

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP.HỒ CHÍ MINH

-----o0o-----



BÀI TẬP LỚN

MÔN THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

ĐỀ TÀI : SMART LIGHT VIA MOTION SENSOR

GVHD: THẦY BÙI QUỐC BẢO

NHÓM : 14

HỌC KỲ :241

DANH SÁCH THÀNH VIÊN:

STT	Họ và Tên	MSSV	Chữ ký
1	Lê Thành Trung	2012306	
2	Dương Hùng Quang	2114496	
3	Hà Phúc Đạt	2210668	

TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2024

LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại công nghệ phát triển vượt bậc, các giải pháp thông minh ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong cuộc sống hàng ngày. Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 với sự xuất hiện của Internet vạn vật (IoT) đã mở ra nhiều cơ hội mới cho việc xây dựng các hệ thống tự động hóa, tối ưu hóa nguồn lực và nâng cao chất lượng cuộc sống. Một trong những lĩnh vực ứng dụng nổi bật của công nghệ thông minh là hệ thống chiếu sáng, đặc biệt trong bối cảnh nhu cầu tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường ngày càng cấp thiết.

Hệ thống chiếu sáng truyền thống, tuy phổ biến và đơn giản trong thiết kế, thường gặp phải hạn chế lớn về khả năng tiết kiệm năng lượng. Việc sử dụng đèn chiếu sáng liên tục, ngay cả khi không cần thiết, không chỉ gây lãng phí điện năng mà còn làm tăng chi phí vận hành và ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường. Chính vì vậy, nhu cầu cải tiến hệ thống chiếu sáng theo hướng tự động hóa, thông minh và tiết kiệm năng lượng đã trở thành một trong những mục tiêu quan trọng của ngành công nghiệp hiện nay.

Đèn thông minh tích hợp cảm biến chuyển động một giải pháp sử dụng hệ thống nhúng để kiểm soát hoạt động của đèn chiếu sáng thông qua cảm biến chuyển động. Khi phát hiện sự hiện diện của con người, hệ thống sẽ tự động bật đèn, và khi không có chuyển động, đèn sẽ tắt sau một khoảng thời gian được thiết lập trước. Bằng cách này, hệ thống không chỉ đảm bảo hiệu quả sử dụng năng lượng mà còn mang lại sự tiện lợi và hiện đại cho người dùng.

Đèn thông minh tích hợp cảm biến chuyển động không chỉ dừng lại ở mục đích tiết kiệm năng lượng mà còn mở ra khả năng ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như nhà thông minh (smart home), văn phòng, khu vực công cộng, hay trong các không gian yêu cầu sự linh hoạt về ánh sáng. Hơn nữa, việc áp dụng công nghệ cảm biến và các thuật toán nhúng giúp hệ thống vận hành một cách chính xác, ổn định và có khả năng tùy chỉnh cao, phù hợp với nhiều môi trường sử dụng khác nhau.

Với sự kết hợp giữa lý thuyết và thực hành, đề tài này không chỉ giúp giải quyết các vấn đề hiện hữu trong hệ thống chiếu sáng truyền thống mà còn mở ra nhiều tiềm năng phát triển các sản phẩm thông minh trong tương lai. Đây sẽ là bước đi nhỏ nhưng ý nghĩa trong việc xây dựng một thế giới hiện đại, tiết kiệm và thân thiện với môi trường.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm xin gửi lời cảm ơn chân thành đối với thầy Bùi Quốc Bảo, Giảng viên trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, đã tạo điều kiện cho chúng em có nhiều thời gian cho môn học Thiết kế Hệ thống nhúng. Và đồng thời chúng em cũng xin chân thành cảm ơn thầy đã nhiệt tình hướng dẫn hướng dẫn giúp nhóm em hoàn thành tốt Bài tập lớn này.

Trong quá trình học tập, cũng như là trong quá trình làm bài báo cáo Bài tập lớn, do điều kiện khó khăn và thời gian gấp rút, khó tránh khỏi sai sót, rất mong Thầy có thể thông cảm. Đồng thời do trình độ lý luận cũng như kinh nghiệm thực tiễn còn hạn chế nên bài báo cáo không thể tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong nhận được ý kiến đóng góp từ Thầy để em học thêm được nhiều kinh nghiệm và sẽ hoàn thành tốt những Đồ án, Luận văn tốt nghiệp trong tương lai.

Nhóm xin chân thành cảm ơn Thầy!

Chúc Thầy sức khỏe và thành đạt.

