động.

Các cuộn dây cách điện được nối với một cổ góp, một công tắc điện quay, để cấp dòng điện vào cuộn dây. Cổ góp cho phép mỗi cuộn dây phản ứng lần lượt được cấp điện, tạo ra lực quay ổn định gọi là mô-men xoắn. Khi các cuộn dây được bật và tắt theo trình tự, một từ trường quay được tạo ra, tương tác với từ trường của nam châm đứng yên trong stato, tạo ra mô-men xoắn khiến rotor quay.

Bên cạnh đó, bộ chổi than (brush) đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì tiếp xúc điện với cổ góp, đảm bảo dòng điện được cấp liên tục vào cuộn dây. Nguyên lý hoạt động chính này của động cơ DC cho phép chúng chuyển đổi năng lượng điện từ dòng điện một chiều thành năng lượng cơ học thông qua chuyển động quay, từ đó có thể được sử dụng để đẩy các vật thể trong nhiều ứng dụng khác nhau, từ thiết bị gia dụng đến các hệ thống tự động hóa trong công nghiệp.

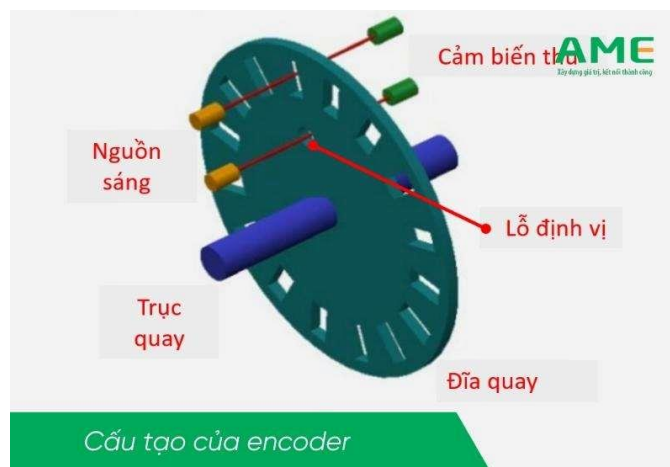
2.1.4. Cấu tạo encoder

Cấu tạo của encoder gồm 3 thành phần chính (hình 2.2):

Đĩa tròn: Có các lỗ hoặc rãnh được sắp xếp theo hình xoay quanh trục cố định. Khi đĩa quay, nguồn sáng (LED) chiếu qua các lỗ/rãnh sẽ tạo ra hiện tượng ngắt quãng. Các rãnh trên đĩa được chia đều thành các góc bằng nhau, và một đĩa có thể có nhiều dãy rãnh đồng tâm.

Nguồn sáng: Thường là đèn LED chiếu qua các rãnh trên đĩa.

Bộ cảm biến thu: Nhận tín hiệu ánh sáng ngắt quãng, chuyển đổi thành tín hiệu điện để xử lý.



Hình 2. 2. Cấu tạo của encoder[2]

2.1.4. Nguyên lý hoạt động encoder

Khi đĩa quay quanh trục, các rãnh trên bề mặt cho phép ánh sáng từ nguồn chiếu qua tại những vị trí rãnh, trong khi các phần không có rãnh sẽ chặn ánh sáng. Nhờ đó, tín hiệu ánh sáng được ghi nhận dưới dạng "có" hoặc "không".

Mỗi lần ánh sáng bị chặn hoặc xuyên qua sẽ tạo ra một xung vuông, được cảm biến ghi nhận liên tục. Số lượng xung được đếm tăng dần theo số lần tín hiệu thay đổi giữa hai trạng thái "bật" và "tắt".

Các xung này được mã hóa và gửi đến bộ xử lý trung tâm như vi điều khiển hoặc PLC, nơi thông tin về số lượng và tần số xung được phân tích để xác định vị trí và tốc độ của động cơ, giúp người vận hành kiểm soát thiết bị một cách chính xác.

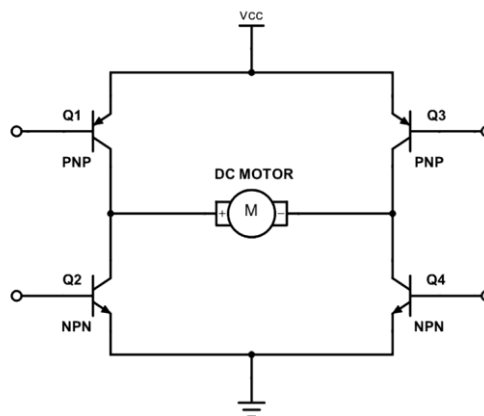
2.2. Mạch cầu H

2.2.1. Khái niệm mạch cầu H

Mạch cầu H là một cấu trúc mạch điện được thiết kế đặc biệt để điều khiển động cơ DC, cho phép điều khiển chiều quay của động cơ một cách linh hoạt và hiệu quả. Với khả năng quay thuận và quay nghịch, mạch cầu H trở thành một giải pháp lý tưởng cho nhiều ứng dụng trong lĩnh vực tự động hóa, robot, và điều khiển công nghiệp. Mạch cầu H không chỉ giúp điều chỉnh tốc độ và mô-men xoắn của động cơ mà còn cho phép thực hiện các thao tác phức tạp như dừng, quay ngược và điều khiển tốc độ của động cơ[3].

2.2.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động mạch cầu H

Về cấu tạo, mạch cầu H có bốn công tắc, thông thường là Transistor, Mosfet và Relay. Các công tắc này được sắp xếp thành hai nhánh: một nhánh cho phép động cơ quay thuận và một nhánh cho phép động cơ quay nghịch (hình 2.3.) .



Hình 2. 3. Cấu tạo của mạch cầu H[3]

Về nguyên lý hoạt động: Khi Q1 và Q4 được bật (có tín hiệu điều khiển), dòng điện sẽ chảy từ nguồn qua Q1, qua động cơ và trở về Q4, làm cho động cơ quay theo chiều thuận. Ngược lại, khi Q2 và Q3 được bật, dòng điện sẽ chảy từ nguồn qua Q3, qua động cơ và trở về Q2, làm cho động cơ quay theo chiều ngược lại. Để dừng động cơ, tất cả các công tắc đều được ngắt, giúp ngăn chặn dòng điện chảy qua động cơ, từ đó động cơ sẽ dừng lại (Bảng 2.1.) .

Q1	Q2	Q3	Q4	Động cơ
0	0	0	0	Không quay
1	0	0	1	Quay thuận
0	1	1	0	Quay nghịch
1	1	x	x	Ngắt mạch
x	x	1	1	Ngắt mạch

Bảng 2. 1. Trạng thái hoạt động của cầu H

2.3. Mosfet IRF540NPbf

2.3.1. Khái niệm Mosfet

MOSFET là một loại transistor điều khiển bằng điện áp, được sử dụng rộng rãi trong các mạch điện tử công suất, xử lý tín hiệu và mạch điều khiển nhờ hiệu suất cao và khả năng hoạt động linh hoạt[4].

2.3.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động Mosfet

Mosfet có cấu trúc bán dẫn cho phép điều khiển bằng điện áp với những dòng điện có điều khiển cực nhỏ.

Mosfet hoạt động ở hai trạng thái chính: đóng và mở. Cơ chế đóng cắt của Mosfet bị ảnh hưởng bởi các tụ điện ký sinh trong cấu trúc của nó:

Đối với Mosfet kênh P:

Mosfet mở khi điện áp điều khiển $V_{GS} \leq 0$.

Dòng điện di chuyển từ cực Source (S) đến cực Drain (D).

Đối với Mosfet kênh N:

Mosfet mở khi điện áp điều khiển $V_{GS} > V_{GS(th)}$.

Mosfet đóng khi điện áp điều khiển $V_{GS} > V_{GS(th)}$.

Dòng điện di chuyển từ cực Drain (D) xuống cực Source (S).

2.3.3. Giới thiệu Mosfet IRF540NPbf

Mosfet IRF540NPbf là mosfet kênh N hay mosfet ngược.

Thông số kỹ thuật[5]:

Điện áp chịu đựng Drain-Source: $V_{DS} = 100(V)$

Dòng Drain tối đa: $I_D = 33(A)$

Điện áp Gate-Source: $V_{GS} = \pm 20V$

Điện trở kênh dẫn tối đa: $R_{DS} = 44\text{m}\Omega$

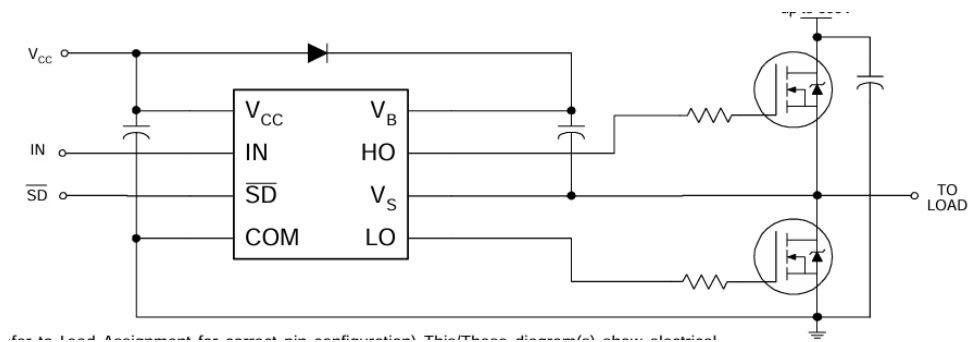
Ngưỡng điện áp Gate: $V_{GS(th)} = 2 - 4(\text{V})$

Nhiệt độ hoạt động: -55°C đến $+175^\circ\text{C}$

2.4. IC IR2104SPBF

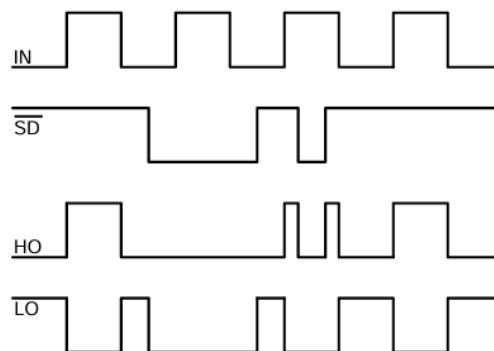
IC IR2104SPBF là một IC chuyên dụng dùng để điều khiển Mosfet hoặc IGBT trong các mạch điện công suất. Đây là loại driver bán cầu (half-bridge driver) được thiết kế để điều khiển các mạch công suất với khả năng cách ly giữa nguồn điều khiển (logic) và công suất cao.

Về sơ đồ nguyên lý do nhà sản xuất cung cấp được thể hiện như (hình 2.4.).



Hình 2. 4. Sơ đồ nguyên IC IR2104SPBF[6]

Về nguyên lý hoạt động: Khi chân \overline{SD} ở mức “0” thì ở ngõ ra chân HO và LO đều ở mức thấp không phụ thuộc vào chân IN, ngược lại khi chân \overline{SD} ở mức “1” ngõ ra chân HO và LO phụ thuộc vào chân IN. Khi chân IN ở mức “1” thì chân HO ở mức “1” và chân LO ở mức “0” và ngược lại (hình 2.5.).

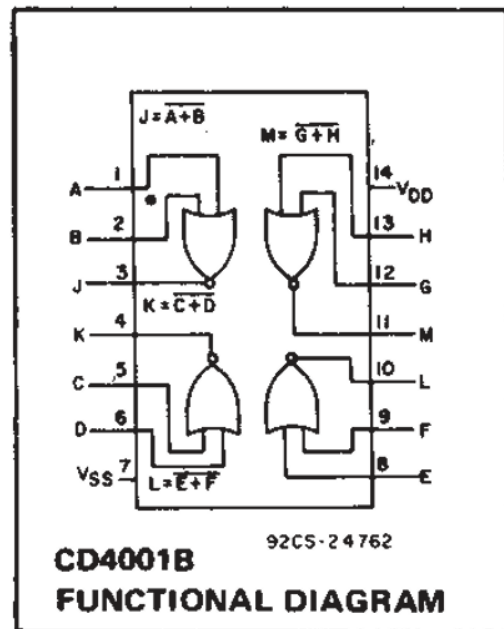


Hình 2. 5. Nguyên lý hoạt động của IC IR2104SPBF[6]

2.5. IC CD4001BE

IC CD4001BE là một vi mạch logic , bao gồm 4 cổng NOR độc lập với 2 đầu vào mỗi cổng.

Về cấu tạo được thể hiện như (hình 2.6.).



