

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG



ĐỒ ÁN ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG 1

Ngành Công Nghệ Kỹ Thuật Điện Tử Truyền Thông

ĐỀ TÀI:

**THIẾT KẾ MẠCH TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN
SÁNG TẮT ĐÈN**

GVHD: TS. ĐỖ DUY TÂN

SVTH : MAI THỊ HOÀI NHI

MSSV: 17141214

HOÀNG TRƯỜNG HỮU THƯƠNG

MSSV: 17141237

TP. HỒ CHÍ MINH – 03/2020

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG



ĐỒ ÁN ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG 1

Ngành Công Nghệ Kỹ Thuật Điện Tử Truyền Thông

ĐỀ TÀI:

**THIẾT KẾ MẠCH TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN
SÁNG TẮT ĐÈN**

GVHD: TS. ĐỖ DUY TÂN

SVTH : MAI THỊ HOÀI NHI

MSSV: 17141214

HOÀNG TRƯỜNG HỮU THƯƠNG

MSSV: 17141237

TP. HỒ CHÍ MINH – 03/2020

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 31 tháng 3 năm 2020

LỊCH TRÌNH THỰC HIỆN ĐỒ ÁN MÔN HỌC

Họ tên sinh viên: Mai Thị Hoài Nhi

MSSV: 17141214

Hoàng Trương Hữu Thương

MSSV: 17141237

Lớp: 17141VTB

ĐAMH: Đồ án 1

Tên đề tài: **Thiết kế mạch tự động điều khiển sáng tắt đèn.**

<i>Tuần/ngày</i>	<i>Nội dung</i>	<i>Xác nhận GVHD</i>
Tuần 1 (30/3-5/4)	Gặp GVHD để nghe phổ biến yêu cầu làm đồ án và chọn đề tài đồ án Viết lịch trình thực hiện đồ án, đề cương chi tiết đồ án và thiết kế sơ đồ khối	
Tuần 2 (6/4-12/4)	Tìm hiểu nguyên tắc hoạt động của cảm biến hồng ngoại PIR Tìm hiểu về IC phát hiện chuyển động BISS0001	
Tuần 3 (13/4-19/4)	Tìm hiểu về vi điều khiển ATmega328P và phần mềm lập trình So sánh ưu và nhược điểm với các vi điều khiển và kit khác	
Tuần 4 (20/4-26/4)	Tìm hiểu về cách giao tiếp với vi điều khiển ATmega328P và các thư viện hỗ trợ sẵn có	

Tuần 5 (27/4-3/5)	Tìm hiểu về relay điều khiển đèn Lựa chọn các linh kiện để thay đổi và báo hiệu chế độ	
Tuần 6 (4/5-10/5)	Thiết kế sơ đồ nguyên lí của các khối cảm biến, điều khiển và chấp hành	
Tuần 7 (11/5-17/5)	Hoàn thành sơ đồ nguyên lí của các khối còn lại và giải thích chức năng của từng khối	
Tuần 8 (18/5-24/5)	Lập trình vi điều khiển ATmega328P	
Tuần 9 (25/5-31/5)	Thi công mạch:	
Tuần 10 (1/6-7/6)	Thi công và hoàn thành các khối nguồn, cảm biến, điều khiển, báo hiệu và chấp hành	
Tuần 11 (8/6-14/6)	Tiến hành kết nối các khối	
Tuần 12 (15/6-21/6)	Kiểm tra mạch thi công Viết báo cáo	
Tuần 13 (22/6-28/6)	Hoàn thiện báo cáo và chỉnh sửa báo cáo	
Tuần 14 (29/6-5/7)	Làm slide báo cáo	
Tuần 15 (6/7-12/7)	Nộp báo cáo và báo cáo đề tài	
Tuần 16 (13/7-19/7)	Tuần dự trữ	

GV HƯỚNG DẪN
(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI CAM ĐOAN

Đề tài này là do chúng tôi tự thực hiện dựa vào một số tài liệu trước đó và không sao chép từ tài liệu hay công trình đã có trước đó.

Người thực hiện đề tài

Mai Thị Hoài Nhi

Hoàng Trương Hữu Thương

LỜI CẢM ƠN

Chúng em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến thầy Đỗ Duy Tân – giảng viên bộ môn Kỹ thuật Máy tính – Viễn thông đã trực tiếp hướng dẫn và tận tình giúp đỡ tạo điều kiện để chúng em hoàn thành tốt đề tài. Trong quá trình thực hiện đề tài, thầy luôn tạo điều kiện và có những hướng dẫn giúp chúng em định hướng đề tài rõ hơn và giúp chúng em làm việc hiệu quả cũng như những kỹ năng để hoàn thành tốt đồ án cũng như bước đệm cho tác phong nghề nghiệp sau này.

Nhóm em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các thầy cô trong khoa Điện – Điện tử đã giúp chúng em có những kiến thức nền, tạo điều kiện cho chúng em có thể hoàn thành tốt đề tài.

Em cũng gửi lời đồng cảm ơn đến các bạn trong lớp 17141VT đã chia sẻ, trao đổi kiến thức cũng như những kinh nghiệm quý báu trong thời gian thực hiện đề tài.

Xin chân thành cảm ơn!

Người thực hiện đề tài

Mai Thị Hoài Nhi

Hoàng Trương Hữu Thương

MỤC LỤC

LỊCH TRÌNH THỰC HIỆN ĐỒ ÁN MÔN HỌC.....	iii
LỜI CAM ĐOAN	v
LỜI CẢM ƠN	vi
MỤC LỤC	vii
DANH MỤC HÌNH.....	x
DANH MỤC BẢNG	xii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	1
1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ	1
1.2. MỤC TIÊU	1
1.3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	1
1.4. GIỚI HẠN	2
1.5. BỐ CỤC	2
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	3
2.1. GIỚI THIỆU CẢM BIẾN HỒNG NGOẠI PIR	3
2.1.1. Tổng quan về PIR.....	3
2.1.2. Cảm biến PIR RE200B.....	3
2.1.3. Thấu kính Fresnel NL11NH.....	4
2.1.4. IC phát hiện chuyển động BISS0001	6
2.1.5. Đặc điểm, thông số module HC-SR501	8
2.2. GIỚI THIỆU VI ĐIỀU KHIỂN ATmega328P	10
2.2.1. Thông số kỹ thuật	10
2.2.2. EEPROM bên trong ATmega328P	12
2.2.3. Ứng dụng	12

2.3. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM ARDUINO IDE	12
2.4. GIỚI THIỆU MINICORE CHO ATMEGA328P	13
2.4.1. Bootloader trong ATmega328P.....	13
2.4.2. Bootloader MiniCore.....	14
2.5. GIỚI THIỆU PHẦN TỬ ĐÓNG CẮT.....	15
2.5.1. Relay 5V	15
2.5.2. Optocoupler PC817C.....	15
CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG	17
3.1. SƠ ĐỒ KHỐI VÀ CHỨC NĂNG TỪNG KHỐI	17
3.1.1. Sơ đồ khối.....	17
3.1.2. Chức năng.....	17
3.2. THIẾT KẾ CHI TIẾT.....	18
3.2.1. Khối cảm biến.....	18
3.2.2. Khối điều khiển	19
3.2.3. Khối chấp hành.....	20
3.2.4. Khối báo hiệu	21
3.2.5. Khối nguồn	21
3.3. SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ HỆ THỐNG.....	22
CHƯƠNG 4: THI CÔNG MẠCH	23
4.1. SƠ ĐỒ MẠCH IN	23
4.2. LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT	25
4.3. CHƯƠNG TRÌNH VIẾT BẰNG ARDUINO IDE	30
CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ – NHẬN XÉT – ĐÁNH GIÁ	33
5.1. KẾT QUẢ.....	33

5.2. NHẬN XÉT, ĐÁNH GIÁ	35
CHƯƠNG 6: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	37
6.1. KẾT LUẬN	37
6.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN	37
TÀI LIỆU THAM KHẢO	38

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Năng lượng hồng ngoại được cảm biến PIR thu nhận [3].....	3
Hình 2.2: 2 phần tử pyroelectricity và cảm biến PIR RE200B [5][6]	4
Hình 2.3: Sơ đồ mạch RE200B [5].....	4
Hình 2.4: So sánh thấu kính hội tụ và thấu kính Fresnel [7]	5
Hình 2.5: Thấu kính Fresnel NL11NH [9]	5
Hình 2.6: Các vùng hội tụ thấu kính Fresnel NL11NH [10]	6
Hình 2.7: IC BISS0001 [11]	6
Hình 2.8: Dạng sóng chế độ kích hoạt lặp [11]	8
Hình 2.9: Dạng sóng chế độ kích hoạt không lặp [11]	8
Hình 2.10: Module cảm biến PIR HC-SR501 [3]	9
Hình 2.11: Các chân giao tiếp module HC-SR501 [3]	9
Hình 2.12: Sơ đồ chân ATmega328P 28-DIP [13].....	11
Hình 2.13: Giao diện Arduino IDE.....	12
Hình 2.14: Lưu đồ chương trình khởi động vi điều khiển họ AVR [15].....	13
Hình 2.15: Các tùy chọn MiniCore trong Arduino IDE.....	14
Hình 2.16: Cấu trúc của một relay [18]	15
Hình 2.17: Sơ đồ PC817C [20]	15
Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống.....	17
Hình 3.2: Sơ đồ nguyên lý module PIR HC-SR501 [12].....	18
Hình 3.3: Sơ đồ nguyên lý ATmega328P	20
Hình 3.4: Sơ đồ nguyên lý relay opto cách ly	20
Hình 3.5: Sơ đồ nguyên lý khối báo hiệu	21
Hình 3.6: Sơ đồ nguyên lý hệ thống.....	22

Hình 4.1: Sơ đồ mạch in hai mặt trên dưới	23
Hình 4.2: Sơ đồ mạch in mặt dưới.....	23
Hình 4.3: Sơ đồ mạch in mặt trên.....	24
Hình 4.4: Lưu đồ chương trình chính	25
Hình 4.5: Lưu đồ chương trình chính	26
Hình 4.6: Lưu đồ ngắt nút nhấn	27
Hình 4.7: Lưu đồ nhấp nháy Led	28
Hình 4.8: Lưu đồ trì hoãn không lặp	28
Hình 5.1: Mạch tự động tắt đèn thực tế	34
Hình 5.2: Mạch tự động tắt đèn hoạt động	34

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1: Chức năng các chân IC BISS0001 [11]	7
Bảng 2.2: Các chức năng cơ bản của Arduino IDE	13
Bảng 5.1: Đánh giá sự chính xác của hệ thống	35

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thắp sáng là nhu cầu thiết yếu hiện nay ở xã hội loài người. Từ những nguyên liệu để duy trì sự cháy của ngọn lửa, con người đã phát minh ra bóng đèn sợi đốt cho đến huỳnh quang, bán dẫn và tích hợp thêm những hệ thống tự động để tăng tính tiện lợi cho người sử dụng.

Đã có nhiều đề tài ứng dụng mạch điện tử để thực hiện việc bật tắt đèn tự động nhưng còn gặp rất nhiều hạn chế như: khó xác định được số lượng người trong phòng để điều khiển đèn, chỉ lắp được ở cửa ra vào nên không trang bị được ở cầu thang [1], cảm biến thu nhận vùng quang phổ còn rộng nên dễ bị tác động bởi môi trường, không thể thay đổi linh hoạt các khoảng thời gian sáng tắt đèn mà chỉ có thể điều chỉnh bằng lập trình [2].

Chính vì vậy, chúng tôi tiến đến việc thực hiện Đồ án Điện tử Viễn thông 1 với đề tài “Thiết kế mạch tự động điều khiển sáng tắt đèn” nhằm khắc phục các hạn chế trên bằng cách dùng module cảm biến mới hơn và tích hợp thêm công cụ để người dùng có thể điều chỉnh thời gian sáng tắt đèn dễ dàng.

1.2. MỤC TIÊU

Thiết kế, thi công hệ thống điều khiển thắp sáng nhỏ gọn, tự động, có thể trang bị được ở nhiều nơi với nhiều mục đích như cầu thang, nhà vệ sinh,... với các mức tùy chỉnh thời gian phù hợp.

1.3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

- Tìm hiểu sâu bên trong module cảm biến phát hiện chuyển động.
- Lập trình vi điều khiển dùng thư viện giao tiếp bên thứ 3.
- Thiết kế và thi công hệ thống.

1.4. GIỚI HẠN

Hệ thống không thể phân biệt được chuyển động của người và động vật có bức xạ năng lượng gần giống người.

Sự tùy chỉnh thời gian sáng đèn được thực hiện bằng nút nhấn nhưng được cố định bởi các mức bằng chương trình nạp vào trước đó.

Hệ thống chỉ dùng 1 relay để điều khiển 1 đèn nhưng có thể mắc song song các đèn với tổng công suất cho phép sau khi thiết kế.

1.5. BỐ CỤC

Chương 1: Tổng quan

Chương này bao gồm việc đặt vấn đề, dẫn đến lí do chọn đề tài, đề ra mục tiêu, nội dung nghiên cứu, trình bày giới hạn, bố cục của đồ án.

Chương 2: Cơ sở lí thuyết

Giới thiệu các cơ sở lí thuyết liên quan đến hệ thống, lựa chọn linh kiện, thiết bị sử dụng để thiết kế hệ thống và trình bày các giao thức.

Chương 3: Thiết kế hệ thống

Xây dựng mô hình tổng quát thông qua các thiết bị ngõ vào, điều khiển, ngõ ra, tính toán và thiết kế các module chức năng, sơ đồ nguyên lí toàn mạch.

Chương 4: Thi công mạch

Trình bày thiết kế PCB, các lưu đồ giải thuật và chương trình cho hệ thống.