Hình 2. 6. Cấu tạo IC CD4001BE[7]

In1	In2	Out
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Bảng 2. 2. Bảng trạng thái cổng NOR

Thông số kỹ thuật[7]:

Điện áp cấp nguồn: $V_{DD} = 3 - 18(v)$

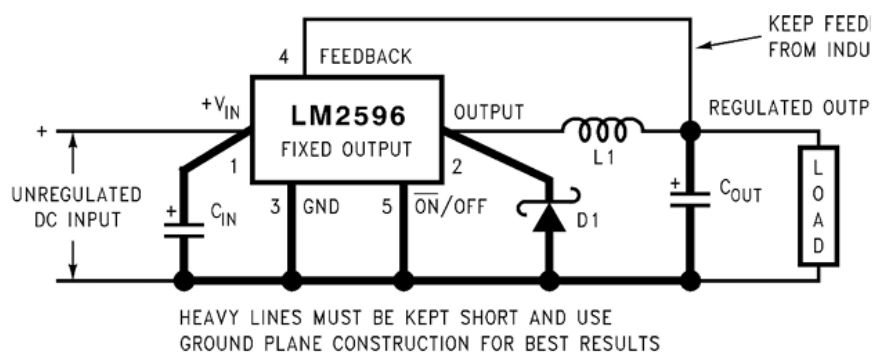
Điện áp chân Input: $-0.5 - 0.5 + V_{DD}$

Dòng điện ngõ vào: $\pm 10m(A)$

2.6. IC LM2576S

IC LM2596S là một IC chuyển đổi DC-DC buck (step-down) được thiết kế để chuyển đổi điện áp đầu vào cao thành điện áp đầu ra thấp hơn.

Về sơ đồ nguyên lý do nhà sản xuất cung cấp được thể hiện như (hình 2.7.).



Hình 2. 7. Sơ đồ nguyên lý IC LM2596S[8]

Thông số kỹ thuật[8]:

Điện áp đầu vào: $V_{in} = 4 - 40(\text{v})$

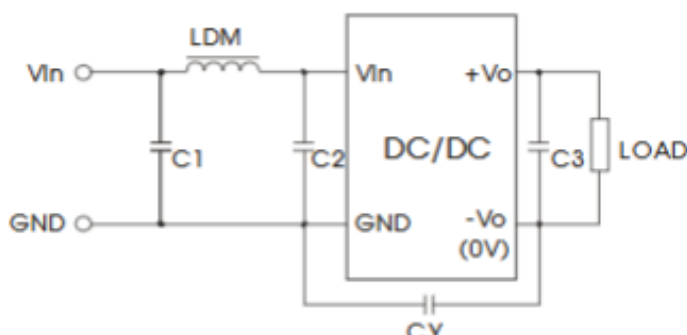
Điện áp đầu ra: $V_{out} = 4.75 - 40(\text{v})$, có thể điều chỉnh hoặc cố định

Dòng điện ngõ ra: $I_{out} = 0.2 - 3(\text{A})$

2.7. IC B0505

IC B0505S là một bộ chuyển đổi nguồn DC-DC cách ly được thiết kế để cung cấp một mức điện áp đầu ra có khả năng cách ly giữa đầu vào và đầu ra, thích hợp cho các ứng dụng yêu cầu nguồn cách ly hoặc bảo vệ tín hiệu nhạy cảm.

Về sơ đồ nguyên lý do nhà sản xuất cung cấp được thể hiện như (hình 2.8.).

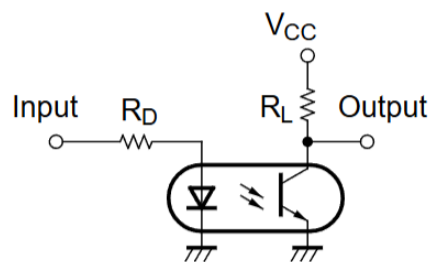


Hình 2. 8. Sơ đồ nguyên lý IC B0505[9]

2.8. IC PC817C

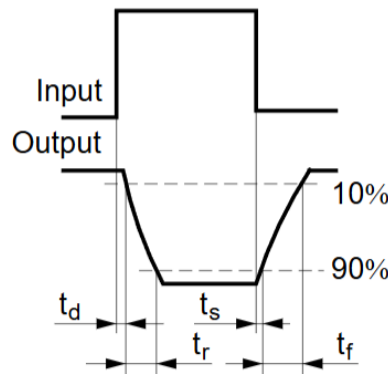
PC817 là một loại optocoupler phổ biến được sử dụng để cách ly điện giữa hai mạch, thường là giữa mạch điều khiển (điện áp thấp) và mạch công suất (điện áp cao). Thiết bị này hoạt động dựa trên nguyên lý truyền tín hiệu quang, giúp tách biệt hoàn toàn điện giữa đầu vào và đầu ra, từ đó bảo vệ các mạch điều khiển khỏi nhiễu điện từ hoặc xung điện cao áp.

Về sơ đồ nguyên lý do nhà sản xuất cung cấp được thể hiện như (hình 2.9.).



Hình 2. 9. Sơ đồ nguyên lý IC PC817C[10]

Về nguyên lý hoạt động: Khi đầu vào ở trạng thái mức “1” thì ngõ ra ở trạng thái mức “1” và ngược lại (hình 2.10).

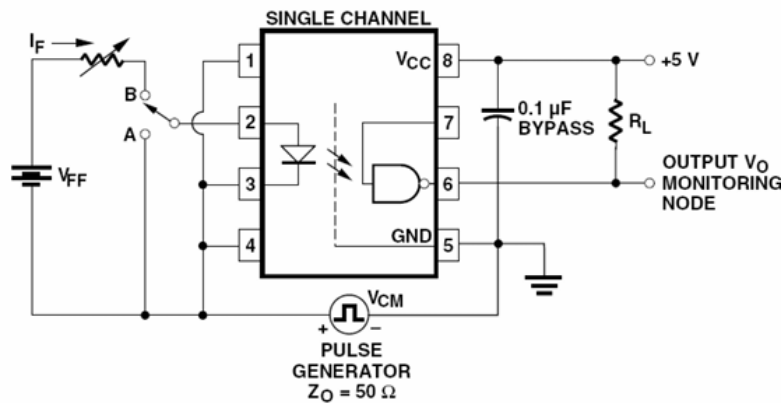


Hình 2. 10. Trạng thái hoạt động IC PC817C[10]

2.9. IC 6N137M

IC 6N137 là một loại optocoupler tốc độ cao được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng cần cách ly tín hiệu và truyền dữ liệu nhanh giữa hai mạch. Thiết bị này được tích hợp một LED hồng ngoại và một bộ thu quang học tốc độ cao, cho phép cách ly hoàn toàn về điện giữa đầu vào và đầu ra. So với các optocoupler thông thường như PC817, 6N137 có tốc độ truyền dữ liệu cao hơn.

Về sơ đồ nguyên lý do nhà sản xuất cung cấp được thể hiện như (hình 2.11.).



Hình 2. 11. Sơ đồ nguyên lý 6N137M[11]

Về nguyên lý hoạt động: khi chân EN (7) ở trạng thái mức “1” đầu vào ở trạng thái mức “1” thì ngõ ra ở trạng thái mức “0”, đầu vào ở trạng thái mức “0” thì ngõ ra ở trạng thái mức “1”. khi chân EN (7) ở trạng thái mức “0” đầu vào ở trạng thái mức “1” thì ngõ ra ở trạng thái mức “1”, đầu vào ở trạng thái mức “0” thì ngõ ra ở trạng thái mức “1” (hình 2.12).

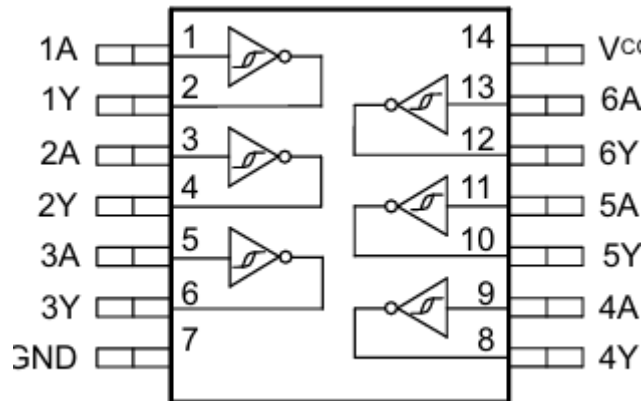
Input	EN	Output
ON	H	L
OFF	H	H
ON	L	H
OFF	L	H
ON	NC	L
OFF	NC	H

Hình 2. 12. Trạng thái hoạt động của 6N137M[11]

2.10. IC SN74HC14N

IC SN74HC14N là một vi mạch logic, bao gồm 6 cổng NOT độc lập với 1 đầu vào mỗi cổng được thiết kế để cung cấp khả năng chuyển đổi tín hiệu ổn định, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu khử nhiễu và cải thiện độ chính xác của tín hiệu đầu vào.

Về cấu tạo được thể hiện như (hình 2.13.).



Hình 2. 13. Cấu tạo IC SN74HC14N[12]

Thông số kỹ thuật[12]:

Điện áp hoạt động: $V_{CC} = 2 - 6(\text{v})$

Điện áp ngõ vào: $V_I = 0 - V_{CC} (\text{v})$

Điện áp ngõ ra: $V_O = 0 - V_{CC} (\text{v})$

2.11. STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 là một loại vi điều khiển thuộc dòng STM32F1 của STMicroelectronics. Đây là một vi điều khiển 32-bit dựa trên kiến trúc ARM Cortex-M3, cung cấp hiệu năng cao. Bộ nhớ flash 64KB dùng để lưu trữ chương trình, RAM 20KB dùng để lưu trữ dữ liệu trong quá trình chạy chương trình, tần số hoạt động 72MHz, các giao thức giao tiếp: UART, I2C, SPI, CAN, bộ chuyển đổi ADC 12-bit và 4 bộ định thời (TIMER) hỗ trợ PWM, 37 chân GPIO.....

Thông số kỹ thuật[13]:

Điện áp hoạt động: $V_{CC} = 2 - 3.6(\text{v})$

Điện áp ngõ ra GPIO: 3.3(v)

Dòng tối đa mỗi chân GPIO: $\pm 20\text{mA}$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ, TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC CÔNG SUẤT NHỎ

3.1. Giới thiệu

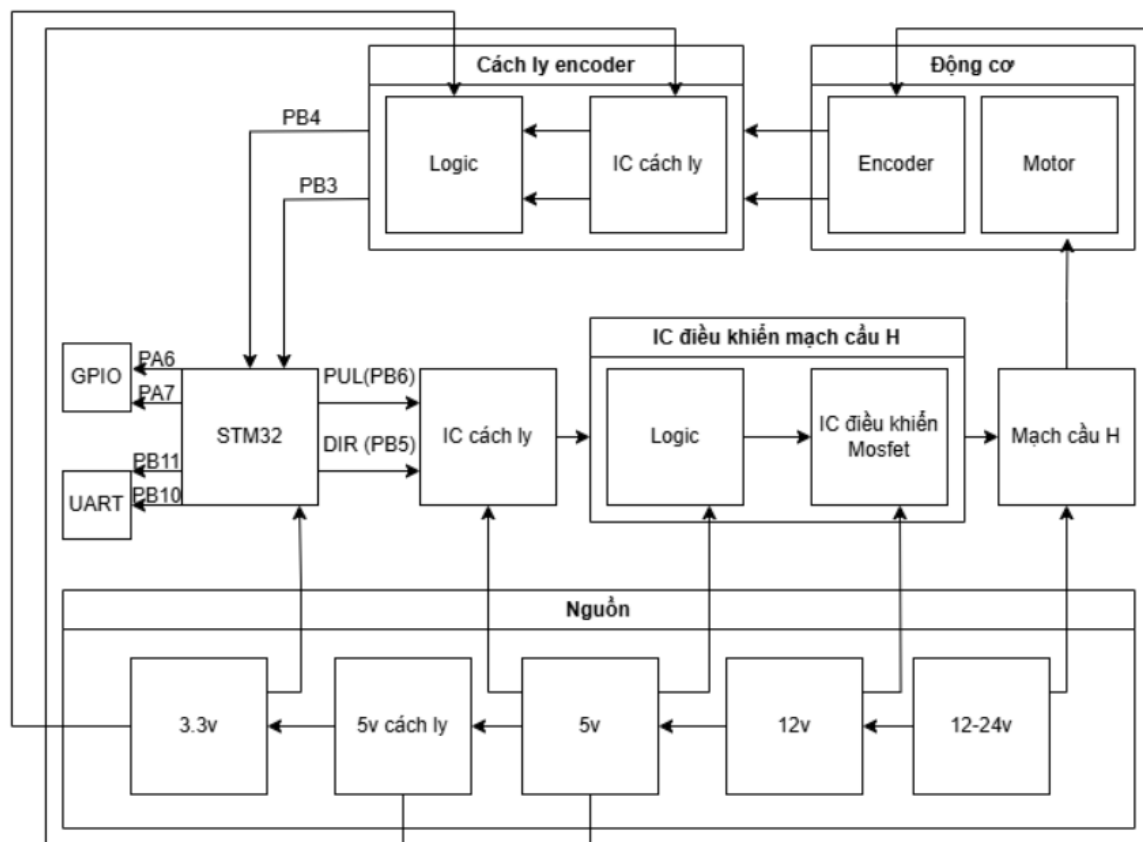
Yêu cầu đồ án: Thiết kế board mạch điều khiển động cơ Dc servo với công suất tối đa của động cơ $P_{maxdc} = 100(w)$, sử dụng vi điều khiển STM32F103C8T6 làm bộ xử lý trung tâm. Board mạch có tính năng cho phép người sử dụng lập trình điều khiển được động cơ, đọc giá trị encoder và giao tiếp qua đường UART.

Thông số đầu vào:

Công suất động cơ:	$P_{maxdc} = 100(w)$
Điện áp hoạt động của động cơ:	12 – 24(V)
Điện áp encoder:	5(v)
Điện áp vi điều khiển:	3.3(v)

3.2. Thiết kế sơ đồ khối

Sơ đồ khối của hệ thống được minh họa như (hình 3.1.):



Hình 3. 1. Sơ đồ khối của hệ thống

Khối nguồn: với nguồn đầu vào từ 12 – 24v giảm áp xuống 12v và 5v cấp cho các khối công suất. Dùng IC cách ly để cách ly điện áp, giảm áp xuống 3.3v cấp cho STM32.

Khối STM32: dùng để điều khiển động cơ, đảo chiều động cơ, giao tiếp với thiết bị ngoại vi và đọc giá trị encoder.

Khối IC cách ly: dùng để cách ly phần nguồn STM32 với các khối công suất, để bảo vệ STM32 nếu bên khối công suất có xảy ra sự cố.

Khối IC điều khiển mạch cầu H: dùng để điều khiển mạch cầu H.

Mạch cầu H: dùng để điều khiển động cơ.

Khối cách ly encoder: dùng để cách ly phần nguồn của encoder với các khối STM32, để bảo vệ STM32 nếu bên encoder có xảy ra sự cố.

3.3. Tính toán và lựa linh kiện

3.3.1. Khối mạch cầu H và IC điều khiển mạch cầu H

Mạch cầu H có ba dạng phổ biến mạch cầu H sử dụng Mosfet, Transistor và Relay.

Loại	Ưu điểm	Nhược điểm
Mosfet	<ul style="list-style-type: none"> - Làm việc với linh kiện có công suất trung bình và cao - Tần số đóng ngắt cao - Năng lượng tiêu thụ thấp 	<ul style="list-style-type: none"> - Khó khăn trong việc điều khiển tín hiệu đầu vào để kích Mosfet
Transistor	<ul style="list-style-type: none"> - Làm việc với linh kiện có công suất thấp - Tần số đóng ngắt cao - Dễ dàng điều khiển 	<ul style="list-style-type: none"> - Rơi áp trên V_{CE} làm giảm điện áp đầu vào
Relay	<ul style="list-style-type: none"> - Làm việc với linh kiện công suất cao 	<ul style="list-style-type: none"> - Tần số đóng ngắt thấp

Bảng 3. 1. So sánh ưu nhược điểm của Mosfet, Transistor và Relay

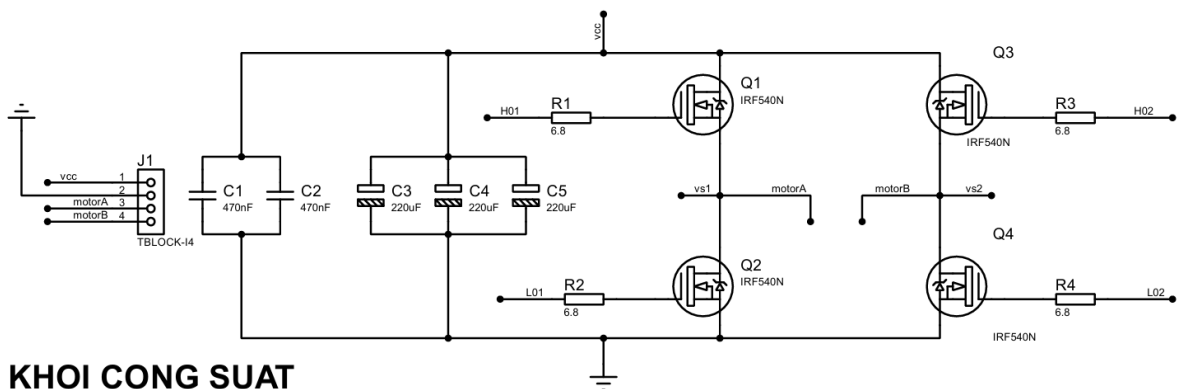
Dựa vào (bảng 3.1.) với yêu cầu tần số đóng ngắt cao, công suất trung bình chọn mosfet để làm mạch cầu H.

Yêu cầu điều khiển được thể trong (bảng 3.2.).

Thông số	Giá trị
Công suất tối đa của động cơ	100(w)
Nguồn cấp động cơ	12 – 24(v)
Điện áp IO STM32	3.3(v)

Bảng 3. 2. Yêu cầu điều khiển

Về sơ đồ nguyên của khối mạch cầu H được thể hiện như (hình 3.2.).



KHOI CÔNG SUẤT

Hình 3. 2. Sơ đồ nguyên lý khối mạch cầu H

Trong đó:

Tụ C1, C2, C3, C4 và C5 có tác dụng lọc nhiễu.

Mosfet Q1, Q2, Q3 và Q4 có tác dụng điều khiển động cơ.

Điện trở R1, R2, R3 và R4 có tác dụng giảm dòng điện vào chân Gate

V_{CC} kết nối với điện áp cấp cho động cơ.

motorA và motorB kết nối với động cơ.

Dòng điện định mức của động cơ:

$$I_{dm} = \frac{P_{maxdc}}{V_{dc}} = \frac{100}{24} = 4.167(A) \quad (1)$$

Trong đó:

P_{maxdc} : công suất tối đa của động cơ.

V_{dc} : nguồn cấp tối đa của động cơ.

I_{dm} : dòng định mức động cơ.

Lựa chọn Mosfet thỏa mãn các yêu cầu sau:

$V_{DSmax} > 24(v)$: điện áp lớn nhất ở hai chân D và S của mosfet

$I_{Dmax} > 4.167(A)$: cường độ dòng điện lớn nhất mà mosfet có thể chịu được

$V_{GSmax} > 12(v)$: điện áp lớn nhất để đóng và mở mosfet

➔ Chọn Mosfet Q1, Q2, Q3, Q4 là IRF540NPbF

Năng lượng mất đi dưới dạng nhiệt:

$$P = I_{dm}^2 \times R_{DS(on)} = 4.167^2 \times 0.044 = 0.764(w) \quad (2)$$

Trong đó:

$R_{DS(on)}$: điện trở giữa chân D và S[5].

Năng lượng tiêu tán lớn nhất đưa ra môi trường

$$P_d = \frac{T_{max} - T_{min}}{R_{JA}} = \frac{175 - (-55)}{62} = 3.709(w) \quad (3)$$

$P < P_d$: không cần lắp thêm tản nhiệt cho Mosfet

Trong đó:

T_{max} : nhiệt độ lớn nhất mosfet có thể hoạt động[5].

T_{min} : nhiệt độ nhỏ nhất mosfet có thể hoạt động[5].

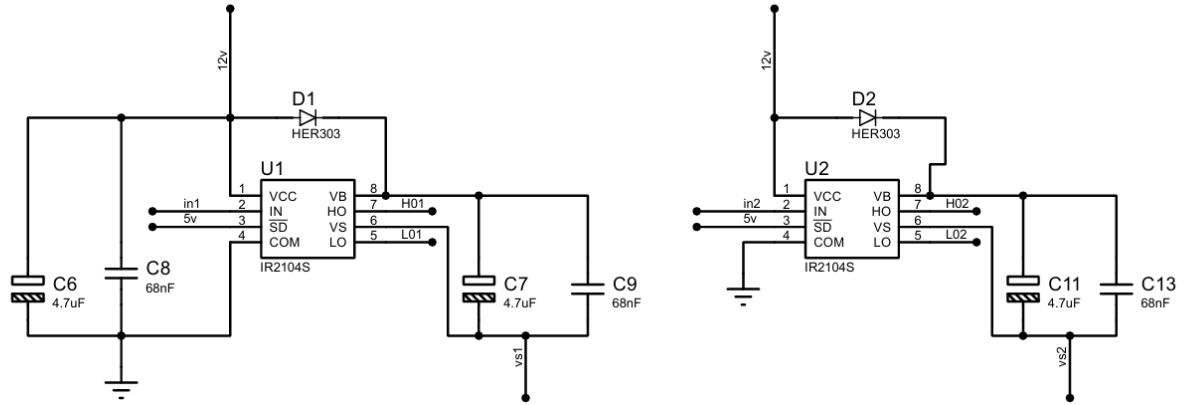
R_{JA} : khi nhiệt tăng lên 62° thì mosfet sẽ tỏa ra môi trường $1w$ [5].

Chọn tụ gồm c1 và c2 với giá trị 470nF, có công dụng lọc nhiễu ở tần số cao, mắc song song hai tụ c1 và c2 có công dụng tăng điện dung tăng khả năng lọc nhiễu và giảm dòng điện lên tụ.

Chọn tụ hóa c3, c4 và c5 với giá trị 220uF có công dụng lọc nhiễu ở tần số thấp, mắc song song ba tụ c3, c4 và c5 có công dụng tăng điện dung tăng khả năng lọc nhiễu và giảm dòng chịu đựng lên tụ.

Dựa vào tham khảo [5] trang 2, chọn điện trở R1, R2, R3 và R4 là 5.1(Ω) để đạt tần số đóng ngắt lớn nhất nhưng trên thực tế không có giá điện trở 5.1(Ω) vậy nên sẽ chọn giá trị gần nhất là 6.8(Ω).

Dựa vào (hình 3.2.) Mosfet Q1 và Q3 khi được điều khiển chân Gate U_{GS} sẽ không được xác định vì điện áp ở chân Source không cố định. Theo (hình 3.2.) Mosfet Q1 và Q2 khi kích dẫn đồng thời cả Q1 và Q2 sẽ gây ngắn mạch. Để tránh các trường hợp trên sử dụng IC lái Mosfet. Chọn IC IR2104SPBF.



Hình 3. 3. Sơ đồ nguyên lý của khối IC điều khiển Mosfet

Trong đó:

in1 và in2 kết nối với khối logic IC điều khiển mạch cầu H.

H01, L01, H02 và L02 kết nối lần lượt vào chân Gate của Mosfet Q1, Q2, Q3 và Q4 của khối mạch cầu H.

U1 và U2 là IC IR2104 điều khiển Mosfet.

Diode D1 và D2 là Diode Bootstrap có tác dụng sạc cho tụ Bootstrap và ngăn dòng ngược từ tụ Bootstrap chảy về khi tụ xả và giúp tạo một nguồn riêng cho chân high side của IC điều khiển Mosfet.

Tụ C9 và C13 là tụ Bootstrap cấp nguồn cho chân V_S của Mosfet khi chân high side của IC IR2104 hoạt động

Tụ C6, C8, C7 và C11 có tác dụng lọc nhiễu

$V_{dc} = 24V$ chọn Diode Bootstrap D1, D2 là HER303 có $V_R = 200(V)$ (tham khảo [16] trang 1) $> V_{dc}$

Điện áp rơi trên tụ Bootstrap

$$\Delta V_{BOOT} = V_{DD} - V_F - V_{GSmin} = 12 - 1.1 - 9.8 = 1.1(V) \quad (4)$$

Trong đó:

$V_{DD} = 12(\text{v})$: điện áp V_{CC} của IR2104.