Chương 5: Kết quả – nhận xét – đánh giá

Đưa ra kết quả đạt được, hình ảnh của mạch, đánh giá tính ổn định và sự chính xác của các mức thiết lập.

Chương 6: Kết luận và hướng phát triển

Rút ra kết luận về những gì đã đạt được và các vấn đề còn tồn tại, đưa ra hướng cải tiến cũng như tính tích hợp vào các dự án lớn hơn.

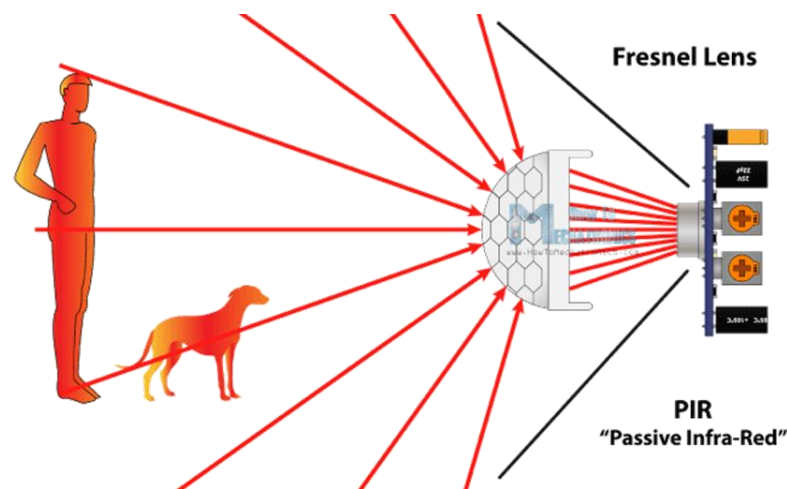
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. GIỚI THIỆU CẢM BIẾN HỒNG NGOẠI PIR

2.1.1. Tổng quan về PIR

PIR là chữ viết tắt của Passive InfraRed sensor [3], hay bộ cảm biến tia hồng ngoại thụ động. Các vật có nhiệt độ lớn hơn 3 độ K tức -270°C đều phát ra tia hồng ngoại, trong đó con người có nhiệt độ cơ thể khoảng 37°C có bức xạ với bước sóng khoảng $10\text{ }\mu\text{m}$ [4]. Vậy nên để phát hiện chuyển động của các vật thể như con người, các nhà phát triển dùng một hoặc nhiều tế bào điện để chuyển đổi sự thay đổi của tia nhiệt ra dạng tín hiệu điện.

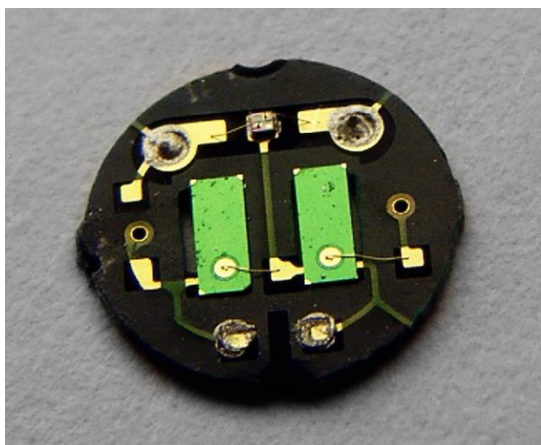
Nguyên tắc hoạt động của cảm biến là tạo ra năng lượng khi tiếp xúc nhiệt. Cảm biến không sử dụng năng lượng để phát hiện mục tiêu, mà hoạt động bằng cách thu nhận sự thay đổi năng lượng từ các vật thể chuyển động như hình 2.1.



Hình 2.1: Năng lượng hồng ngoại được cảm biến PIR thu nhận [3]

2.1.2. Cảm biến PIR RE200B

RE200B là cảm biến PIR được thiết kế để thu nhận bức xạ có bước sóng khoảng $10\text{ }\mu\text{m}$. Cảm biến này chứa 2 phần tử biến đổi bức xạ nhiệt sang điện (pyroelectricity) nhằm tạo ra sự chênh lệch điện áp giúp phát hiện những thay đổi nhỏ của chuyển động (xem hình 2.2).

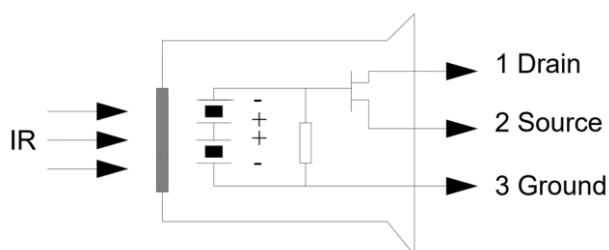


Hình 2.2: 2 phần tử pyroelectricity và cảm biến PIR RE200B [5][6]

Một vài thông số của RE200B [7]:

- Nhiệt độ hoạt động: -20°C đến $+70^{\circ}\text{C}$.
- Nhiệt độ lưu trữ: -30°C đến $+80^{\circ}\text{C}$.
- Điện áp hoạt động: 3 V đến 10 V.
- Góc thu bức xạ theo 1 trục: 125° đến 138° .

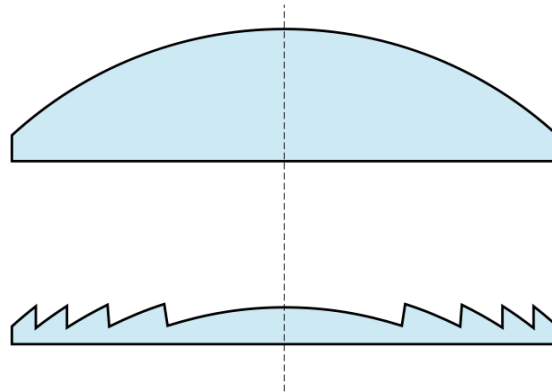
Khi có sự chuyển động, giữa hai phần tử pyroelectricity sẽ sinh ra sự chênh lệch điện áp. Lúc ấy, transistor J-FET (xem hình 2.3) sẽ dẫn và cho ra dòng điện báo hiệu có chuyển động. Độ nhạy phổ bức xạ của cảm biến được quyết định bởi đặc tính quang học của tấm kính giúp cảm biến chỉ chủ yếu thu nhận bức xạ từ cơ thể người.



Hình 2.3: Sơ đồ mạch RE200B [5]

2.1.3. Thấu kính Fresnel NL11NH

Thấu kính Fresnel do nhà vật lý Augustin-Jean Fresnel phát minh. Đây là thấu kính hội tụ nhưng được sắp xếp các phần tử khác đi nhằm giảm kích thước và khối lượng như hình 2.4.



Hình 2.4: So sánh thấu kính hội tụ và thấu kính Fresnel [7]

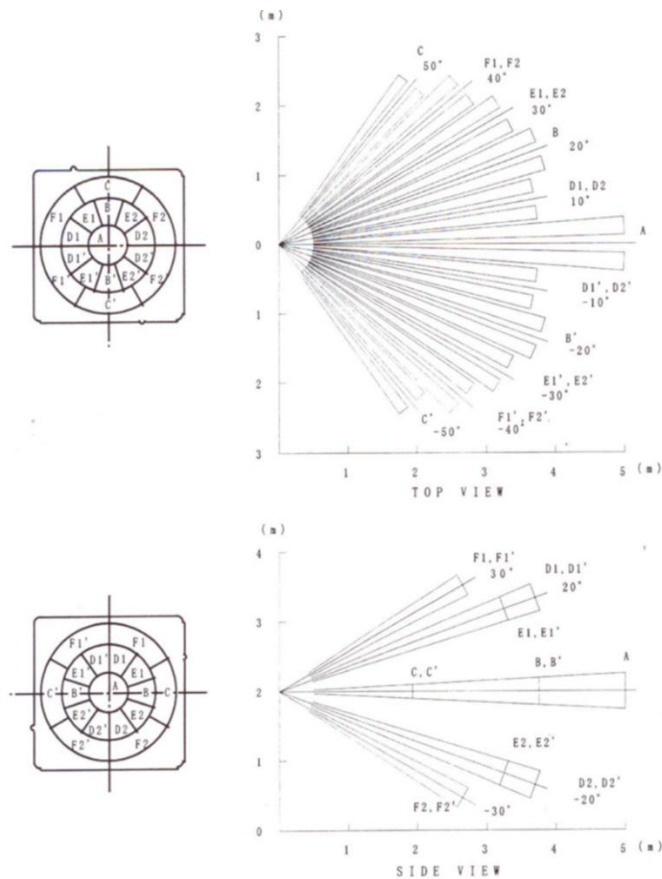
Thấu kính Fresnel NL11NH (xem hình 2.5) như sau [8]:

- Chất liệu: nhựa PE.
- Số vùng thu: 17 vùng.
- Tiêu cự: 12,9 mm.
- Nhiệt độ hoạt động: -20 °C đến +70 °C.
- Nhiệt độ lưu trữ: -25 °C đến +75 °C.



Hình 2.5: Thấu kính Fresnel NL11NH [9]

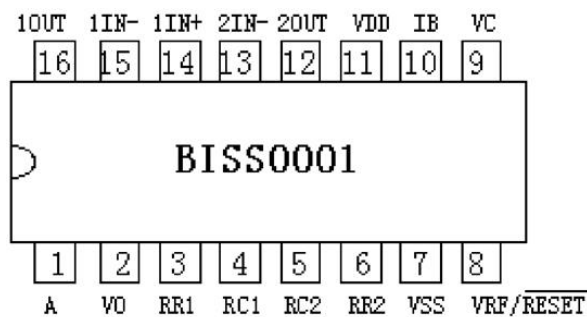
17 vùng hội tụ của thấu kính này được minh họa qua hình 2.6.



Hình 2.6: Các vùng hội tụ thấu kính Fresnel NL11NH [10]

2.1.4. IC phát hiện chuyển động BISS0001

BISS0001 (xem hình 2.7) là IC chuyên biệt cho ứng dụng phát hiện chuyển động bằng PIR với các chân có chức năng như bảng 2.1. IC này được chế tạo bằng công nghệ CMOS năng lượng thấp và có hai chế độ hoạt động là kích hoạt lập hoặc không lập, xem dạng sóng hình 2.8 và 2.9.



Hình 2.7: IC BISS0001 [11]

Bảng 2.1: Chức năng các chân IC BISS0001 [11]

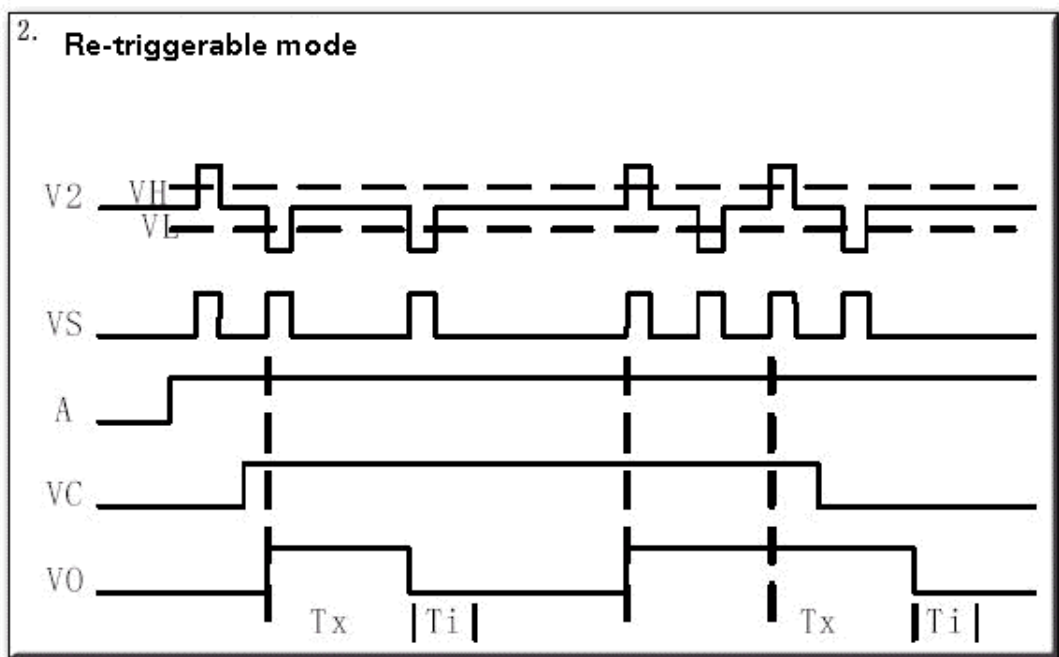
<i>Chân</i>	<i>Ký tự</i>	<i>Mô tả</i>
1	A	Chọn chế độ kích hoạt lặp ($A = 1$) hoặc không lặp
2	VO	Xuất tín hiệu phát hiện chuyển động (mức cao)
3	RR1	Điện trở điều chỉnh thời gian Tx
4	RC1	Tụ điện điều chỉnh thời gian Tx
5	RC2	Tụ điện điều chỉnh thời gian Ti
6	RR2	Điện trở điều chỉnh thời gian Ti
7	VSS	Chân nối đất
8	VRF	Điện áp tham chiếu, nếu mức thấp là reset
9	VC	Ngõ vào hủy kích hoạt ($VC < 0.2VDD$)
10	IB	Ngõ vào dòng điện phân cực Op-amp
11	VDD	Nguồn cấp
12	2OUT	Ngõ ra Op-amp bậc 2
13	2IN-	Ngõ vào đảo Op-amp bậc 2
14	1IN+	Ngõ vào không đảo Op-amp bậc 1
15	1IN-	Ngõ vào đảo Op-amp bậc 1
16	1OUT	Ngõ ra Op-amp bậc 1

Tx: thời gian chân VO xuất mức cao.