$V_F = 1.1(\text{v})$: điện áp thuận rơi trên diode
(tham khảo [16] trang 1)

$V_{GSmin} = 9.8(\text{v})$: điện áp nhỏ nhất của V_B và V_S
(tham khảo [6] trang 3)

Điện tích tụ Bootstrap :

$$Q_{TOTAL} = Q_{Gate} + (I_{LKCAP} + I_{LKGS} + I_{QBS} + I_{LK} + I_{LKDIODE}) \times t_{ON} + Q_{LS} \quad (5)$$

Trong đó:

Q_{TOTAL} : điện tích toàn phần của tụ điện

Q_{Gate} : điện tích nạp của cực Gate khi ở High side driver

I_{LKCAP} : dòng rò rỉ qua tụ Bootstrap (tụ gồm $I_{LKCAP} = 0$)

I_{LKGS} : dòng rò rỉ qua cực Gate và source

I_{QBS} : dòng điện ở định mức high side driver

I_{LK} : dòng điện rò rỉ mạch bootstrap

$I_{LKDIODE}$: dòng rò rỉ qua Diode

t_{ON} : thời gian bật high side

Q_{LS} : điện tích cần cho mỗi chu kỳ trong bộ “Level shiftl” của driver lái

Mosfet (3nC cho tất cả HV gate driver)

$Q_{Gate} = 71\text{n}(C)$ (tham khảo [5] trang 2)

$I_{LKCAP} = 0$ (sử dụng tụ gốm)

$I_{LKGS} = 100\text{n}(A)$ (tham khảo [5] trang 2)

$I_{QBS} = 55\mu(A)$ (tham khảo [6] trang 3)

$I_{LK} = 50\mu(A)$ (tham khảo [6] trang 3)

$I_{LKDIODE} = 10\text{n}(A)$ (tham khảo [16] trang 2)

$t_{ON} = 25\mu(s)$ (duty = 50% f = 20kHz)

$Q_{LS} = 3\text{n}(C)$

Từ phương trình (5) suy ra:

$$Q_{TOTAL} = 71\text{n} + (0 + 100\text{n} + 55\mu + 55\mu + 10\text{n}) \times 25\mu + 3\text{n} = 76.75\text{n}(C)$$

Điện dung của tụ BOOTSTRAP

$$C_{BOOT} = \frac{Q_{TOTAL}}{\Delta V_{BOOT}} = \frac{76.75n}{1.1} = 69n(F) \quad (6)$$

$$C_{BOOT} = 68n(F) \rightarrow \Delta V_{BOOT} = 1.12(v)$$

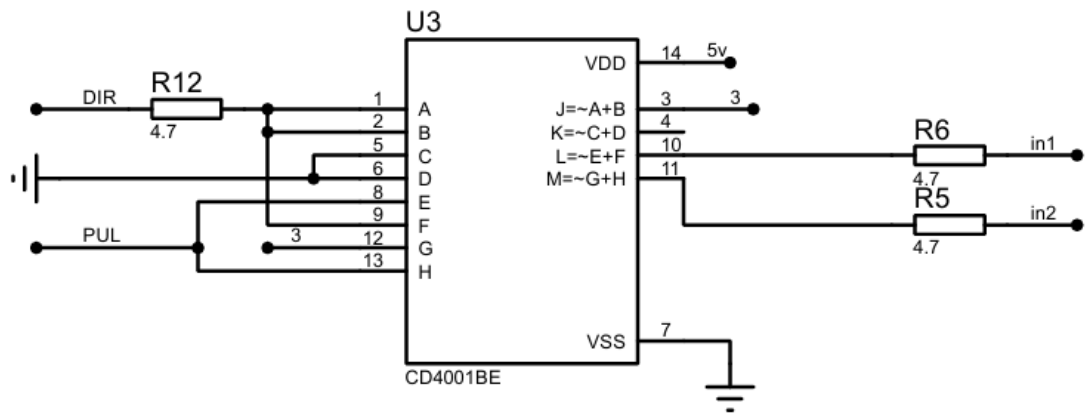
$$C_{BOOT} = 100n(F) \rightarrow \Delta V_{BOOT} = 0.767(v)$$

$$C_{BOOT} = 150n(F) \rightarrow \Delta V_{BOOT} = 0.511(v)$$

$$C_{BOOT} = 220n(F) \rightarrow \Delta V_{BOOT} = 0.348(v)$$

$$C_{BOOT} = 570n(F) \rightarrow \Delta V_{BOOT} = 0.13(v)$$

→ Chọn tụ Bootstrap C9, C13 có giá trị điện dung $C_{BOOT} = 68n(F)$



Hình 3. 4. Sơ đồ nguyên lý khối logic IC điều khiển mạch cầu H

Chọn CD4001BE có tác dụng để lọc nhiễu xung pwm khi tần số hoạt động lớn.

Trong đó:

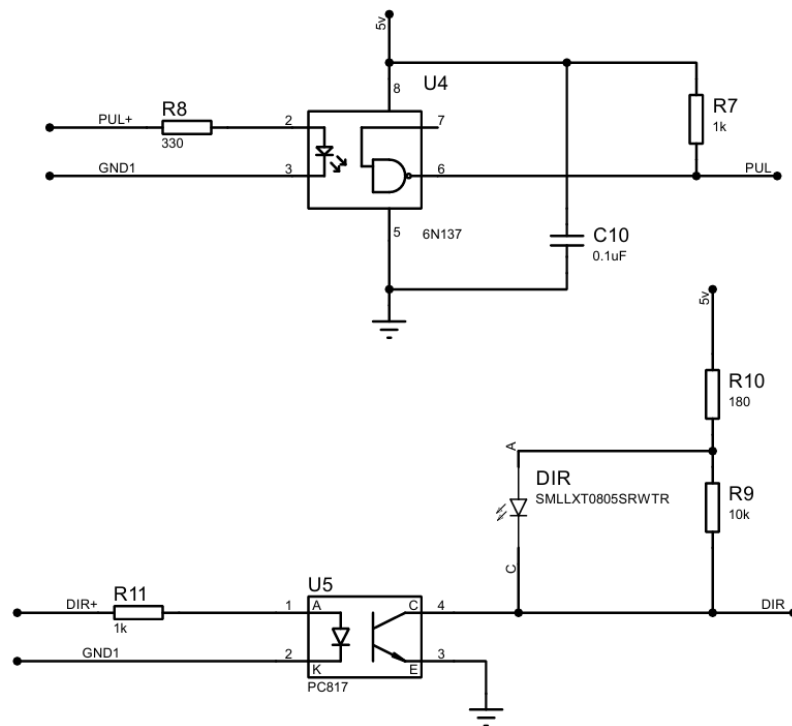
PUL và DIR để kết nối với khối IC cách ly

in1 và in2 kết nối khối IC điều khiển Mosfet

PUL	DIR	1	2	3	8	9	10(in1)	12	13	11(in2)
0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0

Bảng 3. 3. Bảng trạng thái điều khiển động cơ

3.3.2. Khối IC cách ly



Hình 3. 5. Sơ đồ nguyên lý khối IC cách ly

Trong đó:

PUL+, GND1 kết nối với khối STM32, điều khiển tốc độ quay của động cơ.

DIR+, GND1 kết nối với khối STM32, điều khiển chiều quay của động cơ
PUL, DIR kết nối với khối logic IC điều khiển mạch cầu H.

Điện trở R8,R11,R7 và R10 có tác dụng hạn dòng .

U4 và U5 là IC cách ly.

C10 tụ Bypass có tác dụng lọc nhiễu cao tần.

PUL+	6
0	1
1	0

Bảng 3. 4. Trạng thái băm PWM động cơ

DIR+	DIR
0	1
1	0

Bảng 3. 5. Trạng thái chiều động cơ

$$R11 \frac{V_{IOSTM32}}{I_F} = \frac{3.3}{20m} = 165(\Omega) \text{ chọn } R11 = 1K(\Omega) \quad (7)$$

Trong đó:

$V_{IOSTM32}$: Điện áp IO STM32

I_F : dòng điện thuận của Diode quang PC817(tham khảo [10] trang 2)

$$R10 \geq \frac{5-V_F}{I_F} = \frac{5-2.3}{20m} = 135(\Omega) \text{ chọn } R10 = 180(\Omega) \quad (8)$$

Trong đó:

V_F : điện áp thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

I_F : dòng điện thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

Chọn $R9 = 10k(\Omega) \gg R_{Led}$ vì dòng ưa tiên chạy qua điện trở thấp hơn.

$$R8 \geq \frac{V_{IOSTM32}}{I_F} = \frac{3.3}{25m} = 132 (\Omega) \text{ chọn } R8 = 330(\Omega) \quad (9)$$

Trong đó:

I_F : dòng điện thuận qua Diode quang 6N137 (tham khảo [11] trang 5)

Chọn $C10 = 0.1\mu(F)$ (tham khảo [11] trang 8)

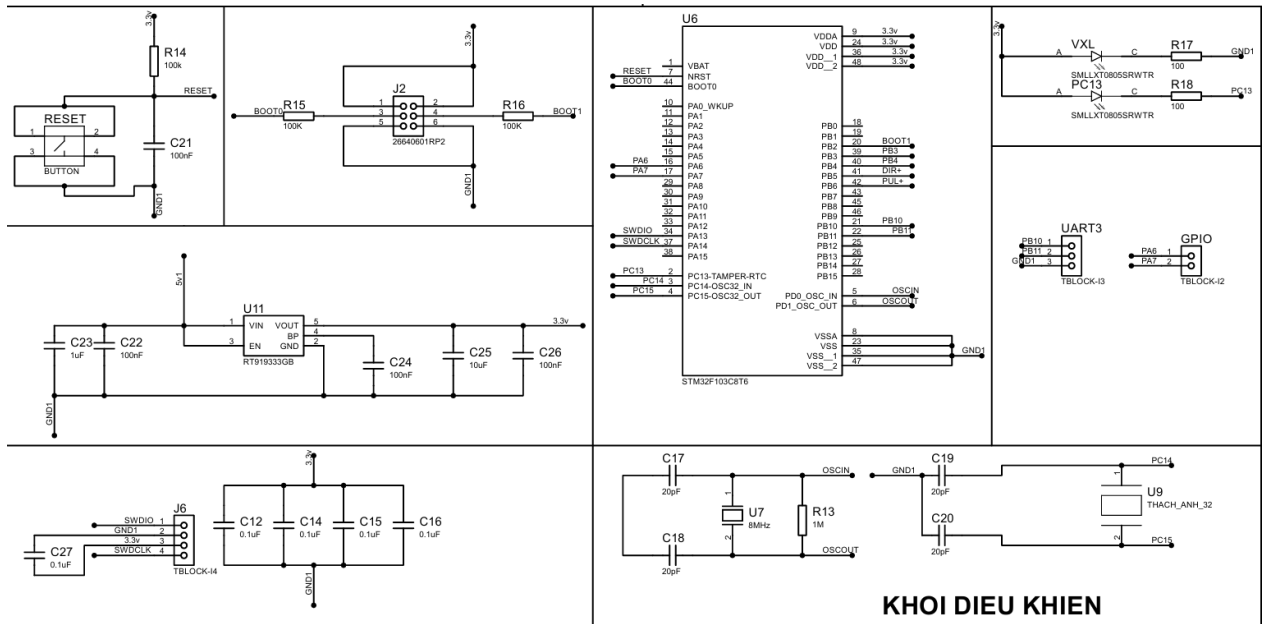
$$R7 \geq \frac{5}{I_{OL}} = \frac{5}{13m} = 385(\Omega) \text{ chọn } R7 = 1k(\Omega) \quad (10)$$

Trong đó:

I_{OL} : dòng điện tại ngõ ra của 6N137 (tham khảo [11] trang 9)

3.3.3. Khối STM32

Về khối STM32 thiết kế hoàn toàn dựa trên schematic của kit STM32F103C8T6 có sẵn trên thị trường [14].



Hình 3. 6. Sơ đồ nguyên lý khối STM32

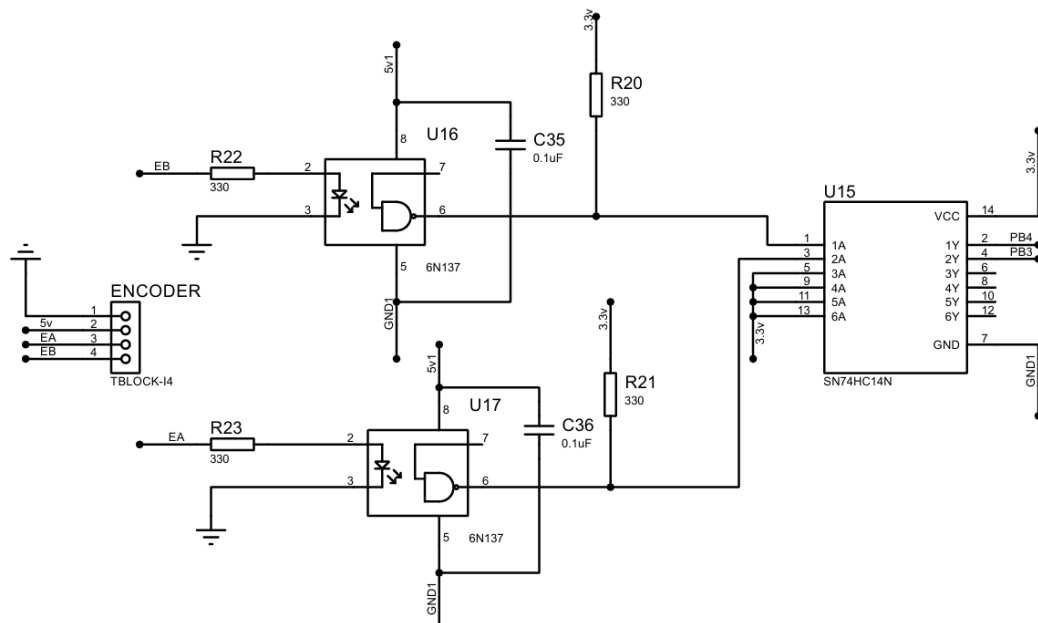
$$R17, R18 \geq \frac{5 - V_F}{I_F} = \frac{3.3 - 2.3}{20m} = 50(\Omega) \text{ chọn } R17, R18 = 100(\Omega) \quad (11)$$

Trong đó:

V_F : điện áp thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

I_F : dòng điện thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

3.3.4. Khối cách ly encoder



Hình 3. 7. Sơ đồ nguyên lý khối cách ly encoder

Trong đó:

U17, U16 là IC cách ly.

C35, C36 tụ Bypass có tác dụng lọc nhiễu cao tần.

Điện trở R22, R23, R20, R21 có tác dụng hạn dòng.

Chọn CD4001BE có tác dụng để lọc nhiễu tần số xung encoder.

5v điện áp cấp cho encoder.

EA, EB kết nối với kênh encoder.

PB3, PB4 kết nối với khối STM32.

EA,EB	1A,2A	1Y,2Y
1	0	1
0	1	0

Bảng 3. 6. Trạng thái đọc encoder

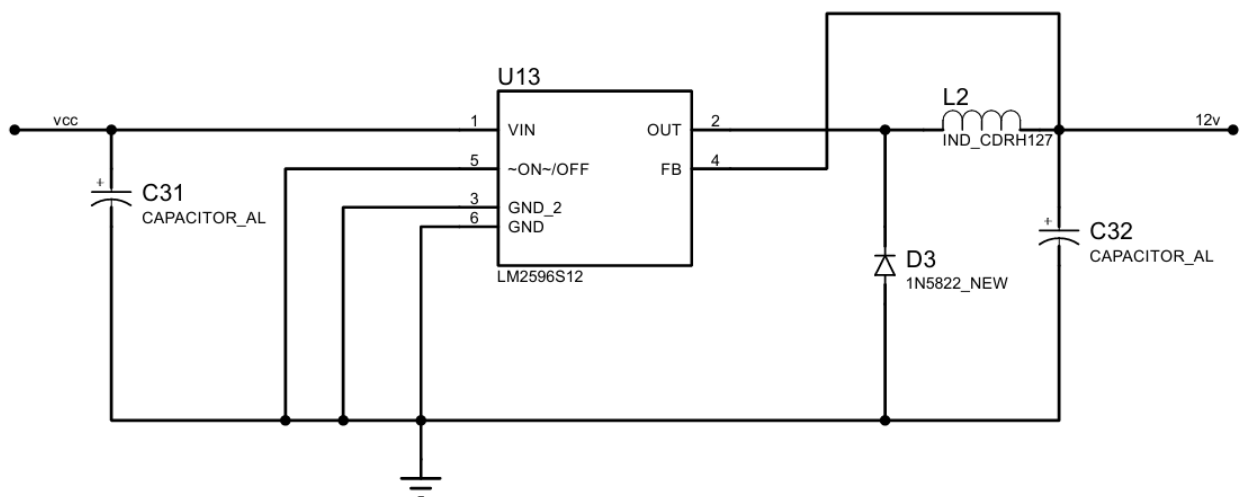
$$R22, R23 \geq \frac{5}{I_F} = \frac{5}{25m} = 200 (\Omega) \text{ chọn } R22, R23 = 330(\Omega) \quad (12)$$

Trong đó:

I_F : dòng điện thuận qua Diode quang 6N137 (tham khảo [11] trang 5)

Chọn C10 = 0.1u(F) (tham khảo [11] trang 8)

3.3.5. Khối nguồn



Hình 3. 8. Sơ đồ nguyên lý khối nguồn từ V_{CC} xuống 12v

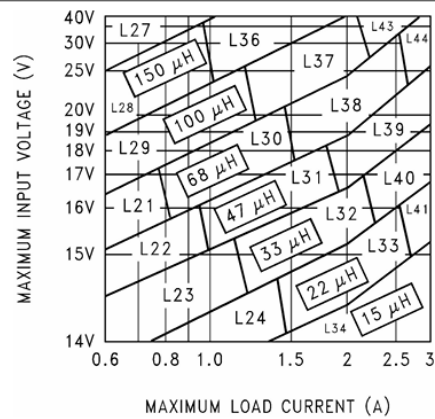


Figure 9-7. LM2596-12

Hình 3. 9. Chọn giá trị cuộn cảm phục thuộc vào điện áp ngõ vào[8]

Với điện áp ngõ vào từ 12 – 24v và mong muốn đạt dòng ngõ ra tối đa 3(A) dựa vào (hình 3.9) chọn L44

Table 9-1. Inductor Manufacturers Part Numbers (continued)

	INDUCTANCE (μH)	CURRENT (A)	SCHOTT		RENCO		PULSE ENGINEERING		COILCRAFT
			THROUGH- HOLE	SURFACE- MOUNT	THROUGH- HOLE	SURFACE- MOUNT	THROUGH- HOLE	SURFACE- MOUNT	SURFACE- MOUNT
L33	22	3.10	67148390	67148500	RL-1283-22-4 3	—	PE-53933	PE-53933-S	DO5022P-223
L34	15	3.40	67148400	67148790	RL-1283-15-4 3	—	PE-53934	PE-53934-S	DO5022P-153
L35	220	1.70	67144170	—	RL-5473-1	—	PE-53935	PE-53935-S	—
L36	150	2.10	67144180	—	RL-5473-4	—	PE-54036	PE-54036-S	—
L37	100	2.50	67144190	—	RL-5472-1	—	PE-54037	PE-54037-S	—
L38	68	3.10	67144200	—	RL-5472-2	—	PE-54038	PE-54038-S	—
L39	47	3.50	67144210	—	RL-5472-3	—	PE-54039	PE-54039-S	—
L40	33	3.50	67144220	67148290	RL-5472-4	—	PE-54040	PE-54040-S	—
L41	22	3.50	67144230	67148300	RL-5472-5	—	PE-54041	PE-54041-S	—
L42	150	2.70	67148410	—	RL-5473-4	—	PE-54042	PE-54042-S	—
L43	100	3.40	67144240	—	RL-5473-2	—	PE-54043	—	—
L44	68	3.40	67144250	—	RL-5473-3	—	PE-54044	—	—

Hình 3. 10. Chọn giá trị cuộn cảm[8]

Dựa vào (hình 3.10.) với L44 Chọn L2 = 68u(H)

12	3	15	22	L41	470/25	470/25	100/16	180/16
		18	33	L40	330/25	330/25	100/16	180/16
		30	68	L44	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	68	L44	180/35	180/35	100/16	120/20
	2	15	33	L32	330/25	330/25	100/16	180/16
		20	68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	150	L42	82/25	82/25	68/20	68/25

Hình 3. 11. Chọn giá trị tụ điện ngõ ra phụ thuộc vào cuộn cảm[8]

Dựa vào (hình 3.11.) với giá trị của L2 = 68u(H) với điện áp ngõ ra 3(A) chọn C32 = 100u(F)/16(v)

Table 9-4. Diode Selection Table								
VR	3-A DIODES				4-A TO 6-A DIODES			
	SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE		SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE	
	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY
20 V	SK32	All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5820	All of these diodes are rated to at least 50V.		All of these diodes are rated to at least 50V.	SR502	All of these diodes are rated to at least 50V.
			SR302				1N5823	
			MBR320				SB520	
			1N5821					
30 V	30WQ03		1N5821					
	SK33		MBR330		50WQ03		SR503	
			31DQ03				1N5824	
			1N5822				SB530	
40 V	SK34		SR304		50WQ04		SR504	
	MBRS340		MBR340				1N5825	
	30WQ04	MURS320	31DQ04	MUR320		MURS620	SB540	MUR620
50 V	SK35	30WF10	SR305			50WF10		HER601
or	MBRS360		MBR350		50WQ05		SB550	
More	30WQ05		31DQ05				50SQ080	

Hình 3. 12. Chọn Diode phục thuộc vào điện áp và dòng ngõ ra[8]

Dựa vào (hình 3.12.) với điện áp ngõ ra 12(v) và dòng ngõ ra 3(A) Chọn D3 Diode 1N5822

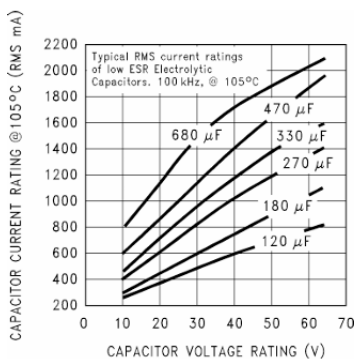


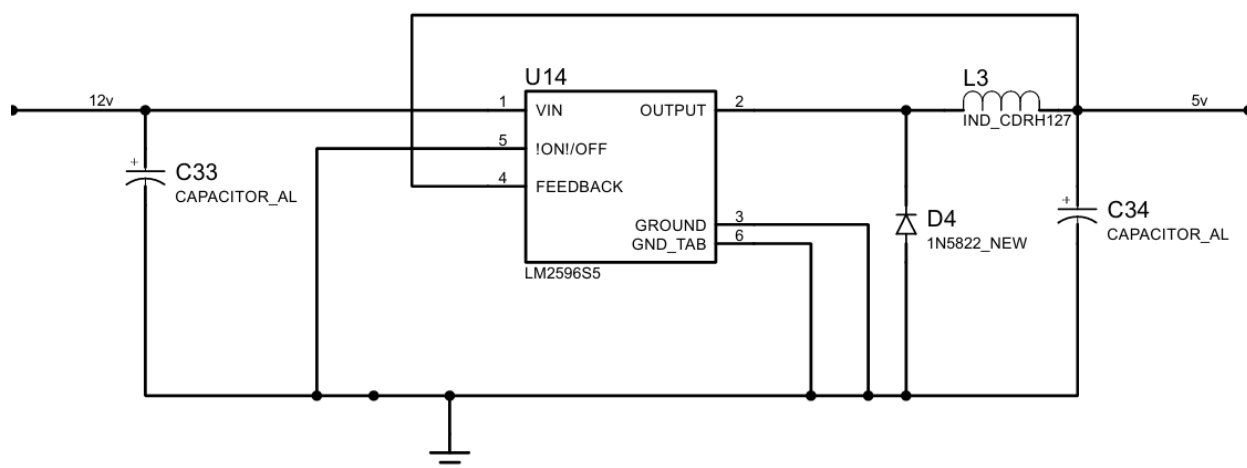
Figure 9-1. RMS Current Ratings for Low ESR Electrolytic Capacitors (Typical)

Hình 3. 13. Chọn giá trị điện ngõ vào phục thuộc vào dòng RMS[8]

Với dòng tải tối đa 4.17(A) chọn tụ với dòng RMS 2.085(A)

Điện áp của tụ: $1.5 \times V_{in} = 1.5 \times 24 = 36(v)$ chọn 50(v)

Dựa vào (hình 3.13.) chọn C31 = 680u(F)/50(v)



Hình 3. 14. Sơ đồ nguyên lý mạch giảm áp 12(v) xuống 5(v)

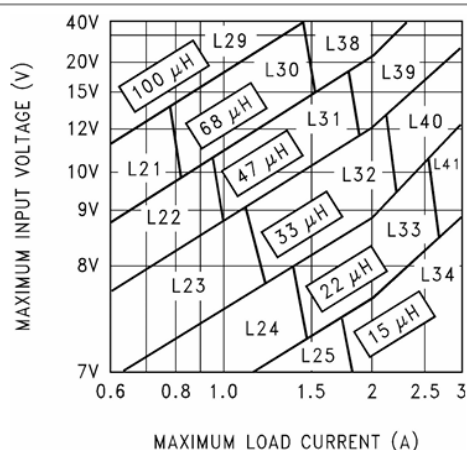


Figure 9-6. LM2596-5.0

Hình 3. 15. Chọn giá trị cuộn cảm phục thuộc vào điện áp ngõ vào[8]

Dựa vào (hình 3.15.) với điện áp ngõ vào từ 12(v) và mong muốn đạt dòng ngõ ra tối đa 3(A) chọn L39

Với L39 Chọn L3 = 47u(H) (dựa vào hình 3.10)

5	3	8	22	L41	470/25	560/16	220/10	330/10
		10	22	L41	560/25	560/25	220/10	330/10
		15	33	L40	330/35	330/35	220/10	330/10
		40	47	L39	330/35	270/35	220/10	330/10
	2	9	22	L33	470/25	560/16	220/10	330/10
		20	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
		40	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10

Hình 3. 16. Chọn giá trị tụ điện ngõ ra phụ thuộc vào cuộn cảm[8]

Dựa vào (hình 3.16) với giá trị của $L3 = 47\mu(H)$ với điện áp ngõ ra 3(A) chọn $C34 = 220\mu(F)/10(v)$

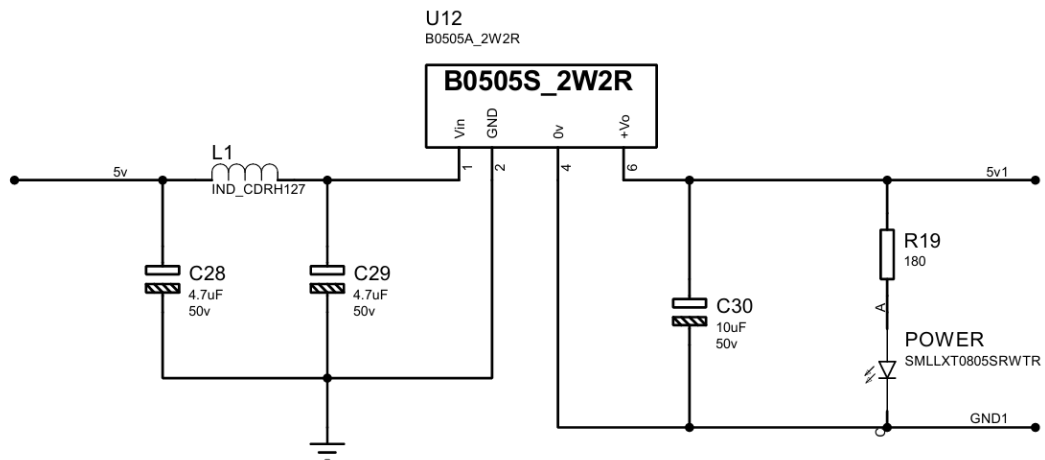
Table 9-4. Diode Selection Table

VR	3-A DIODES				4-A TO 6-A DIODES			
	SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE		SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE	
	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY
20 V	SK32	All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5820	All of these diodes are rated to at least 50V.		All of these diodes are rated to at least 50V.	SR502	All of these diodes are rated to at least 50V.
			SR302				1N5823	
			MBR320				SB520	
			1N5821				SR503	
30 V	30WQ03		MBR330		50WQ03		1N5824	
	SK33		31DQ03				SB530	
			1N5822				SR504	
			SR304		50WQ04		1N5825	
40 V	SK34		MBRS340				SB540	MUR620
	MBRS340		31DQ04	MUR320		MURS620		HER601
	30WQ04	MURS320				50WF10		
50 V	SK35	30WF10	SR305					
or	MBRS360		MBR350		50WQ05		SB550	
More	30WQ05		31DQ05				50SQ080	

Hình 3. 17. Chọn Diode phục thuộc vào điện áp và dòng ngõ ra[8]

Với điện áp ngõ ra 5(v) và dòng ngõ ra 3(A) Chọn D4 Diode 1N5822 (hình 3.17.)