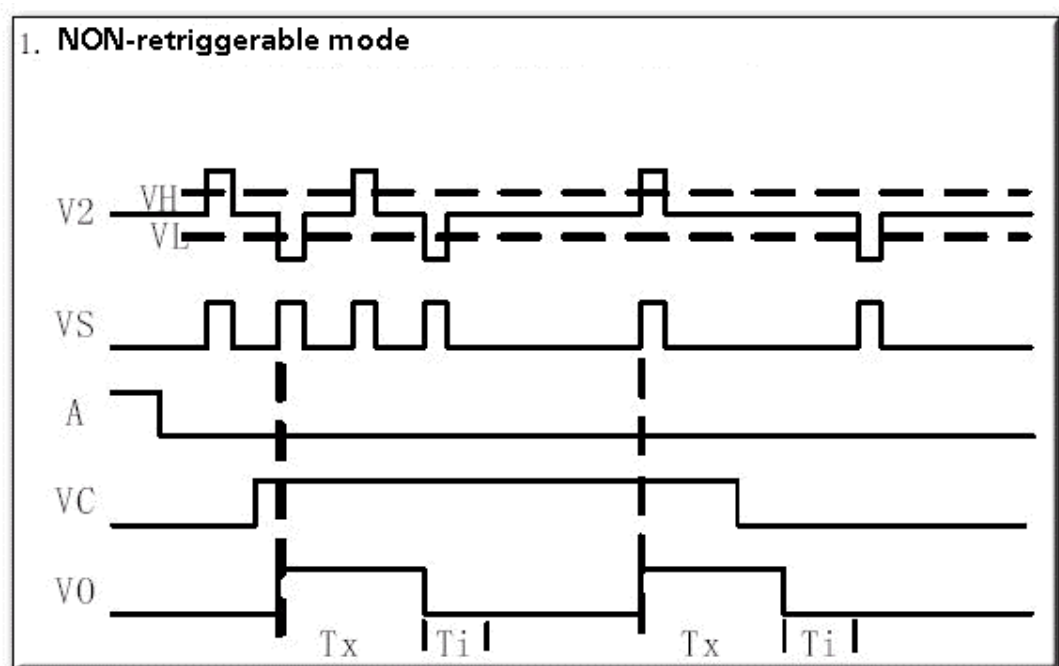
$$Tx = 24576 * R1 * C1. \quad (2.1)$$

Ti: thời gian ngõ ra duy trì mức thấp sau khi hết Tx.

$$Ti = 24 * R2 * C2. \quad (2.2)$$



Hình 2.8: Dạng sóng chế độ kích hoạt lặp [11]

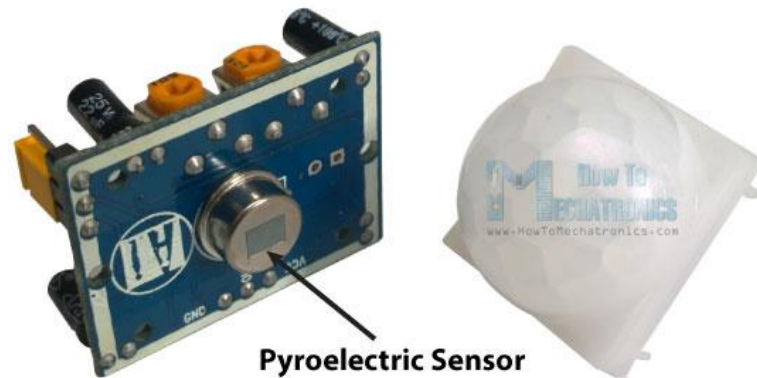


Hình 2.9: Dạng sóng chế độ kích hoạt không lặp [11]

2.1.5. Đặc điểm, thông số module HC-SR501

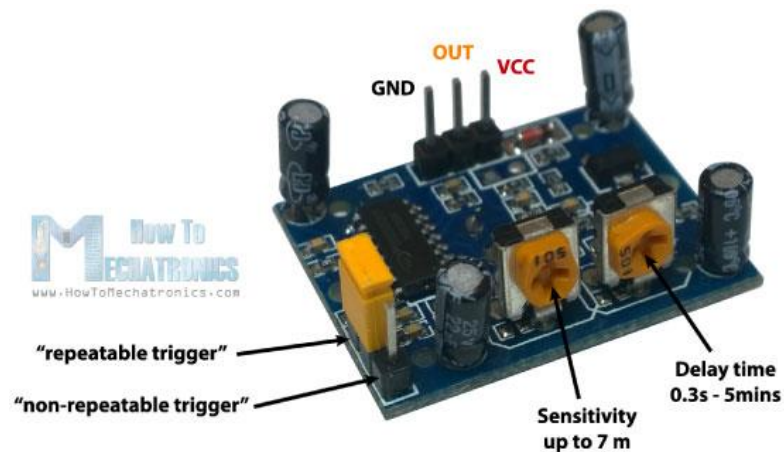
Module HC-SR501 (xem hình 2.10) dùng thấu kính Fresnel NL11NH để hội tụ bức xạ hồng ngoại vào cảm biến PIR RE200B. Ngõ ra của cảm biến được

kết nối đến IC BISS0001 để cung cấp thêm nhiều tùy chọn sử dụng cho người dùng.



Hình 2.10: Module cảm biến PIR HC-SR501 [3]

Module có 2 chân cấp nguồn và 1 chân xuất tín hiệu tích cực mức cao, 1 jumper lựa chọn chế độ kích hoạt, 2 biến trở chỉnh độ nhạy và thời gian trì hoãn như hình 2.11.



Hình 2.11: Các chân giao tiếp module HC-SR501 [3]

Thông số module HC-SR501 [12]:

- Điện áp hoạt động: 5 V đến 20 V.
- Dòng tiêu thụ: 65 mA.
- Mức điện áp logic ngõ ra: 0 V và 3.3 V.
- Thời gian trì hoãn: điều chỉnh trong khoảng 3 giây đến 5 phút.
- Thời gian khóa: 0,2 giây.
- 2 chế độ hoạt động:

- L: không lắp lại kích hoạt.
- H: lắp lại kích hoạt.
- Phạm vi hoạt động: trong vòng 7 mét và góc thu nhỏ hơn 120°.
- Nhiệt độ hoạt động: -15 °C đến 70 °C.
- Kích thước module: 32 x 24 x 23 mm.

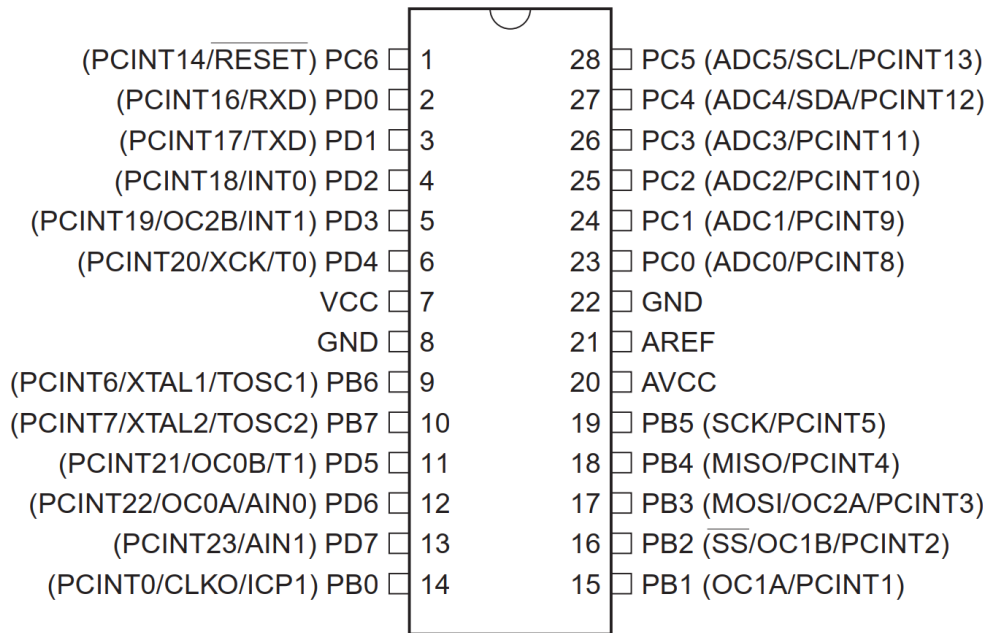
2.2. GIỚI THIỆU VI ĐIỀU KHIỂN ATmega328P

2.2.1. Thông số kỹ thuật

ATmega328P là vi điều khiển thuộc họ AVR 8-bit, được sản xuất bởi công ty Atmel (nay thuộc công ty Microchip), có các thông số như sau [13]:

- Sử dụng kiến trúc tập lệnh RISC.
- Có thể thực hiện 20 triệu chỉ thị mỗi giây (MIPS) ở tần số 20 MHz.
- 32 KB bộ nhớ flash có thể ghi xóa 10.000 lần.
- 1 KB bộ nhớ EEPROM có thể ghi xóa 100.000 lần.
- 2 KB bộ nhớ SRAM.
- 2 Timer 8-bit và 1 Timer 16-bit.
- 6 kênh PWM.
- 6 kênh ADC 10-bit với loại chân DIP.
- 1 bộ USART, 1 bộ SPI, 1 bộ I2C.
- Tự reset khi khởi động và có thể lập trình mức điện áp tự tắt khi sụt nguồn.
- 1 bộ dao động nội 8 MHz.
- Có các bộ ngắt nội và 2 bộ ngắt ngoại.
- 23 chân I/O.
- Điện áp hoạt động: 1,8 V đến 5,5 V.
- Nhiệt độ hoạt động: -40 °C đến 85 °C.
- Các khoảng tần số hoạt động với điện áp: 0 – 4MHz @ 1,8 – 5,5V; 0 – 10MHz @ 2,7 – 5,5.V; 0 – 20MHz @ 4,5 – 5,5V.

- Dòng điện tiêu thụ ở tần số 1 MHz, điện áp 1,8 V, nhiệt độ 25 °C: 0,2 mA.



Hình 2.12: Sơ đồ chân ATmega328P 28-DIP [13]

Mô tả các chân của vi điều khiển ATmega328P trong hình 2.12:

- VCC: cấp nguồn.
- GND: nối đất.
- Port B (PB7:0): có 8 chân I/O, trong đó 2 chân PB7-6 thường được kết nối đến thạch anh để cấp xung ngoại.
- Port C (PC6:0): có 7 chân I/O, trong đó chân PC6 nếu không được cấu hình thì có chức năng là chân Reset tích cực mức thấp, còn nếu được cấu hình sẽ như một chân I/O.
- Port D (PD7:0): có 8 chân I/O.
- AVCC: chân này cấp nguồn cho bộ ADC, 4 chân PC3:0. Nó phải được nối với VCC dù cho bộ ADC không được dùng. Nếu dùng bộ ADC thì phải nối với chân VCC qua một bộ lọc thông thấp.
- AREF: điện áp tham chiếu cho bộ ADC.

2.2.2. EEPROM bên trong ATmega328P

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) là loại bộ nhớ có thể đọc ghi, không mất dữ liệu khi ngắt điện với dung lượng thường nhỏ [14]. Bộ nhớ này được tích hợp bên trong vi điều khiển ATmega328P với dung lượng 1 KB và lưu theo từng byte.

Việc trang bị thêm bộ nhớ EEPROM song song với bộ nhớ chương trình flash nhằm giúp người dùng có thể lưu trữ các thông số tùy chọn bị thay đổi qua hành vi sử dụng, ví dụ lưu giá trị chế độ chương trình người dùng mong muốn.

2.2.3. Ứng dụng

Vi điều khiển ATmega328P có tốc độ nhanh, năng lượng tiêu thụ thấp, các chân I/O và các chuẩn giao tiếp vừa đủ nên được sử dụng trong rất nhiều ứng dụng mạch điện tử điều khiển. Ngoài ra dự án Arduino đã nâng tầm vi điều khiển này lên, trang bị lên những board nhúng, viết ra thư viện giao tiếp làm tối giản các thao tác giúp cho nhiều đối tượng dễ dàng tiếp cận đến lập trình vi điều khiển hơn.







2.3. GIỚI THIỆU PHẦN MỀM ARDUINO IDE

Dự án Arduino không chỉ tạo ra các board phát triển mà còn có phần mềm Arduino IDE (xem hình 2.13), tích hợp các thư viện và trình biên dịch giúp cho người sử dụng dễ tiếp cận hơn. Các chức năng cơ bản được mô tả ở bảng 2.2.



Hình 2.23: Giao diện Arduino IDE

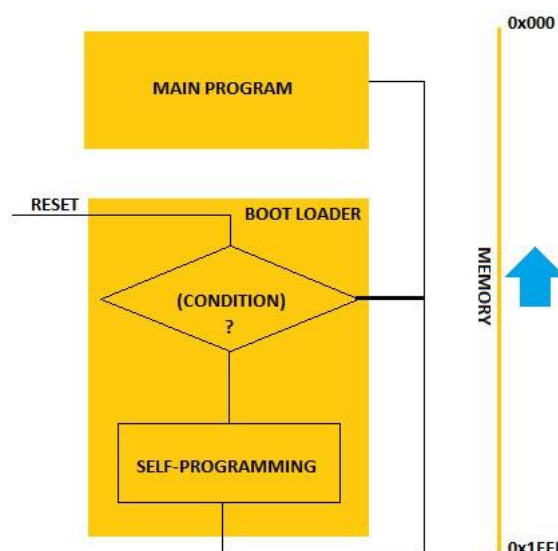
Bảng 2.2: Các chức năng cơ bản của Arduino IDE

<i>Tùy chọn</i>	<i>Chức năng</i>
 Verify	Kiểm tra cú pháp chương trình
 Upload	Biên dịch chương trình và nạp vào board
 New	Tạo một chương trình mới
 Open	Mở chương trình đã tạo
 Save	Lưu chương trình đang viết
 Serial Monitor	Mở cửa sổ giao tiếp UART

2.4. GIỚI THIỆU MINICORE CHO ATMEGA328P

2.4.1. Bootloader trong ATmega328P

Bootloader là chương trình giúp vi điều khiển giao tiếp với máy tính thông qua các chuẩn truyền thông như UART. Bootloader chiếm phân vùng nằm cuối bộ nhớ flash, thường có dung lượng từ 0,5 KB đến 2 KB [13]. Khi vi điều khiển khởi động, nó sẽ dựa vào các thanh ghi Fuse Bits để quyết định bắt đầu chạy bootloader trước hay chương trình trước (mặc định là bootloader) với lưu đồ như hình 2.14.



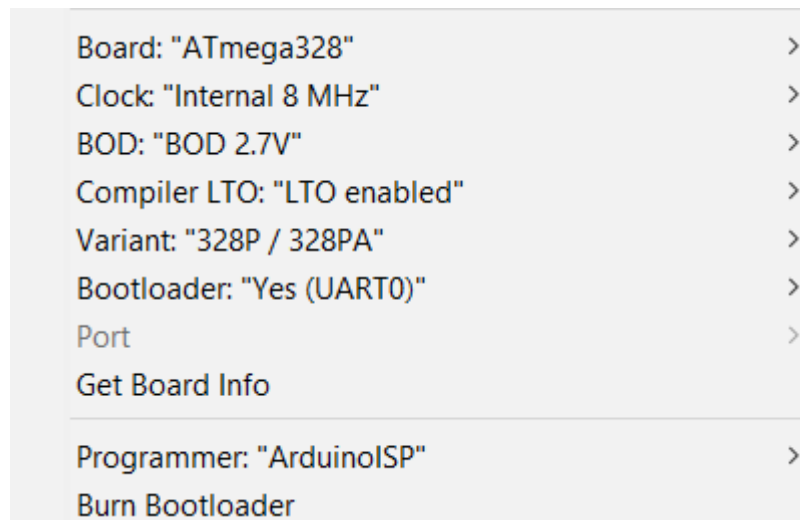
Hình 2.34: Lưu đồ chương trình khởi động vi điều khiển họ AVR [15]

Đối với vi điều khiển ATmega328P xuất xưởng, mặc định chỉ có thể nạp chương trình qua giao tiếp SPI. Như vậy để có thể nạp được bằng chuẩn truyền thông UART cần phải có chương trình bootloader khác được nạp vào. Đối với Arduino, nhà sản xuất đã nạp sẵn bootloader Arduino giúp giao tiếp UART cũng như cung cấp kèm theo là Arduino Core (thư viện giao tiếp).

2.4.2. Bootloader MiniCore

MiniCore [16] là bootloader cũng như thư viện giao tiếp giống với Arduino Core dành cho dòng vi điều khiển ATmegaXX8. MiniCore cũng được dùng trên phần mềm Arduino IDE và cung cấp nhiều tùy chọn nâng cao giúp cấu hình thành ghi đơn giản hơn (xem hình 2.15) như:

- Clock: cấu hình dùng xung nội hoặc ngoại với nhiều tần số.
- BOD: tùy chọn mức điện áp để vi điều khiển tự tắt khi phát hiện nguồn nuôi sụt áp.
- Compiler LTO: tùy chọn giúp chương trình được biên dịch ra nhẹ hơn.
- Bootloader: nạp chương trình qua giao tiếp UART.

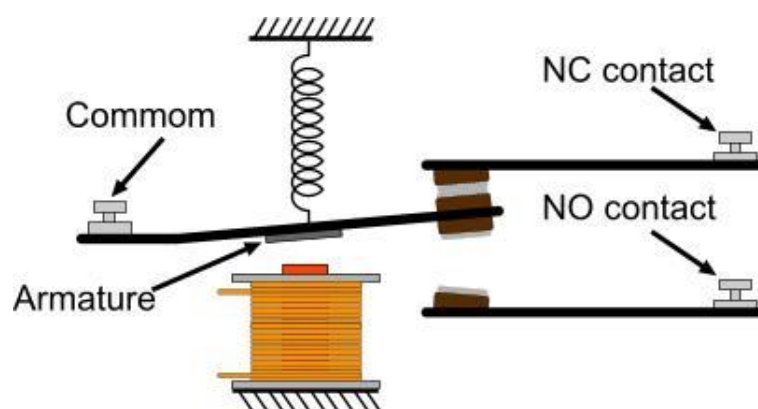


Hình 2.45: Các tùy chọn MiniCore trong Arduino IDE

2.5. GIỚI THIỆU PHẦN TỬ ĐÓNG CẮT

2.5.1. Relay 5V

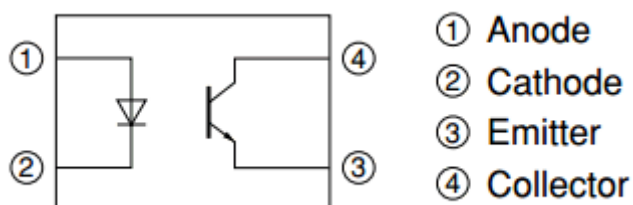
Relay là thiết bị đóng cắt điện dựa theo nguyên lý nam châm điện. Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây thì cuộn dây sẽ thành nam châm điện và hút tiếp điểm. Khi không còn dòng điện thì tiếp điểm bị lò xo kéo về và hình thành nên 2 đầu NC (thường đóng) và NO (thường hở) như hình 2.16. Đối với relay 5V thì điện áp cần cấp để hoạt động bình thường là 5V, điện áp để nam châm điện hút được tiếp điểm là $75\%V_{max}$ tức 3,75V và tiêu thụ dòng khoảng 70mA [17].



Hình 2.56: Cấu trúc của một relay [18]

2.5.2. Optocoupler PC817C

Optocoupler hay opto cách ly phần tử truyền dẫn tín hiệu được cách ly hai bên về điện, mục đích bảo vệ thiết bị điều khiển khỏi tác động về điện của thiết bị được điều khiển [19]. Optocoupler gồm 2 phần là LED và transistor cảm quang như hình 2.17. Khi LED được phân cực thuận sẽ sáng dẫn đến transistor cảm quang sẽ được phân cực và dẫn bão hòa ở phần bên kia.



Hình 2.17: Sơ đồ PC817C [20]

Thông số ngõ vào tối đa PC817C [20]:

- Dòng dẫn I_F : 50 mA.
- Dòng dẫn tối đa I_{FM} : 1 A.
- Điện áp ngược V_R : 6 V.

Thông số ngõ ra tối đa PC817C [20]:

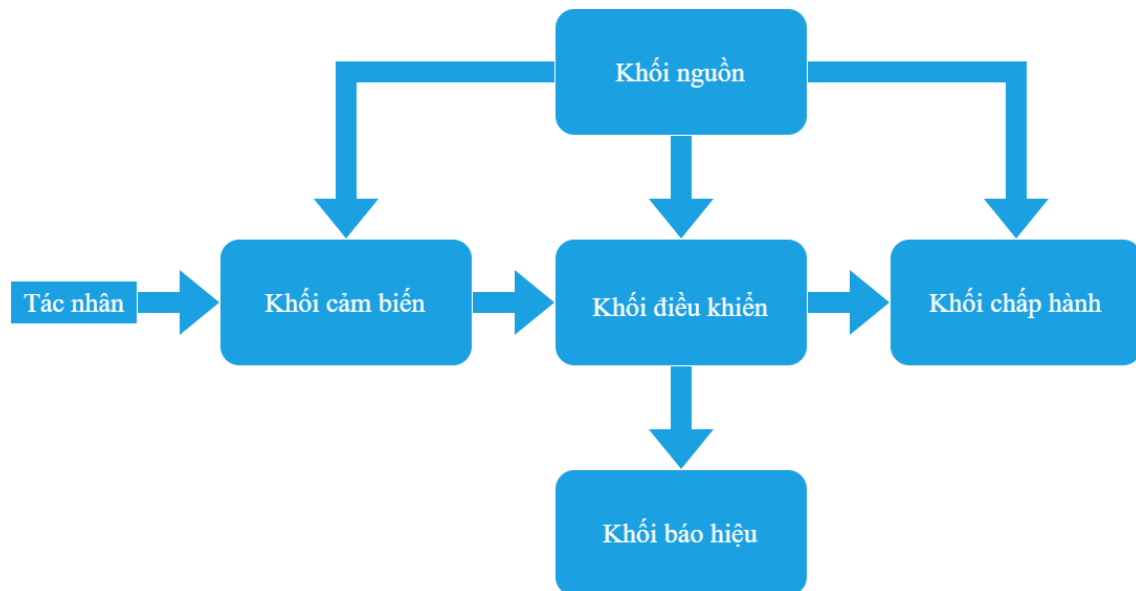
- Điện áp cực CE V_{CEO} : 35 V.
- Điện áp cực EC V_{ECO} : 6 V.
- Dòng điện cực C I_C : 50 mA.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

3.1. SƠ ĐỒ KHỐI VÀ CHỨC NĂNG TỪNG KHỐI

3.1.1. Sơ đồ khối

Hệ thống có sơ đồ khối tổng quát như hình 3.1.



Hình 3.1: Sơ đồ khối hệ thống

3.1.2. Chức năng

Tác nhân: sự chuyển động của các vật thể (chủ yếu là người) trong phạm vi nhất định.

Khối nguồn: cấp nguồn cho khối cảm biến, khối điều khiển, khối chấp hành bao gồm module HC-SR501, vi điều khiển ATmega328P và relay điều khiển đèn.

Khối cảm biến: có nhiệm vụ phát hiện chuyển động của con người và gửi tín hiệu cho khối điều khiển.

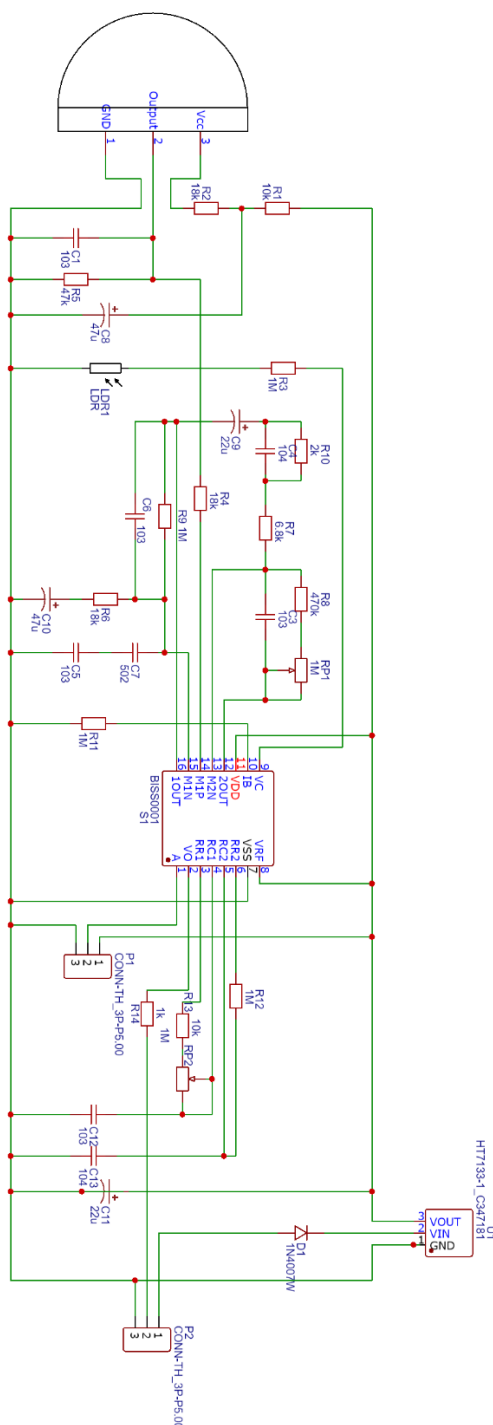
Khối điều khiển: vi điều khiển dựa vào tín hiệu của khối cảm biến rồi gửi tín hiệu đến relay để điều khiển bật tắt đèn với một khoảng trễ nhất định do người dùng tùy chọn bằng nút nhấn.

Khối chấp hành: relay thực hiện bật tắt đèn LED bulb 220V – 30W.

Khối báo hiệu: hai bóng LED 5mm, một bóng báo hiệu vi điều khiển được cấp nguồn và một bóng nhấp nháy theo số mức tùy chọn nút nhấn.

3.2. THIẾT KẾ CHI TIẾT

3.2.1. Khối cảm biến



Hình 3.2: Sơ đồ nguyên lý module PIR HC-SR501 [12]

Nguồn nuôi (4.5V – 20V) cấp vào 2 chân 1 và 3 của Connector P2 được đưa đến IC ổn áp 3.3V HT7133 như hình 3.2 có chức năng cung cấp nguồn điện cho IC BISS0001 và PIR. Tín hiệu thu nhận từ cảm biến PIR được gửi vào IC BISS0001 xử lý, sau đây sẽ xuất ra tín hiệu logic ở chân VO cho biết có chuyển động hay không.

Connecter P1 là một jumper tùy chọn chế độ kích hoạt lập hoặc không lập. Để phù hợp với khả năng lập trình thì ta chọn jumper ở mức cao tức lập kích hoạt, chỉ khi nào cảm biến không phát hiện chuyển động sau khoảng thời gian Tx nữa thì mới xuống mức thấp trong Ti giây.