Chọn $C33 = C31 = 680\mu(F)/50(v)$



Hình 3. 18. Sơ đồ nguyên lý khối nguồn 5v cách ly[8]

Chọn $C28 = C29 = 4.7\mu(F)/50(v)$ (tham khảo [9] trang 4 bảng 1)

Chọn $L1 = 6.8\mu(H)$ (tham khảo [9] trang 4 bảng 1)

Chọn $C30 = 10\mu(F)$ (tham khảo [9] trang 4 bảng 1)

$$R19 \geq \frac{5 - V_F}{I_F} = \frac{5 - 2.3}{20m} = 135(\Omega) \text{ chọn } R19 = 180(\Omega)$$

Trong đó:

V_F : điện áp thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

I_F : dòng điện thuận qua led (tham khảo [15] trang 1)

Bảng 3. 7. Danh sách linh kiện

STT	Tên linh kiện	Giá trị	Số lượng	Ghi chú
1	Diode 1N5822		2	Xuyên lỗ
2	Diode HER303		2	Xuyên lỗ
3	Hàng rào đực đôi		1	Xuyên lỗ
4	IC 6N137M		3	8-DIP
5	B0505A_2W2R		1	
6	Nút nhấn		1	Nhấn thả, dán bên mặt
7	Tụ hóa	220u(F)/35(v)	3	Xuyên lỗ
8	Tụ hóa	4.7u(F)/50(v)	5	Xuyên lỗ
9	Tụ hóa	680u(F)/50(v)	2	Xuyên lỗ
10	Tụ nhôm	220u(F)/10(v)	1	Dán bề mặt
11	Tụ nhôm	100u(F)/16(v)	1	Dán bề mặt
12	Tụ gốm	470n(F)	2	0603
13	Tụ gốm	68n(F)	3	0603
14	Tụ gốm	0.1u(F)	8	0603
15	Tụ gốm	20p(F)	4	0603
16	Tụ gốm	100n(F)	4	0603
17	Tụ gốm	1u(F)	1	0603
18	Tụ gốm	10u(F)	1	0603
19	Tụ gốm	0.1u(F)	3	0603
20	IC CD4001BE		1	14-DIP

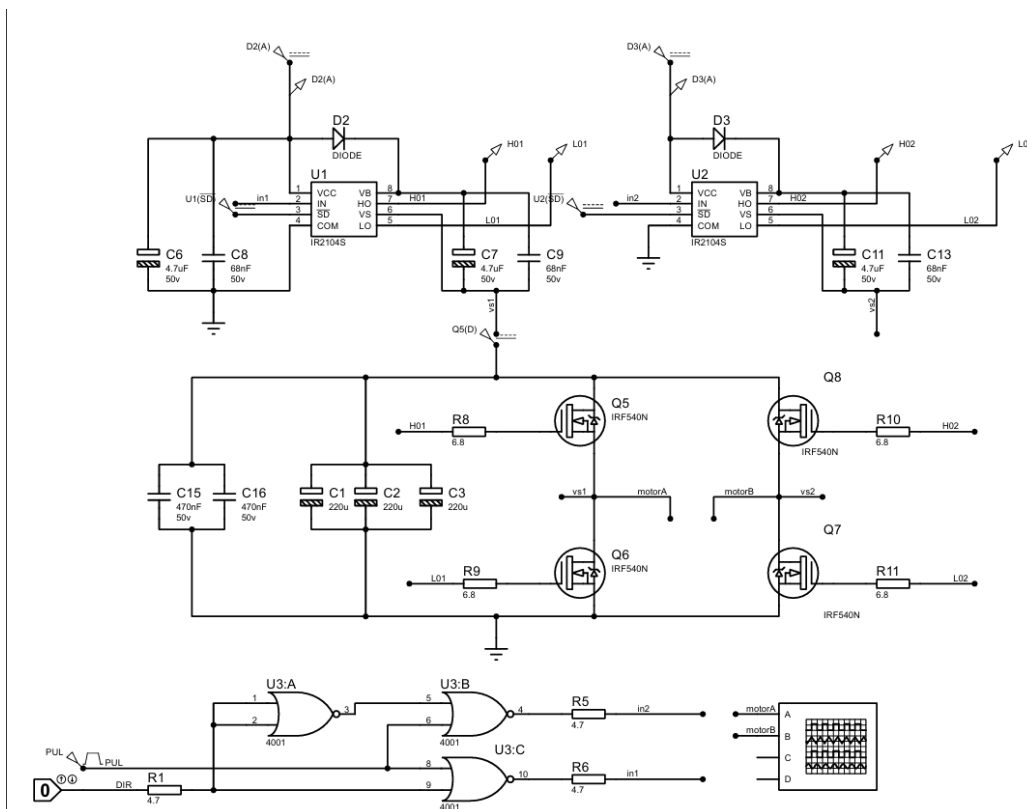
21	Thạch anh	8MHz	1	SMD HC49-S
22	Cuộn cảm	68u(H)	1	CDRH127
23	Cuộn cảm	47u(H)	1	CDRH127
24	Cuộn cảm	6.8u(H)	1	CDRH127
25	IC IR2104		2	8-SOIC
26	Mosfet IRF540NPBF		4	Kênh N, TO-220AB
27	LM2596S-12		1	TO-263-5
28	LM2596S-5		1	LM2596S- 12
29	PC817C		1	4-DIP
30	Điện trở	6.8(Ω)	4	0805
31	Điện trở	4.7(Ω)	3	0805
32	Điện trở	1K(Ω)	2	0805
33	Điện trở	330(Ω)	5	0805
34	Điện trở	10K(Ω)	1	0805
35	Điện trở	180(Ω)	2	0805
36	Điện trở	1M(Ω)	1	0805
37	Điện trở	100K(Ω)	3	0805
38	Điện trở	100(Ω)	2	0805
39	IC RT919333GB		1	Dán bề mặt
40	STM32F103C8T6		1	Dán bên mặt
41	LED		4	0805
42	IC SN74HC14N		1	14-DIP
43	Thạch anh 32.768KHz		1	3215

44	Domino 4 chân		3	Hàn PCB
45	Domino 2 chân		1	Hàn PCB
46	Domino 3 chân		1	Hàn PCB

3.4. Mô phỏng

3.4.1. khối cầu H và IC điều khiển mạch cầu H

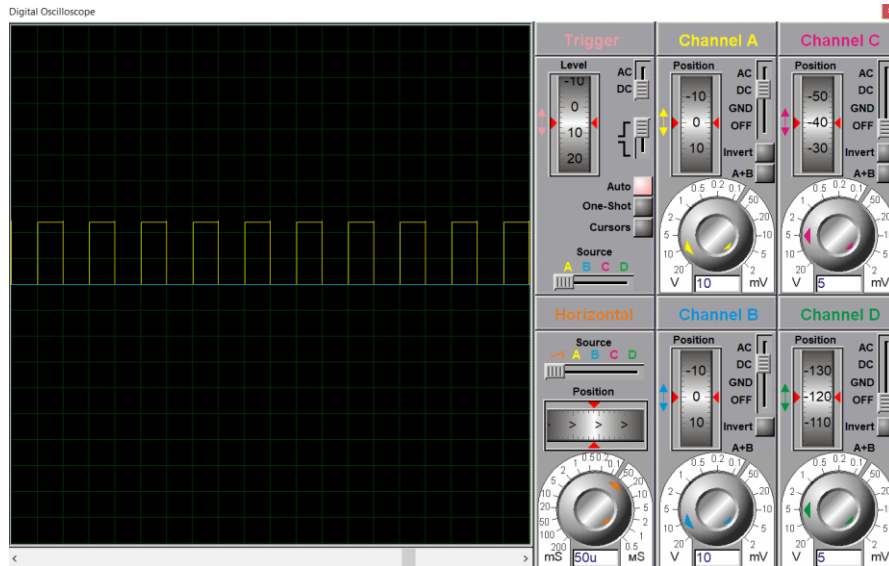
Sơ nguyên lý mô phỏng khối cầu H và IC điều khiển mạch cầu H được thể hiện như (hình 3.19.).



Hình 3. 19. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng Khối cầu H

Mô phỏng với điện áp đầu vào $V_{CC} = 24(v)$, tần số PWM = 10kHz, độ rộng xung 50%.

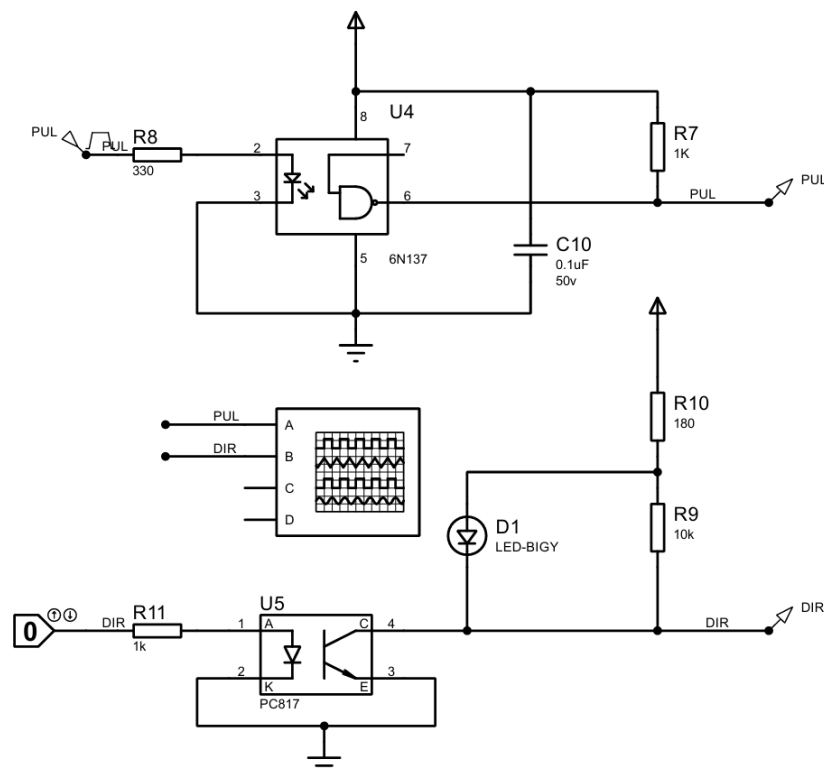
Kết quả mô phỏng được thể như (hình 3.20.).