Tx được định thời bằng R13, biến trở RP2 và C12. Nếu điều chỉnh biến bằng 0 thì theo công thức 2.1 ta được:

$$Tx = 24576 * 104 * 10^{-8} = 2,4576 \text{ (s)}$$

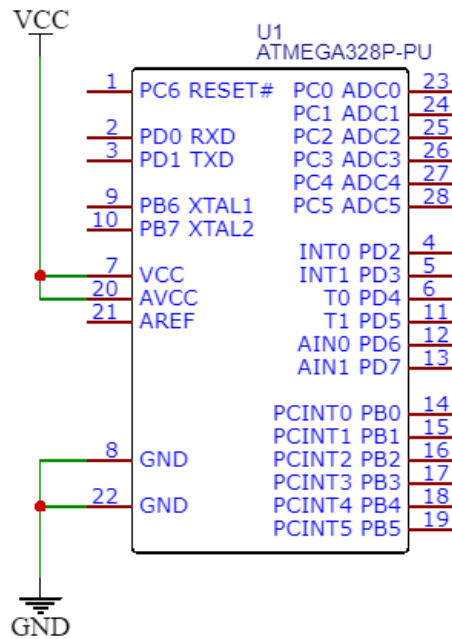
Ti được định thời bằng R12 và C13, theo công thức 2.2:

$$Ti = 24 * 106 * 10^{-7} = 2,4 \text{ (s)}$$

Như vậy với các thông số đã chọn, sau khi phát hiện chuyển động thì module sẽ gửi tín hiệu mức cao liên tục cho đến sau khoảng Tx 3 giây khi không còn phát hiện và sẽ xuống mức thấp khoảng Ti 3 giây. Trong khoảng thời gian mức thấp Ti thì module không hoạt động.

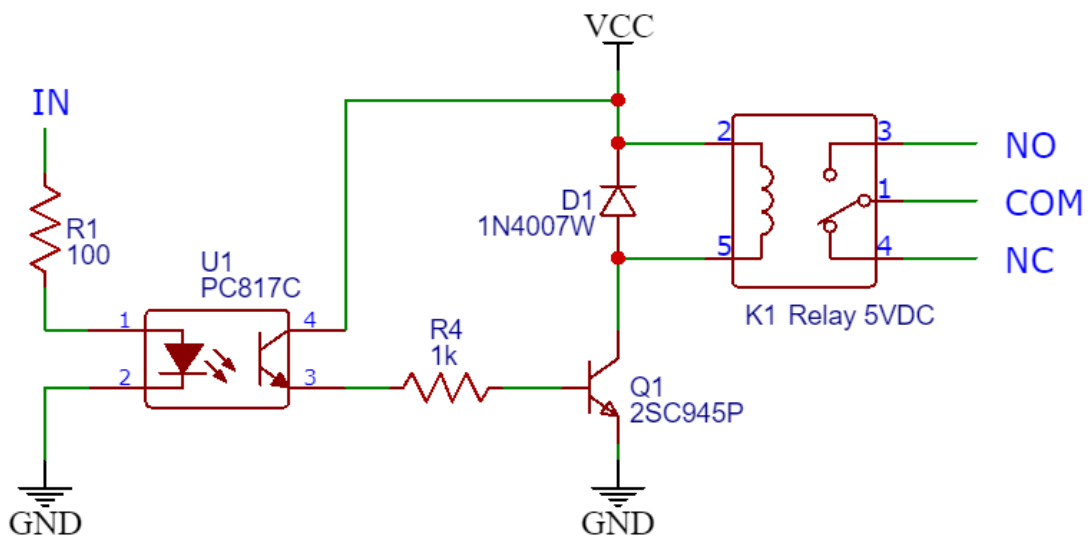
3.2.2. Khối điều khiển

Do không yêu cầu về tốc độ cao nên có thể dùng dao động nội 8MHz của vi điều khiển và không gắn thạch anh bên ngoài nhằm tiết kiệm chi phí. Do không cần chức năng reset nên có thể thả nổi chân PC6/RESET# như hình 3.3.



Hình 3.3: Sơ đồ nguyên lý ATmega328P

3.2.3. Khởi chấp hành



Hình 3.4: Sơ đồ nguyên lý relay opto cách ly

Khi tín hiệu điều khiển ở chân IN tác động, LED trong optocoupler phát sáng làm transistor cảm quang bên trong dẫn kéo theo transistor Q1 dẫn theo. Diode D1 mắc song song với cuộn dây của relay như hình 3.4 có tác dụng làm triệt

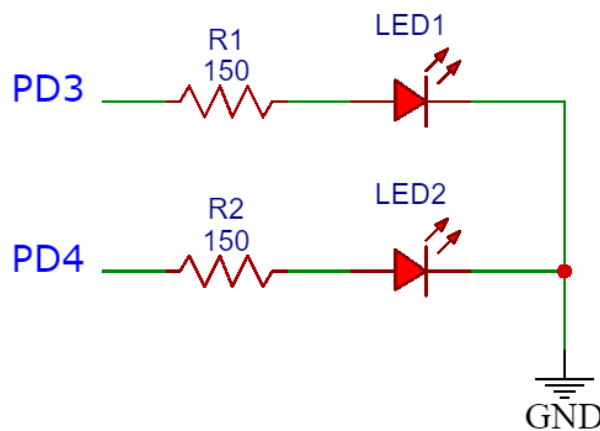
giảm hiện tượng tự cảm xảy ra khi đóng cắt điện một chiều với cuộn dây, bảo vệ transistor Q1 [19].

3.2.4. Khối báo hiệu

Khối báo hiệu gồm 2 LED 5mm được nối với vi điều khiển qua điện trở hạn dòng. Tính toán điện trở với LED đỏ có áp dẫn 2V và dòng dẫn 20mA:

$$R = (V_{CC} - V_{LED})/I_{LED} = (5 - 2)/0,02 = 150 (\Omega) \quad (3.1)$$

Như vậy ta chọn điện trở có giá trị 150Ω hạn dòng cho LED như hình 3.5.



Hình 3.5: Sơ đồ nguyên lý khối báo hiệu

3.2.5. Khối nguồn

Nguồn điện được lấy từ mạng điện dân dụng Việt Nam 220V – 50Hz, cung cấp cho tất cả các khối như cảm biến, vi điều khiển, relay và đèn LED bulb. Vì chỉ có đèn LED bulb được thiết kế để dùng mạng điện này, vậy nên ta phải dùng một khối chỉnh lưu ổn áp để đưa từ dòng điện AC 220V – 50Hz về dòng điện DC. Với các linh kiện đã đề cập, ta chọn điện áp 5VDC cung cấp cho module PIR HC-SR501, ATmega328P và relay.

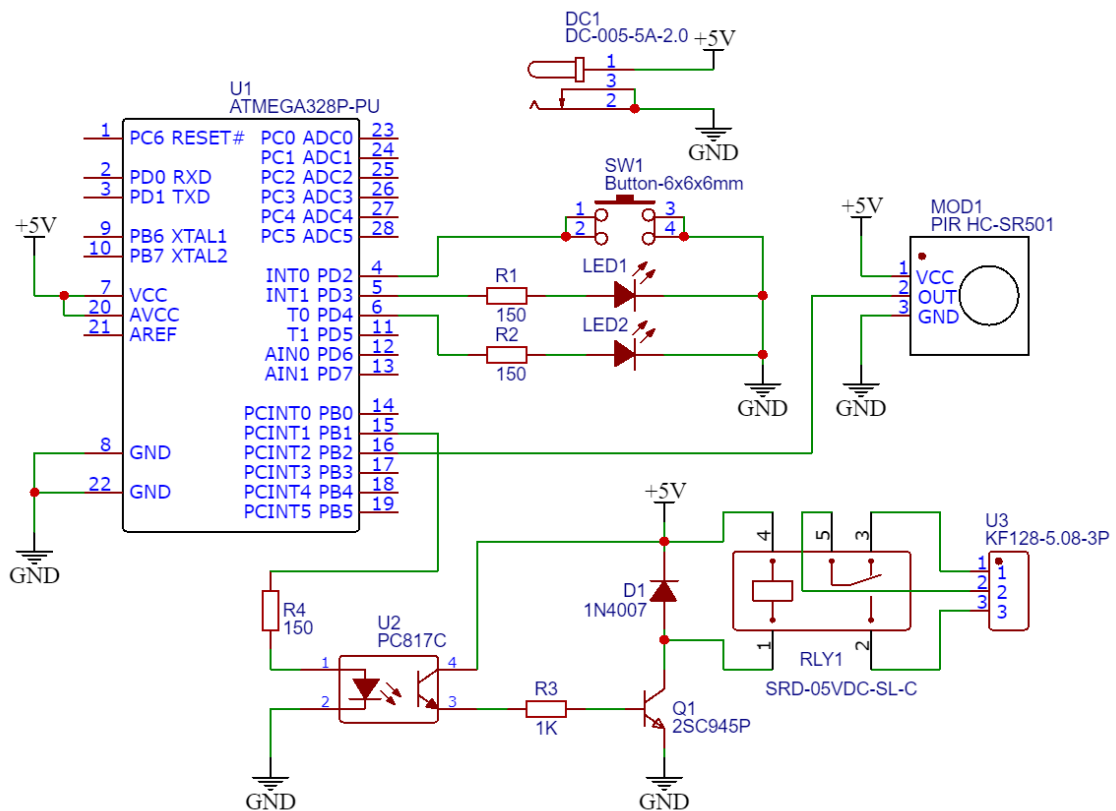
Tính toán dòng tối đa cho hệ thống điện tử:

$$\begin{aligned} I_{\max} &= I_{\text{PIR}} + I_{\text{ATmega328P}} + I_{\text{Relay}} + 2I_{\text{LED}} \\ &= 65 + 5,5 + 70 + 2 \cdot 20 = 180,5 \text{ (mA)} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Như vậy dòng điện tối đa hệ thống điện tử tiêu thụ khoảng 200mA cho nên có thể dễ dàng lựa chọn mạch nguồn 5VDC không cần công suất lớn. Với ứng dụng mạch vi điều khiển cần sự gọn nhẹ, không yêu cầu về mặt nhiều tần cao nên ta lựa chọn nguồn xung hoặc adapter nguồn với jack tròn. Để cho mạch gọn nhất nên lựa chọn adapter nguồn với chân cắm có kích thước đường kính ngoài và trong là 55 x 21 mm bởi loại chân này phổ biến nhất.

3.3. SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ HỆ THỐNG

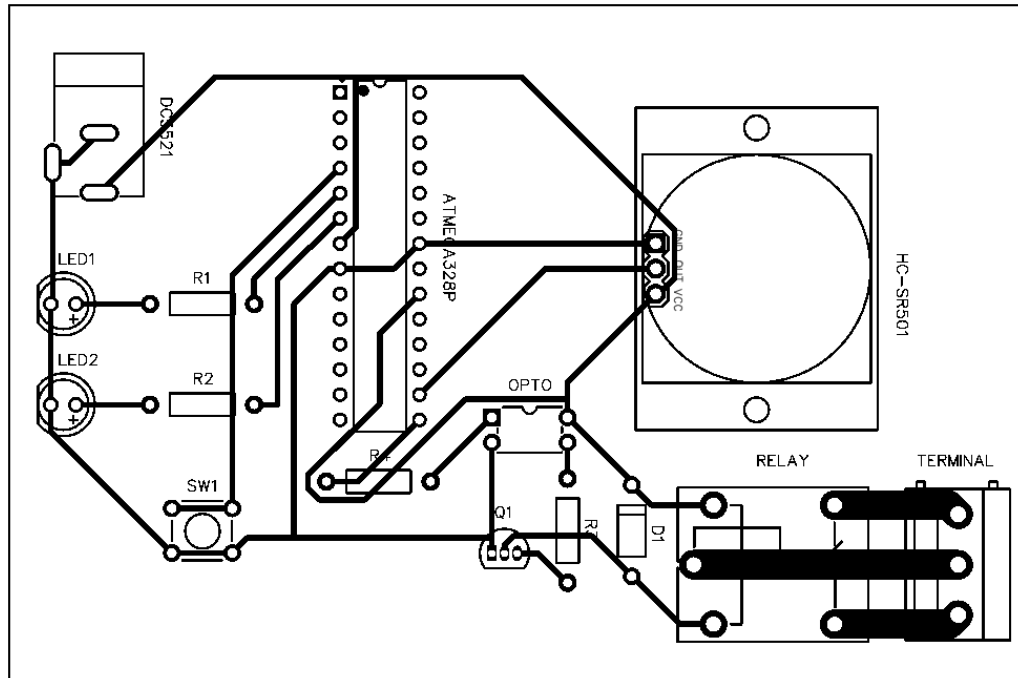
Sơ đồ nguyên lý hệ thống sau khi được tổng hợp bởi các khối được trình bày như hình 3.6.