Hình 3. 20. Kết quả mô phỏng khối cầu H

3.4.2. Khối IC cách ly

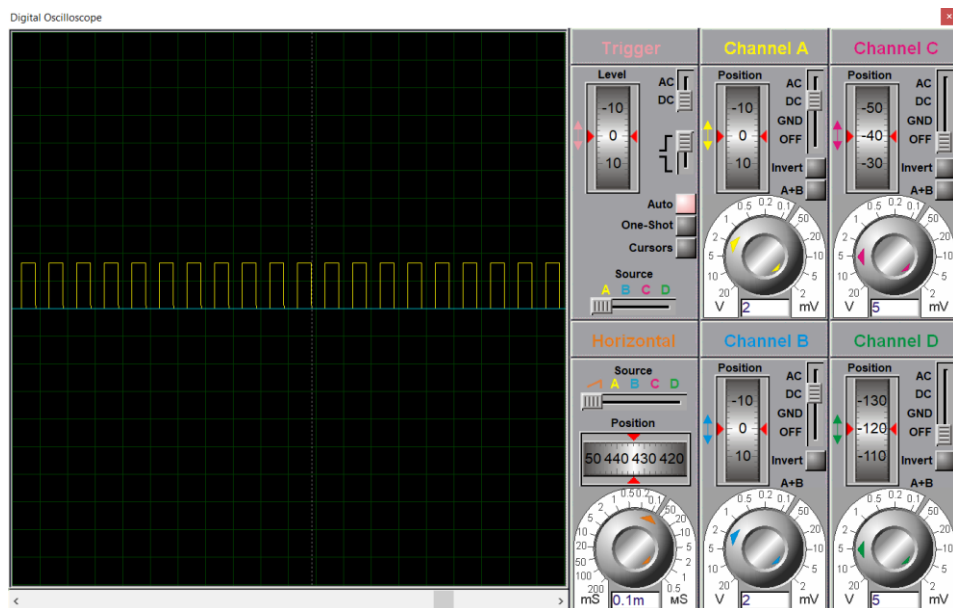
Sơ nguyên lý mô phỏng khối IC cách lý như (hình 3.21.).



Hình 3. 21. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng khối IC cách ly

Mô phỏng với điện áp đầu vào $V_{PUL} = 3.3(\text{v})$, điện áp ngõ ra $V_{out} = 5(\text{v})$, tần số PWM = 10kHz, độ rộng xung 50%.

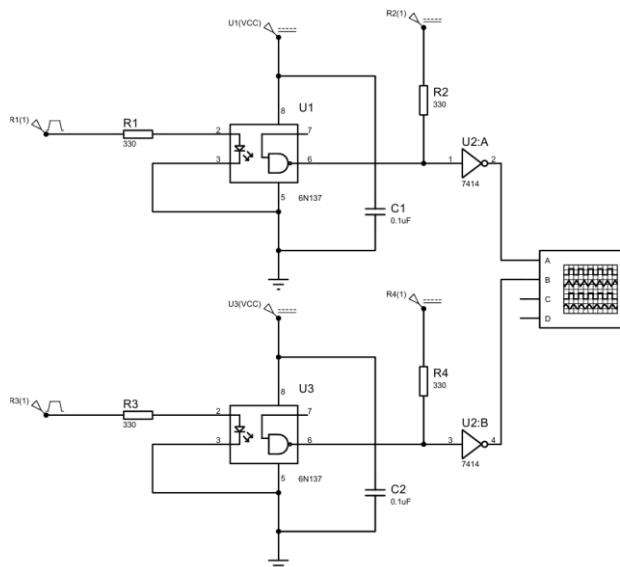
Kết quả mô phỏng được thể như (hình 3.22.).



Hình 3. 22. Kết quả mô phỏng khối IC cách ly

3.4.3. Khối cách ly encoder

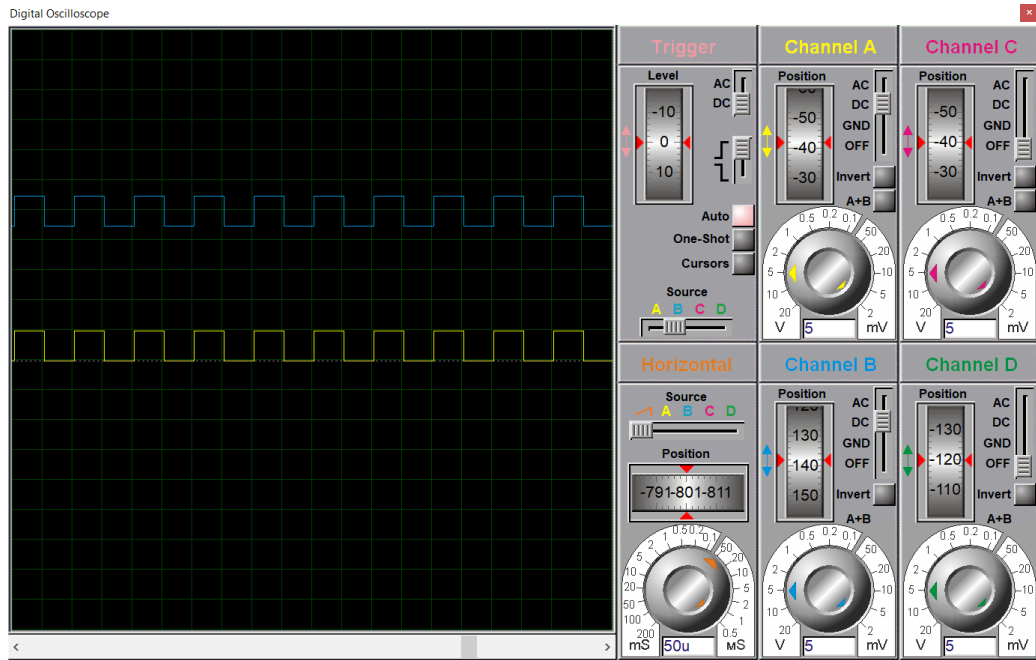
Sơ nguyên mô phỏng khối cách ly encoder như (hình 3.23.).



Hình 3. 23. Sơ đồ nguyên lý mô phỏng khối cách ly encoder

Mô phỏng với điện áp đầu vào $V_{R1,R2} = 5(v)$, điện áp ngõ ra $V_{out} = 5(v)$, tần số PWM = 10kHz, độ rộng xung 50%.

Kết quả mô phỏng được thể như (hình 3.24.).



Hình 3. 24. Kết quả mô phỏng khối cách ly encoder

CHƯƠNG 4. THI CÔNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DC SERVO CÔNG SUẤT NHỎ

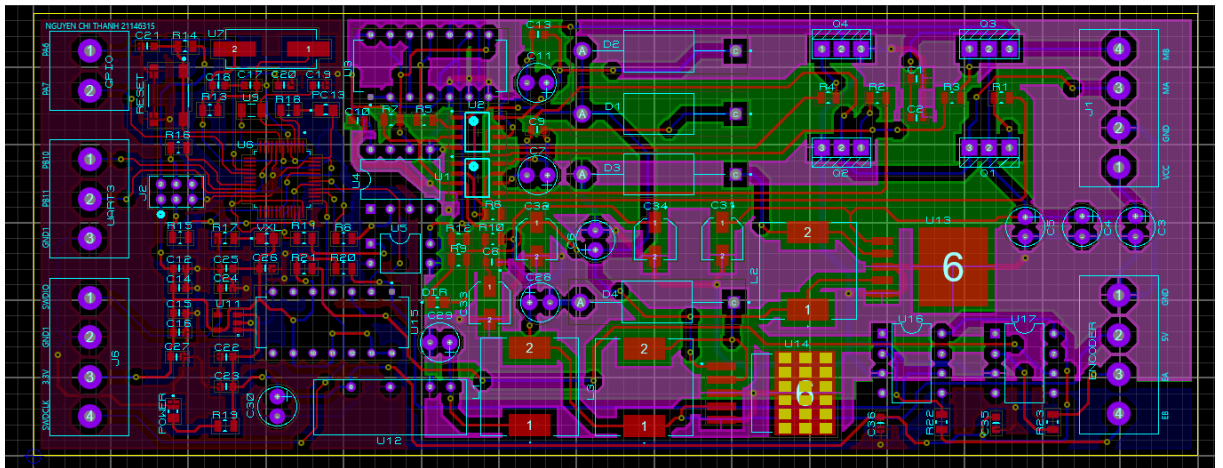
4.1. Giới thiệu

Sau khi thực hiện xong quá trình tính toán và thiết kế các linh kiện sẽ sử dụng trong mạch tiếp theo là bước thiết kế PCB, lắp ráp và kiểm tra.

4.2. Thiết kế mạch PCB

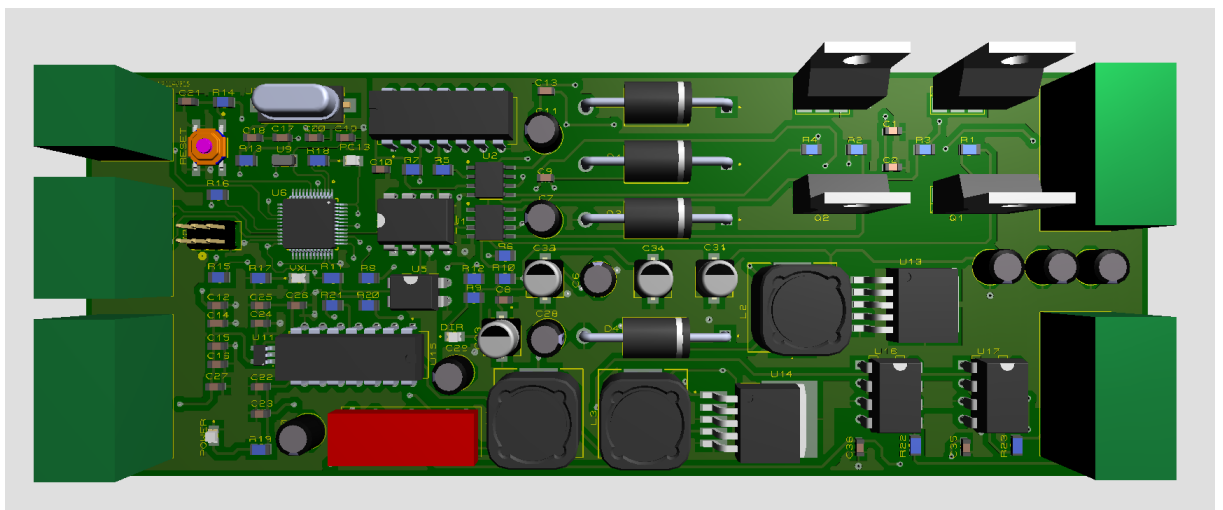
Sử dụng phần mềm Proteus để thiết kế, các linh kiện được tích hợp trên một board mạch duy nhất.

Sơ đồ đi dây và bố trí linh kiện được thể hiện như (hình 4.1.).



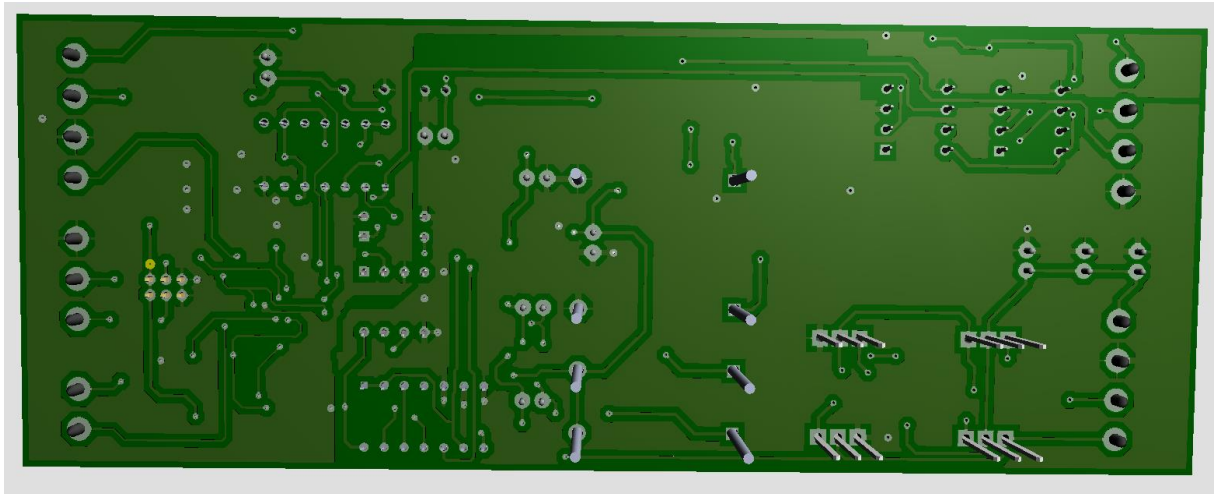
Hình 4. 1. Sơ đồ đi dây và bố trí linh kiện

Mạch 3D lớp trên được thể hiện như (hình 4.2.).



Hình 4. 2. Mạch 3D lớp trên

Mạch 3D lớp dưới được thể hiện như (hình 4.3.).

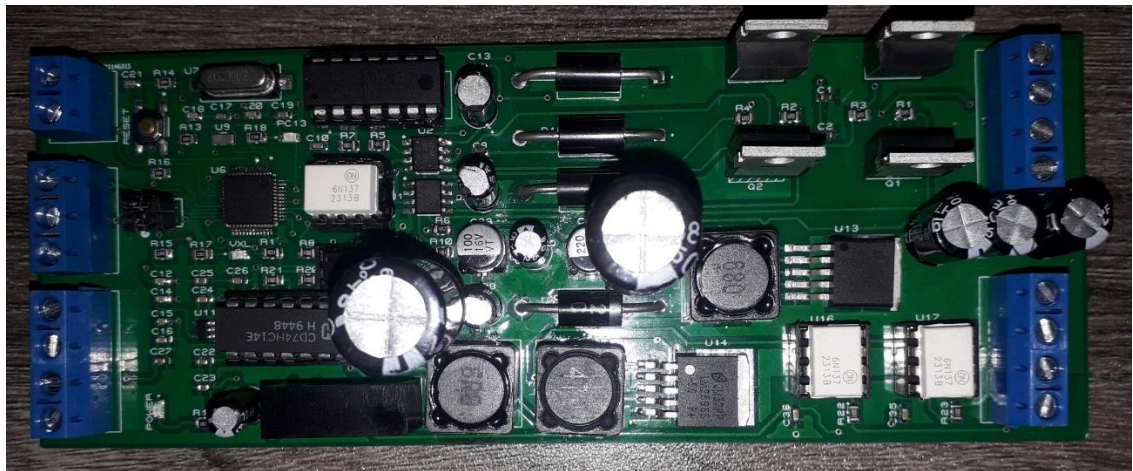


Hình 4. 3. Mạch 3D lớp dưới

4.3. Lắp ráp và kiểm tra

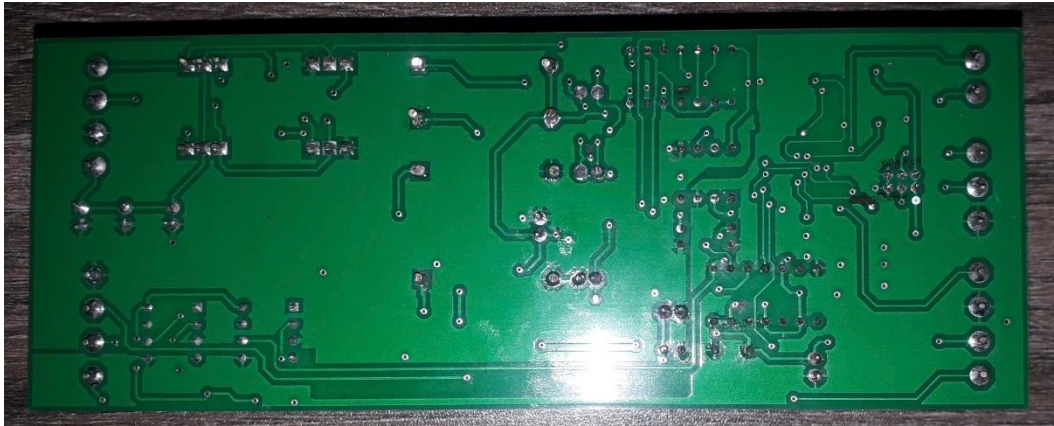
Sau khi thiết kế hoàn thành PCB tiến hành đặt mạch, hàn và lắp ráp linh kiện.

Mạch thi công thực tế lớp trên được thể hiện như (hình 4.4.).



Hình 4. 4. Mạch thi công thực tế lớp trên

Mạch thi công thực tế lớp dưới được thể hiện như (hình 4.5.).



Hình 4. 5. Mạch thi công thực tế lớp dưới

Dùng đồng hồ VOM để đo thông mạch để kiểm tra xem có bị hở hay chập mạch. Cấp nguồn cho mạch, dùng đồng hồ đo VOM để kiểm tra các giá trị điện áp. Lập trình SMT32 điều khiển động cơ để kiểm tra hoạt động của mạch cầu H, vi điều khiển và đọc giá trị encoder.

CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ, HẠN CHẾ VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỒ ÁN

5.1. Kết quả

Trải qua thời gian tìm hiểu và thực hiện đồ án cơ điện tử với đề tài “Thiết kế board mạch điều khiển động cơ DC servo công suất nhỏ” em đã thiết kế thành công board mạch như (hình 4.4. và 4.5.) , board mạch được thiết kế với các thông số:

Thông số	Giá trị
Kích thước	14.7x5.7(mm)
Điện đầu vào	12 – 40(v)
Công suất tối đa	100(w)
Nguồn encoder	5(v)
Nguồn vi điều khiển	3.3(v)

Bảng 4. 1. Thông số của mạch

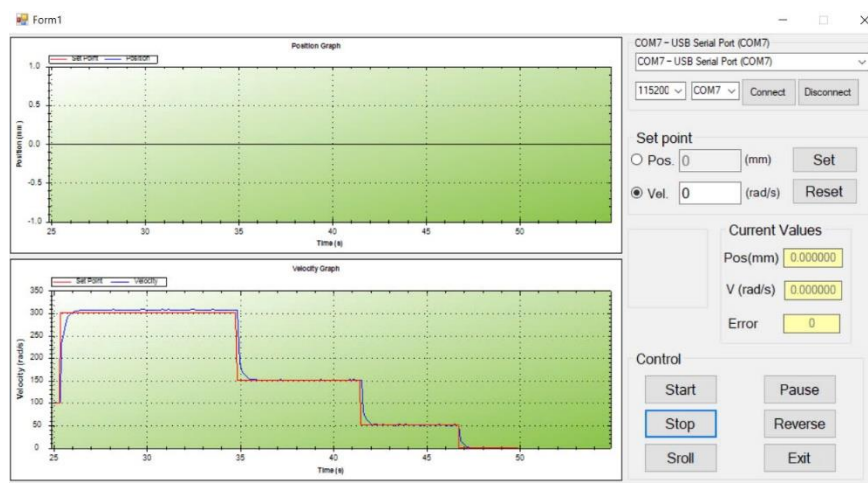
Board mạch đã được lắp ráp hoàn thiện, đảm bảo các yêu cầu đặt ra, có thể lập trình để điều khiển tốc độ động cơ DC servo, đảo chiều động cơ và đọc encoder ([xem tại đây](#)). Để kiểm tra hoạt động của mạch sử dụng động cơ DCM50205 80W Brushed DC Servo Motor với thông số kỹ thuật[21]:

Điện áp hoạt động: 24 VDC

Công suất động cơ: 80 W

Rated Speed: 3400 (RPM)

Độ phân giải Encoder: 1000 xung/vòng



Hình 4. 6. Đồ thị điều khiển tốc độ động cơ

Trong đó:

Đường màu đỏ: giá trị đặt (rad/s)

Đường màu xanh: giá trị trả về (rad/s)

Hình 4.6. là hình thể hiện đồ thị khi điều khiển tốc độ cơ sử dụng bộ điều khiển PI, về code STM32F103C8T6 và thiết kế giao diện C# dựa vào (tài liệu tham khảo [20]) để kiểm tra khả năng hoạt động của mạch.

5.2. Hạn chế

Phạm vi nghiên cứu: nghiên cứu này chỉ tập trung vào động cơ DC công suất nhỏ, cụ thể công suất dưới 100W. Do đó, hạn chế của mạch sẽ không đáp ứng với động cơ có công suất lớn hơn.

Giới hạn về phạm vi ứng dụng: mạch đã đóng gói sẵn vi xử lý STM32F103C8T6, với ứng dụng đòi hỏi cao hơn khi vi xử lý này đáp ứng không đủ thì việc sử dụng trở nên khó khăn.

Giới hạn về môi trường thử nghiệm: các kết quả của quá trình thử nghiệm trong báo cáo này được thực hiện trong môi trường phòng, chưa xem xét đến các yếu tố ảnh hưởng trong những môi trường làm việc khác như nhiệt độ, độ ẩm ...

5.3. Hướng phát triển

Để hoàn thiện board mạch tối ưu, hoạt động tốt và ổn định trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau em cần tìm hiểu và cải thiện thêm các vấn đề sau:

Thiết kế lại board mạch nhỏ gọn và chắc chắn hơn.

Chống nhiễu thêm cho board mạch.

Sử dụng board mạch trong đồ án tốt nghiệp để điều khiển động cơ ứng dụng vào mô hình Mobile Robot.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] “Động CƠ servo là gì? Cấu Tạo và Nguyên LÝ hoạt động từ a -> Z” Tự Động Hóa Toàn Cầu. Link truy cập: <https://tudonghoatoancau.com/dong-co-servo-la-gi-cau-tao-va-cach-hoat-dong/> (ngày truy cập: 25/12/2024).
- [2] “Encoder là gì? Cấu tạo, Nguyên LÝ Hoạt động và Ứng Dụng” (24/09/2024) AME Group. Link truy cập: <https://anmyelectric.com/blog/encoder-la-gi> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [3] “Mạch Cầu h là gì? Nguyên LÝ Hoạt động và Ứng dụng” (01/01/2024) mecsu.vn. Link truy cập: <https://mecsuvn/ho-tro-ky-thuat/mach-cau-h-la-gi-nguyen-ly-hoat-dong-va-ung-dung-2024.j6v> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [4] “MOSFET LÀ GÌ? Nguyên LÝ Hoạt động và ứng dụng CỦA MOSFET” (28/09/2022) AME Group. Link truy cập: <https://anmyelectric.com/blog/mosfet-la-gi> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [5] Datasheet “IRF540NPBF – Infineon Technologies”. Link truy cập: <https://www.infineon.com/dgdl/irf540npbf.pdf?fileId=5546d462533600a4015355e39f0d19a1&redirId=112283> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [6] Datasheet “IR2104(s) & (PBF) International IOR Rectifier,”. Link truy cập: <https://www.infineon.com/dgdl/ir2104.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c7c1c31671> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [7] Datasheet “CB4001B – Texas Instruments”. Link truy cập: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4001b.pdf?ts=1728391356672&mp=&ref_url=https://www.ti.com/product/CD4001B (ngày truy cập 25/12/2024).
- [8] Datasheet “LM2596S – Texas Instruments”. Link truy cập: https://www.thegioiic.com/upload/documents/1734592194_lm2596.pdf (ngày truy cập 25/12/2024).
- [9] Datasheet “B0505s-2WR2 – Mosum”. Link truy cập: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/752406/MORNSUN/B0505S-2WR2.html> (ngày truy cập 25/12/2024).

- [10] Datasheet “PC817 – Sharp”. Link truy cập:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/43376/SHARP/PC817C.html>
(ngày truy cập 25/12/2024).
- [11] Datasheet “6N137 – Lite – On Technology Corp”. Link truy cập:
<https://media.digikey.com/PDF/Data%20Sheets/Lite-On%20PDFs/6N137%20Series.pdf> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [12] Datasheet “ SNx4HC14 – Texas Instruments”. Link truy cập:
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc14.pdf> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [13] Datasheet “ STM32F103x6STM32F103x8 STM32F103xB – ST Microelectronics”. Link truy cập: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/201596/STMICROELECTRONICS/STM32F103C8T6.html> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [14] “STM32F103C8T6 Blue Pill Development Board”, Microcontrollers Lab. Link truy cập: <https://microcontrollerslab.com/stm32f103c8t6-blue-pill-pinout-peripherals-programming-features/> (ngày truy cập 25/12/2024).
- [15] Datasheet “Led – Lumex”. Link truy cập:
<https://www.snapeda.com/parts/SML-LXT0805SRW-TR/Lumex%20Opto/Components/datasheet/>
(ngày truy cập 25/12/2024).
- [16] Datasheet “HER301-HER305 – DIODES Incorporated”. Link truy cập:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/59081/DIODES/HER303.html>
(ngày truy cập 25/12/2024).
- [17] WILLIAM SHEPHER và LI ZHANG, “Power Converter Circuits”, 2004
- [18] Th.S Võ Lâm Chương, “Giáo trình môn học Hệ thống truyền động Servo”, Đại học sư phạm kỹ thuật TP.HCM.
- [19] Nguyễn Minh Triết, “Giáo trình môn học Điện tử công suất”, Đại học sư phạm kỹ thuật TP.HCM.
- [20] Th.S Võ Lâm Chương, “Giáo trình môn học Thực tập hệ thống truyền động Servo”, Đại học sư phạm kỹ thuật TP.HCM.

- [21] Datasheet “*DCM Brushed DC Servo Motor – Leadshine*”. Link truy cập: https://oceancontrols.com.au/files/datasheet/lea/MOT-2x0_DCM5xxxxd.pdf?srsId=AfmBOooPjmbBBxMLepU_LT7ccaAHBjO4ki84s-dnG2Ow7ag35IUuTlcW (ngày truy cập 25/12/2024).
- [22] “*Nguyên lý làm việc của mạch bootstrap và cách chọn điện trở bootstrap và tụ điện*”. Công ty TNHH Shunlongwei. Link truy cập: <https://www.shunlongwei.com/vi/the-working-principle-of-the-bootstrap-circuit-and-the-selection-of-the-bootstrap-resistor-and-capacitor/>(ngày truy cập 25/12/2024).
- [23] “Design and Application Guide of Bootstrap Circuit for High-Volt Gate-Drive IC”. FAIRCHILDSEMI. Link truy cập: <https://web.eecs.utk.edu/~dcostine/ECE482/Spring2017/materials/AN-6076.pdf> (ngày truy cập 25/12/2024).