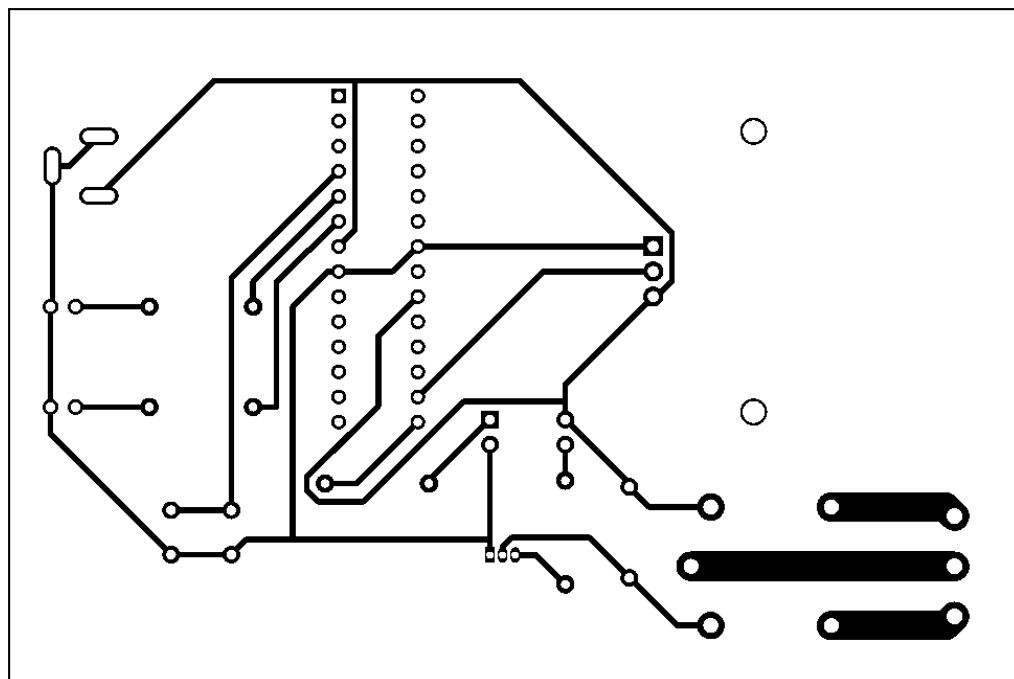
Hình 3.6: Sơ đồ nguyên lý hệ thống

CHƯƠNG 4: THI CÔNG MẠCH

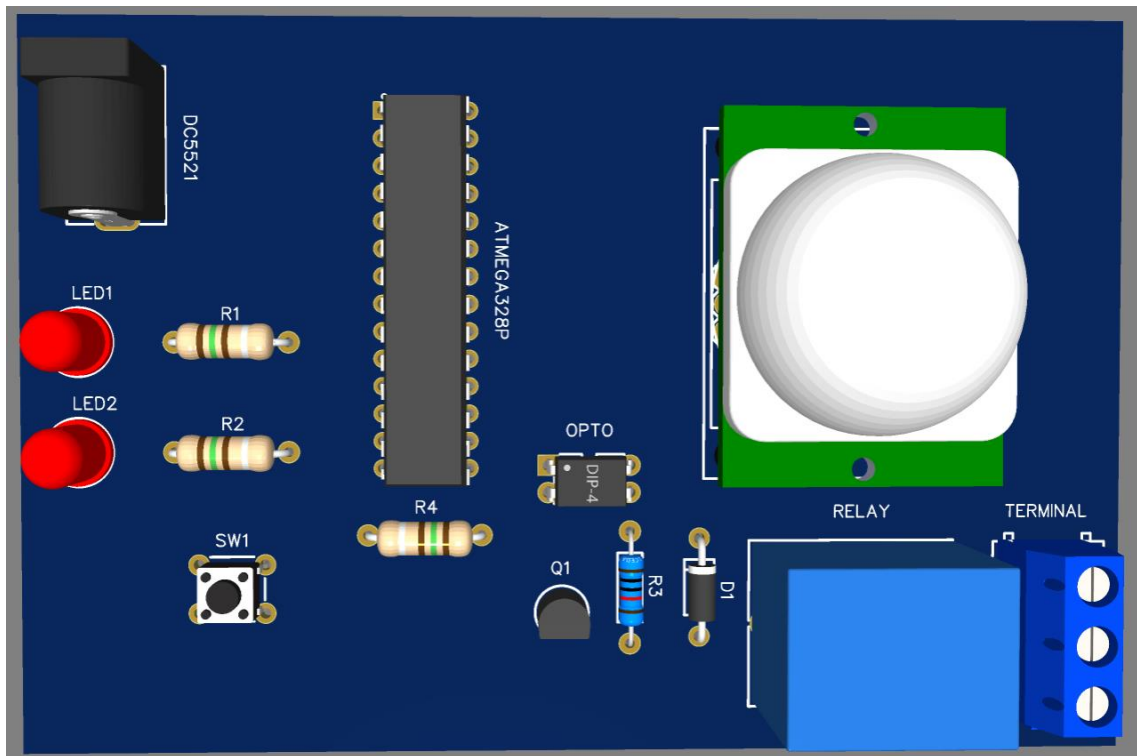
4.1. SƠ ĐỒ MẠCH IN



Hình 4.1: Sơ đồ mạch in hai mặt trên dưới



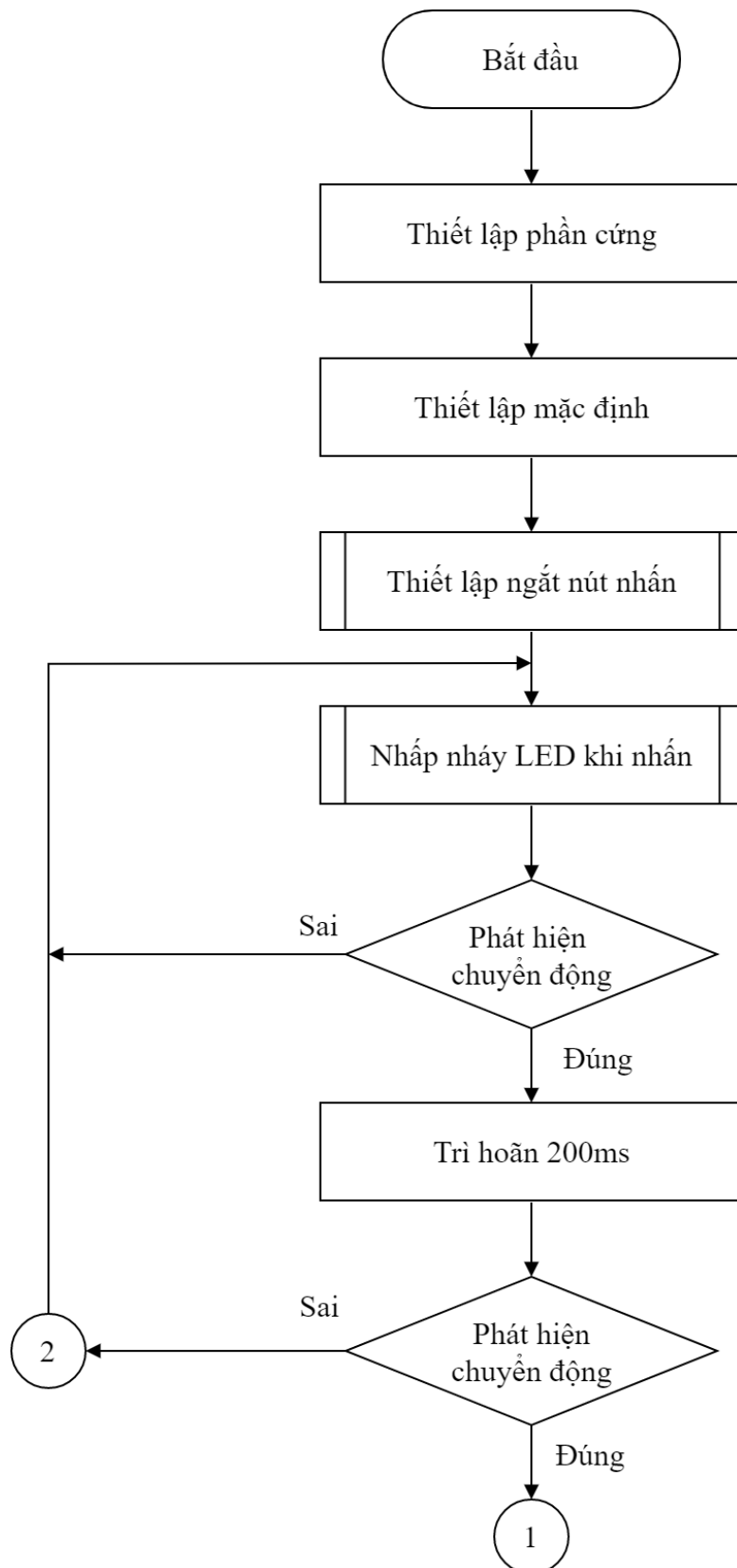
Hình 4.2: Sơ đồ mạch in mặt dưới



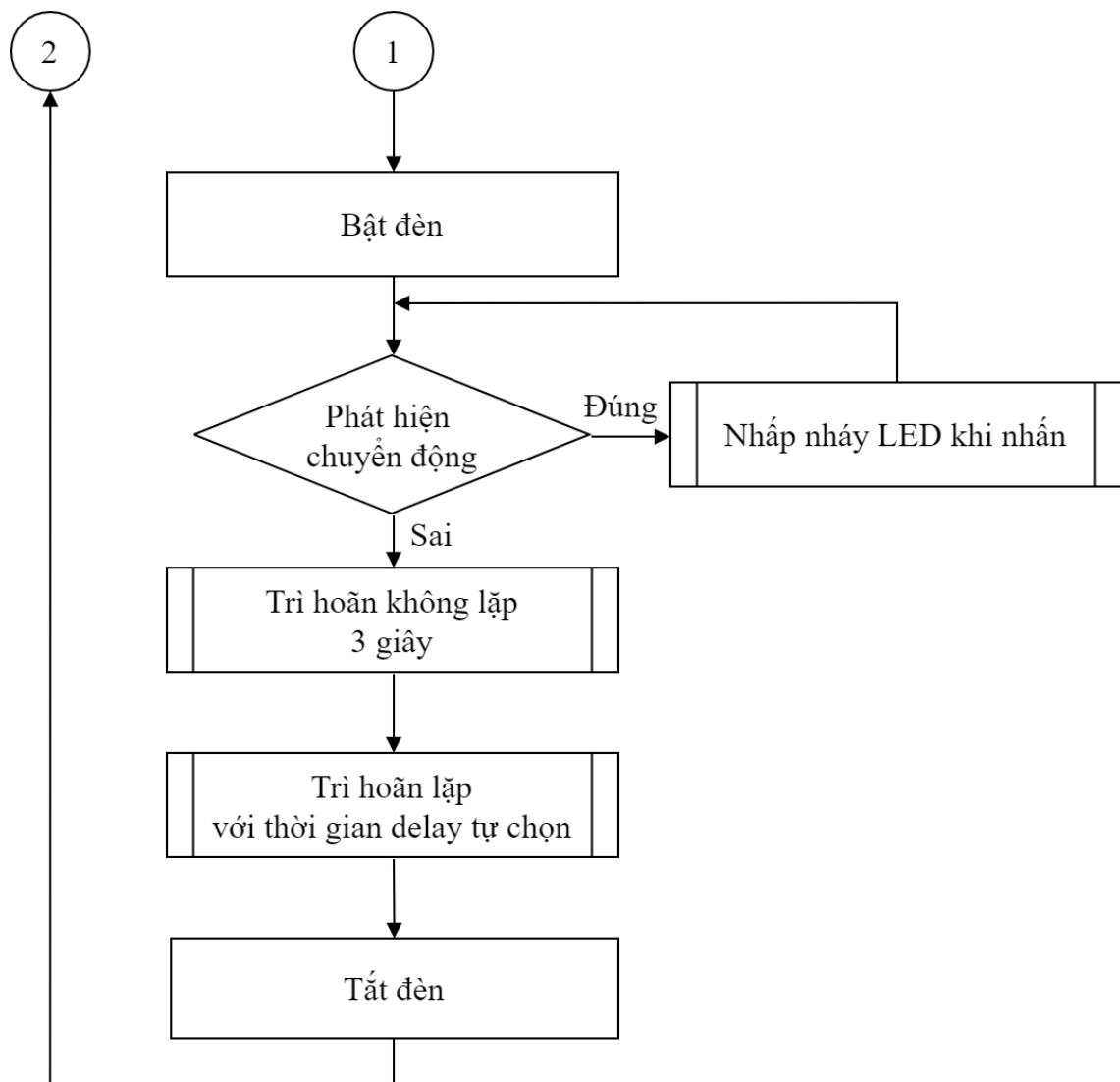
Hình 4.3: Sơ đồ mạch in mặt trên

Cách sắp xếp, bố trí linh kiện và đi dây của mạch được thể hiện ở hình 4.1. Từ đây, để đưa đến việc thi công mạch in thì ta dùng đến mạch in 1 mặt tức chỉ có các đường đi dây như hình 4.2. Mạch sau khi được thi công sẽ có hình dạng tương tự mô phỏng 3 chiều như hình 4.3.

4.2. LƯU ĐỒ GIẢI THUẬT

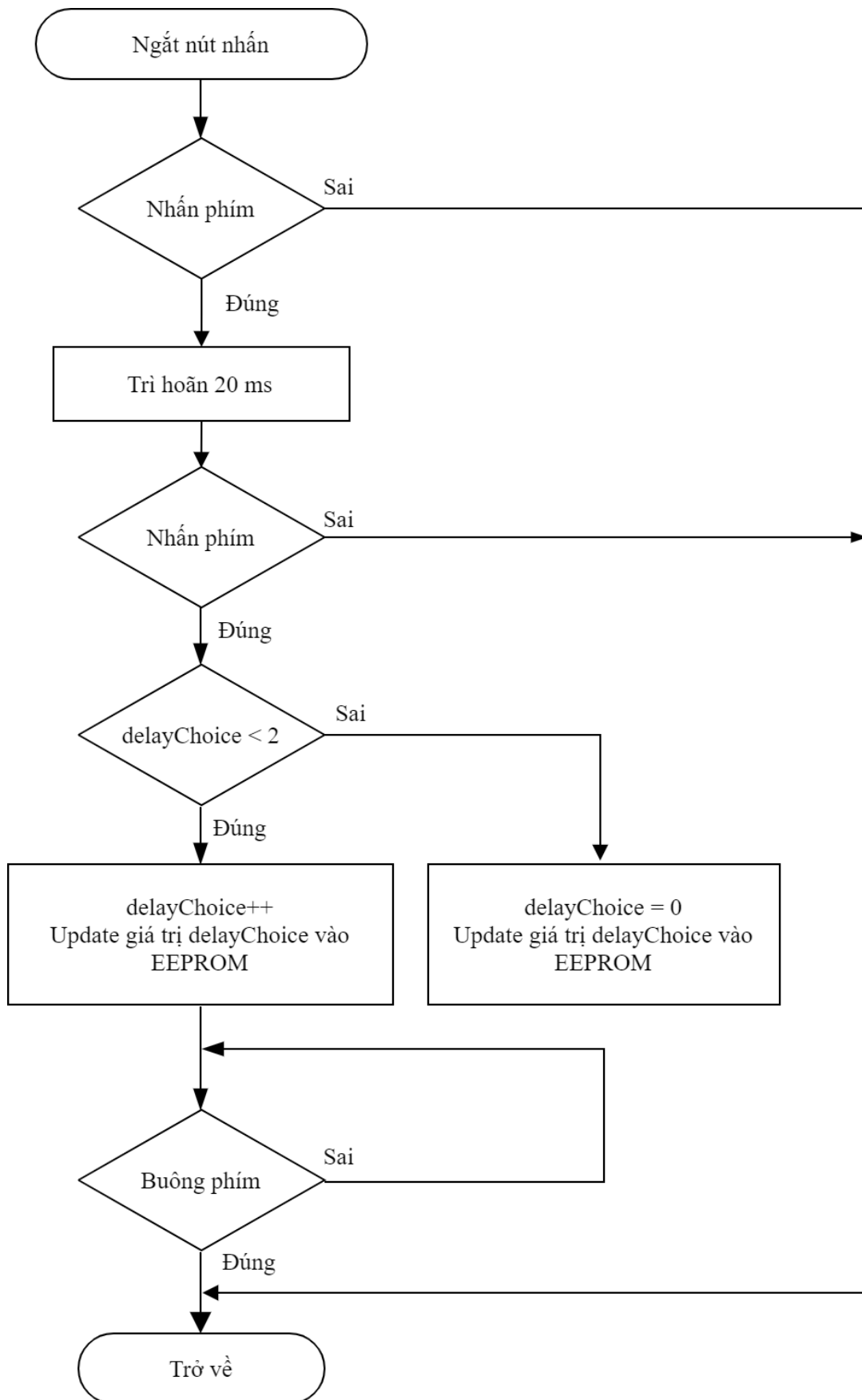


Hình 4.4: Lưu đồ chương trình chính

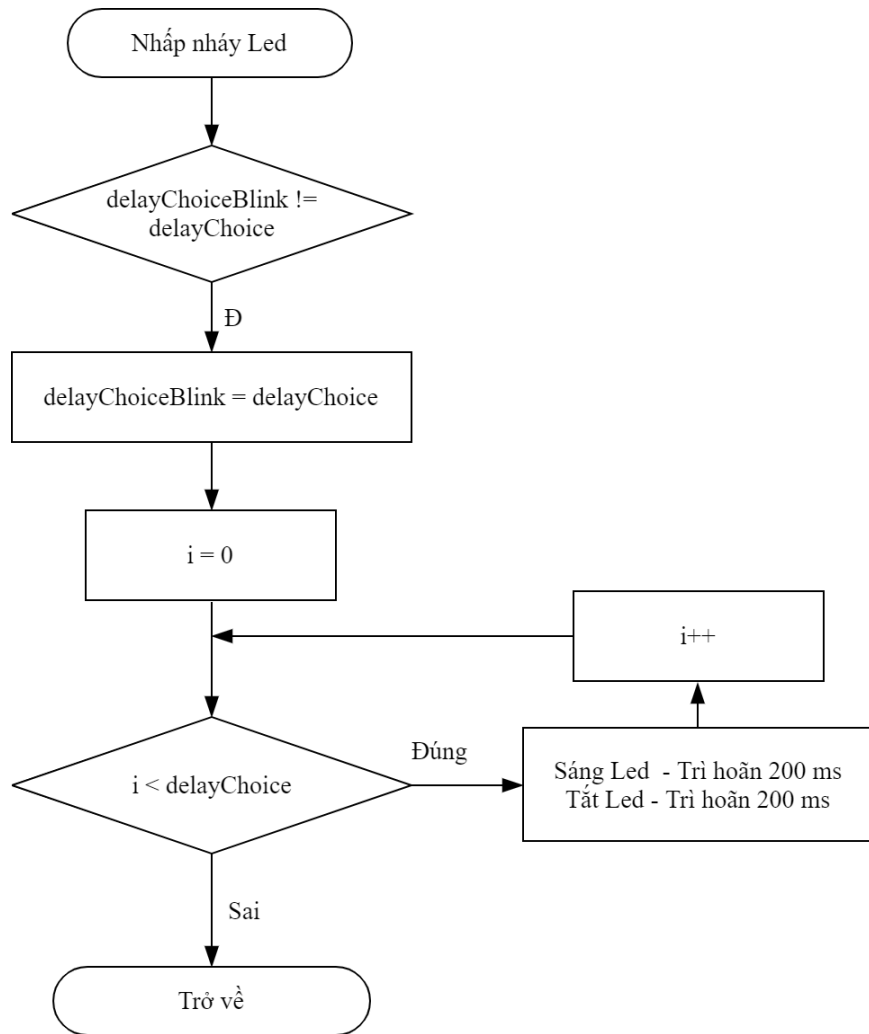


Hình 4.5: Lưu đồ chương trình chính

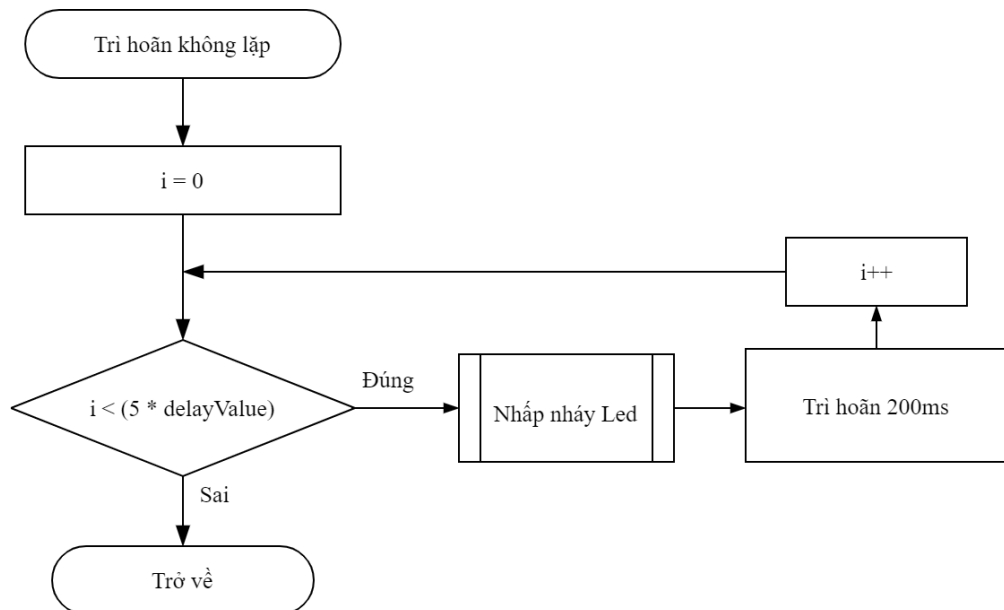
Lưu đồ giải thuật chương trình chính được trình bày ở hình 4.4 và 4.5. Ở đây có các hàm con tự định nghĩa được nêu trong các khối hình chữ nhật có 2 cạnh mỗi bên và được trình bày trong các hình từ 4.6 đến 4.9. Mục đích định nghĩa hàm nhấp nháy LED báo hiệu khi nhấn nút và các hàm trì hoãn là để ở bất kỳ thời điểm nào hoạt động của mạch, hệ thống luôn phản hồi được với thao tác điều chỉnh thời gian của người dùng. Với trì hoãn lặp, hệ thống sẽ tự reset lại biến trì hoãn để kéo dài thêm thời gian sáng đèn khi phát hiện có thêm người mới.



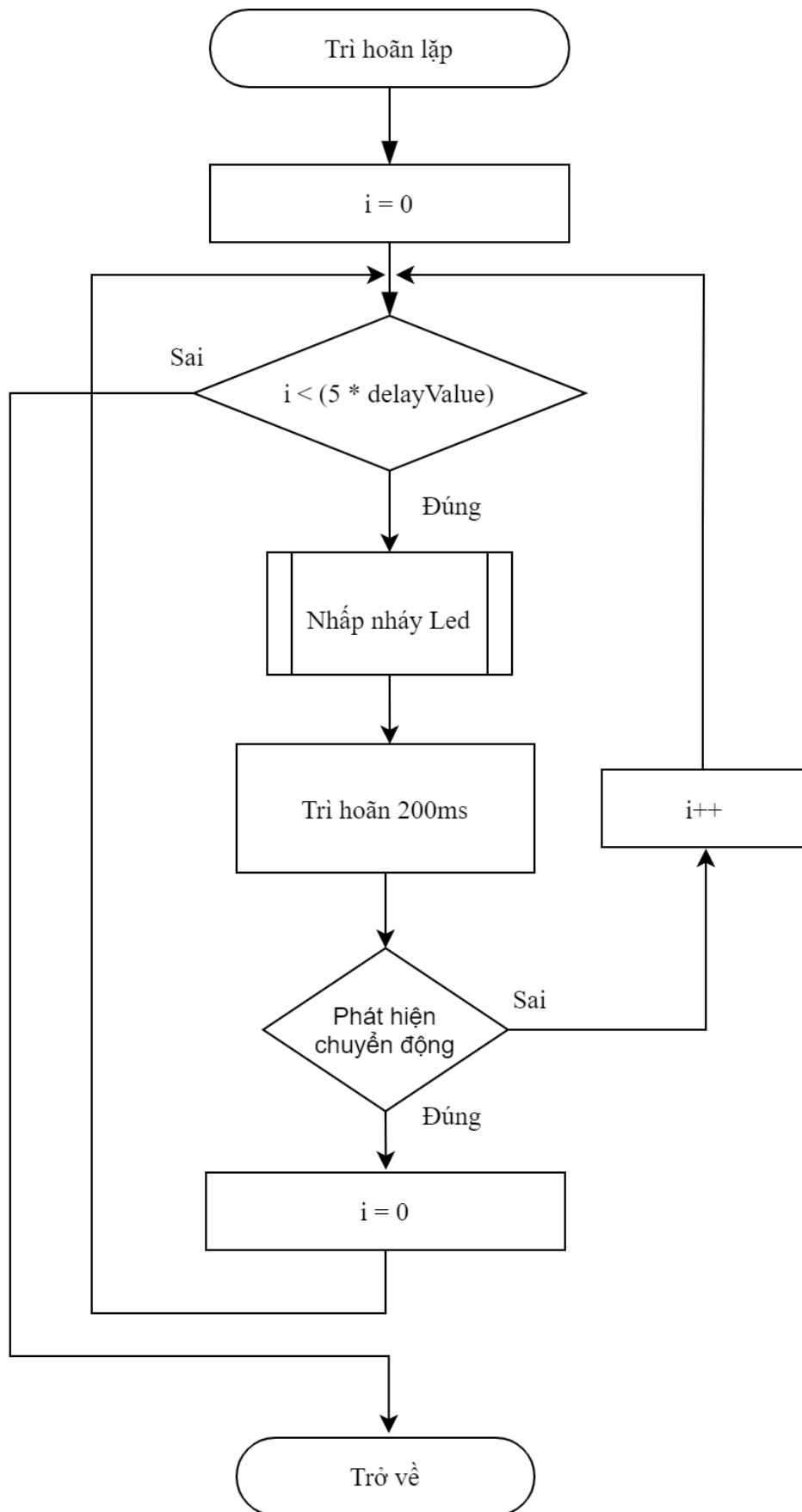
Hình 4.6: Lưu đồ ngắt nút nhấn



Hình 4.7: Lưu đồ nhấp nháy Led



Hình 4.8: Lưu đồ trì hoãn không lặp



Hình 4.9: Lưu đồ trì hoãn lặp

4.3. CHƯƠNG TRÌNH VIẾT BẰNG ARDUINO IDE

```
#include <EEPROM.h>

#define Button 2
#define Led 3
#define LedPower 4
#define Relay 9
#define Pir 10

byte delayArray[3] = {5, 30, 60};
byte delayChoice = EEPROM.read(0);
byte delayChoiceBlink = EEPROM.read(0);

void adjustDelayTime() {
    if (!digitalRead(Button)) {
        delay(20);
        if (!digitalRead(Button)) {
            if (delayChoice < 2) {
                delayChoice++;
                EEPROM.update(0, delayChoice);
            } else {
                delayChoice = 0;
                EEPROM.update(0, delayChoice);
            }
        }
        while (!digitalRead(Button)) {
        }
    }
}
```

```

void setup() {
    pinMode(Button, INPUT_PULLUP);
    pinMode(Led, OUTPUT);
    pinMode(LedPower, OUTPUT);
    digitalWrite(LedPower, HIGH);
    pinMode(Relay, OUTPUT);
    pinMode(Pir, INPUT);
    attachInterrupt(0, adjustDelayTime, FALLING);
}

```

```

void blinkLed() {
    if (delayChoiceBlink != delayChoice) {
        delayChoiceBlink = delayChoice;
        for (int i = 0; i <= delayChoice; i++) {
            digitalWrite(Led, HIGH);
            delay(200);
            digitalWrite(Led, LOW);
            delay(200);
        }
    }
}

```

```

void delayPir(int delayValue) {
    for (int i = 0; i < (5 * delayValue); i++) {
        blinkLed();
        delay(200);
        if (digitalRead(Pir)) {
            i = 0;
        }
    }
}

```

```

    }
}

void delayPirNoRepeat(int delayValue) {
    for (int i = 0; i < (5 * delayValue); i++) {
        blinkLed();
        delay(200);
    }
}

void loop() {
    blinkLed();
    if (digitalRead(Pir)) {
        delay(200);
        if (digitalRead(Pir)) {
            digitalWrite(Relay, HIGH);
            while (digitalRead(Pir)) {
                blinkLed();
            }
            delayPirNoRepeat(3);
            delayPir(delayArray[delayChoice]);
            digitalWrite(Relay, LOW);
        }
    }
}

```

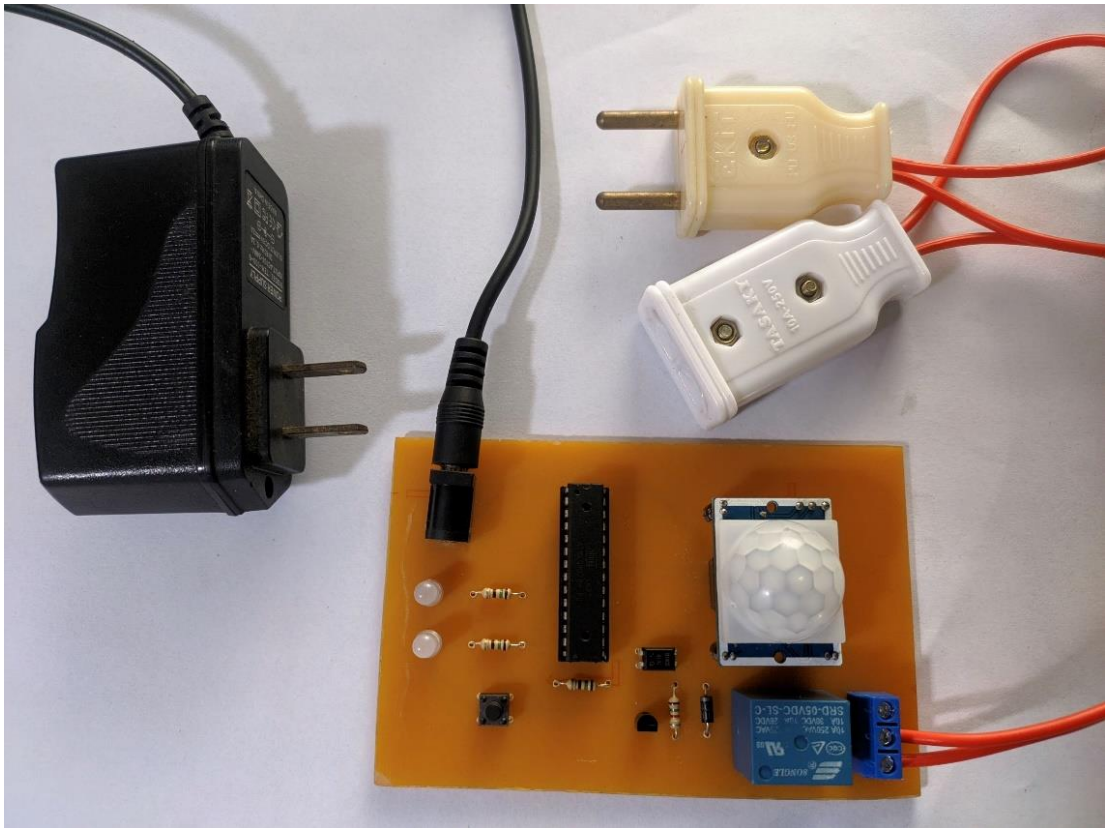
CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ – NHẬN XÉT – ĐÁNH GIÁ

5.1. KẾT QUẢ

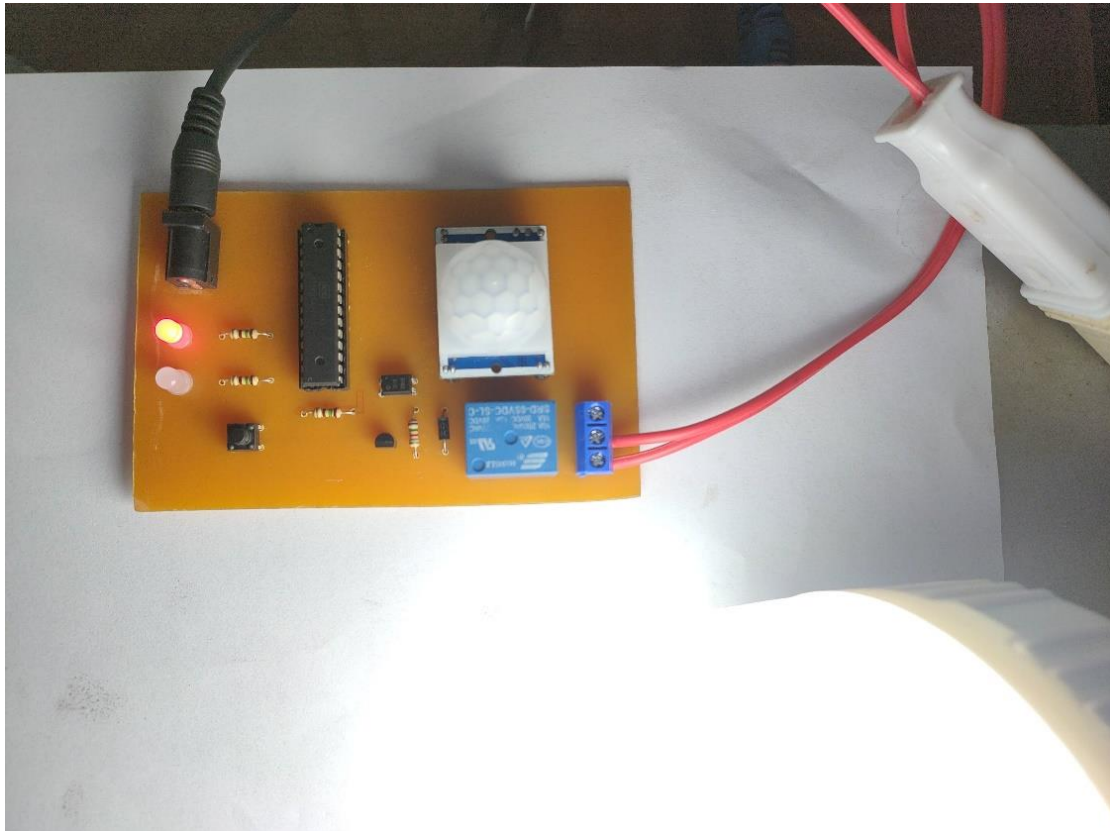
Sau quá trình thực hiện, nhóm đã đạt được những thành công nhất định trong việc tìm đề tài, nghiên cứu các đối tượng liên quan đến đề án, thiết kế và thi công sản phẩm, cụ thể như sau:

- Nghiên cứu và hiểu được cách thức module cảm biến chuyển động PIR hoạt động.
- Tìm hiểu về vi điều khiển ATmega328P và các phần mềm hỗ trợ lập trình kèm theo (Arduino IDE, MiniCore) cũng như các giao thức giao tiếp với vi điều khiển.
- Đưa ra giải thuật về thời gian của hệ thống, tính toán các thông số của mạch để lựa chọn linh kiện phù hợp.
- Thiết kế mạch ứng dụng từ relay để điều khiển đóng cắt thiết bị công suất nhỏ.
- Dùng phần mềm EasyEDA để thiết kế mạch nguyên lý, mạch in, mô phỏng 2D, 3D.

Mạch thực tế sau khi đã thi công như hình 5.1. Mạch sau khi được cấp nguồn hoạt động bình thường, không có hiện tượng chập cháy, quá nhiệt, chỉ khi có chuyển động đèn mới sáng như hình 5.2, sau một thời gian tùy chỉnh thì đèn tự tắt.



Hình 5.1: Mạch tự động tắt đèn thực tế



Hình 5.2: Mạch tự động tắt đèn hoạt động

5.2. NHẬN XÉT, ĐÁNH GIÁ

Sau khi được cấp nguồn, hệ thống cần một khoảng thời gian ngắn để ổn định. Để đánh giá sự chính xác của hệ thống, ta cần đánh giá về mặt cấu hình thời gian và khoảng cách cũng như góc quét tối đa, sự ảnh hưởng của môi trường như ánh sáng mặt trời thông qua bảng 5.1.

Bảng 5.1: Đánh giá sự chính xác của hệ thống

<i>Thông số</i>	<i>Lý thuyết</i>	<i>Thực tế</i>
Thời gian sáng đèn khi chỉ phát hiện 1 chuyển động	6 + 5 giây	11 giây
	6 + 30 giây	36 giây
	6 + 60 giây	66 giây
Thời gian sáng đèn khi phát hiện 2 chuyển động với chuyển động thứ 2 cách 5 giây	6 + 5 giây	11 giây
	6 + 30 giây	36 giây
	6 + 60 giây	66 giây
Thời gian sáng đèn khi phát hiện 1 chuyển động liên tục trong 10 giây	10 + 6 + 5 giây	21 giây
	10 + 6 + 30 giây	46 giây
	10 + 6 + 60 giây	76 giây
Khoảng cách phát hiện	3 mét	2,5 ± 0,5 mét
	5 mét	4,7 ± 0,7 mét
	7 mét	6 ± 1,2 mét
Góc phát hiện ở khoảng cách 5m	125° dọc	112° dọc
	138° ngang	122° ngang
Thời gian sáng và khoảng cách phát hiện khi có ánh sáng mặt trời chiếu vào	6 + 5 giây	11 giây
	5 mét	4 ± 0,5 mét

Thời gian sáng đèn luôn có yếu tố 6 giây là do chương trình đã viết nhằm mục đích bỏ qua thời gian giữ mức cao 3 giây và hạ xuống mức thấp 3 giây của cảm biến sau khi không còn phát hiện chuyển động.

Với việc tinh chỉnh biến trở ở các mức thì khoảng cách thực tế đạt được cũng gần với thông số nhà sản xuất và phù hợp với nhiều mục đích sử dụng.

Hệ thống bị ảnh hưởng bởi ánh sáng mặt trời một chút dẫn đến khoảng cách thu nhận bị giảm nên người dùng cần lưu tâm đặt thiết bị nơi tránh ánh nắng trực tiếp rọi vào, cũng như góp phần bảo vệ thiết bị.

CHƯƠNG 6: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

6.1. KẾT LUẬN

Hệ thống đã giúp việc điều khiển bật tắt đèn một cách dễ dàng và thuận tiện hơn, cung cấp thêm nhiều tùy chọn cho người dùng về mặt thời gian và không gian, thỏa mãn mục tiêu ban đầu của đề tài. Tuy nhiên, hệ thống vẫn còn một số hạn chế như không thể hiệu chỉnh thời gian sáng tắt đèn một cách bất kỳ, điều chỉnh khoảng cách thu nhận phải vận biến trở và ước lượng.

6.2. HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Với đề tài đã chọn, có rất nhiều hướng cải thiện và phát triển:

- Thiết kế lại mạch điện có chức năng tương đương IC BISS0001 với các giá trị thời gian sáng tắt, khoảng cách thu nhận có thể tùy chỉnh linh hoạt qua vi điều khiển, không cần tinh chỉnh biến trở.
- Kết nối hệ thống đến máy chủ để ghi lại nhật ký bật tắt đèn.
- Ứng dụng vào nhà thông minh, tùy chỉnh các thông số từ xa thông qua điện thoại hoặc web, bổ sung chế độ cảnh báo đột nhập khi ra khỏi nhà.
- Cải tiến thêm thuật toán và phương pháp bố trí để có thể lắp được cho cả những nơi cần thấp sáng liên tục như phòng khách, phòng học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thị Hòa – Nguyễn Văn Hợp – Tống Quang Long, “Hệ thống bật tắt đèn thông minh dành cho các phòng họp sử dụng thu phát hồng ngoại và vi xử lý”, Đồ án môn học Hệ thống nhúng, ĐH Kỹ Thuật Công Nghiệp Thái Nguyên, 2011.
- [2] Lê Văn Duẩn – Nguyễn Đức Tuấn, “Hệ thống bật tắt đèn tự động”, Đồ án 1, ĐH Bách Khoa Hà Nội, 2016.
- [3] Dejan, “How PIR Sensor Works and How To Use It with Arduino”, 23/09/2015.
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-pir-sensor-works-and-how-to-use-it-with-arduino>
- [4] James Byrnes, “Unexploded Ordnance Detection and Mitigation”, Springer, 12/12/2008.
- [5] Nicolas Kruse, “Pyroelektrischer Sensor für Bewegungsmelder”, 11/02/2007.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pyrosensor.jpg>
- [6] Thế Giới IC, “RE200B Cảm Biến Chuyển Động PIR”.
<https://www.thegioiic.com/products/re200b-cam-bien-chuyen-dong-pir>
- [7] Adafruit Industries, “RE200B Datasheet”.
- [8] Pko, “Comparison between Fresnel lens (1) and normal lens (2)”, 25/04/2006.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fresnel_lens.svg
- [9] Adafruit Industries, “How PIRs Work”, 28/01/2014.
<https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work>
- [10] Adafruit Industries, “NL11NH Datasheet”.
- [11] Adafruit Industries, “BISS0001 Datasheet”.
- [12] ETC, “HC-SR501 Datasheet”.
- [13] Microchip Technology Incorporated, “ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P Datasheet”, 10/2018.
- [14] Nguyễn Đình Phú – Nguyễn Trường Duy, “Giáo trình Kỹ thuật số”, NXB ĐHQG TP. HCM, 2013.

- [15] T. K. Hareendran, “AVR Bootloader – Tutorial #18”.
<https://www.electroschematics.com/avr-bootloader>
- [16] MCUdude, “MiniCore”, 12/04/2020.
<https://github.com/MCUdude/MiniCore>
- [17] Ningbo Songle Relay Co.,ltd, “SRD Series Datasheet”.
- [18] Giorgos Lazaridis, “How Relays Work”, 13/03/2010.
https://www.pcbheaven.com/wikipages/How_Relays_Work
- [19] Trần Thu Hà và cộng sự, “Giáo trình Điện tử cơ bản”, NXB ĐHQG TP. HCM, 2013.
- [20] Sharp, “PC817C Datasheet”.