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 12 năm 2024

Nhóm sinh viên

Nhóm 14 – L01

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
LỜI CẢM ƠN	2
PHẦN 1 : GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	4
I. Product requirement	4
II. Design Specification :.....	6
III. Hardware Specification :.....	7
IV. Software Specification :.....	8
V. Test Specification :.....	8
VI. Embedded System Design Issues	9
VII. Team Contract :.....	9
VIII. Project Plan :.....	10
PHẦN 2 : THIẾT KẾ	11
I. Phần cứng :.....	11
II. Phần mềm :.....	14
III. App điện thoại ANDROID :.....	15
IV. Tesing :.....	19
PHẦN 3 : KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	20
V. Kết luận :.....	20
VI. Hướng phát triển :	20
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	21

PHẦN 1 : GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

I. Product requirement

Tên sản phẩm : Smart light via motion sensor

Mục đích :

Tiết kiệm năng lượng, giảm tiêu thụ điện năng khi không có người sử dụng.

Không cần bật/ tắt đèn thủ công, tự động chiếu sáng khi có người di chuyển vào khu vực tối, tạo sự thuận tiện trong sinh hoạt → Giải quyết các mặt hạn chế của những nơi thiếu ánh sáng hay những cách đóng, khóa thông thường.

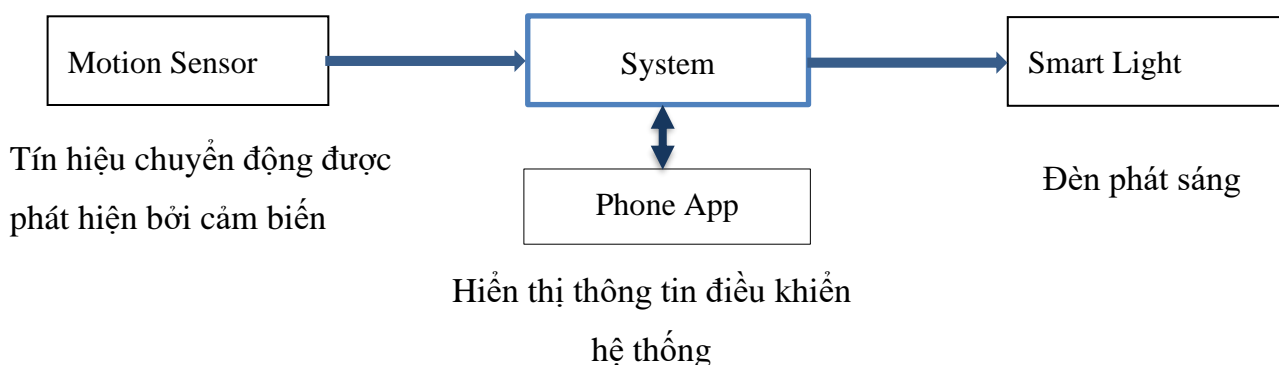
Cảnh báo khi có chuyển động bất thường, tăng cường an ninh. Giảm nguy cơ tai nạn do va chạm hoặc té ngã trong môi trường thiếu sáng.

Tiện lợi, dễ sử dụng, hiện đại, phù hợp với thị trường.

Ngõ vào/ra :

INPUT :

OUTPUT :



Môi trường sử dụng :

Dùng cho nhà ở, công trình công cộng (bãi xe, nhà vệ sinh công cộng, ...) để tăng tính tiện lợi, khả năng quản lý tốt, tối ưu hóa và phối hợp tốt đối với các thiết bị bảo vệ an ninh khác.

Dùng cho cửa hàng, kho hàng, nhà máy, xí nghiệp mang tính hiện đại, đảm bảo an toàn, tối ưu năng lượng, phát hiện chuyển động và cảnh báo nguy cơ đột nhập.

Chức năng :

Phát hiện chuyển động

Tự động bật và tắt đèn

Điều chỉnh được độ sáng

Điều khiển từ xa

Điều chỉnh mức nhạy cảm biến

Hiệu năng : 80 – 120 lux/W

Chi phí sản xuất :

STT	Tên linh kiện	Số Lượng	Đơn giá	Thành tiền
1	Cảm biến chuyển động (PIR Motion Sensor)	1	20.000đ	20.000đ
2	Đèn thông minh (LED Smart Light)	1	3.000đ	3.000đ
3	Bộ xử lý trung tâm (ESP32)	1	110.000đ	110.000đ

Giá thành sản phẩm: nhỏ hơn 150.000 VND

Công suất : nhỏ hơn 9W

Kích thước/trọng lượng : nhỏ hơn 1 kg

Trường hợp sử dụng :**Mô tả vắn tắt :**

Người dùng bước vào khu vực quét của cảm biến chuyển động, đèn sẽ tự động bật lên.

Khi người dùng thoát khỏi khu vực quét của cảm biến, đèn sẽ tắt.

Điều kiện cần trước khi sử dụng : Không

Thông tin cơ bản của hệ thống :

Mặc định ban đầu đèn tắt.

Khoảng cách phát hiện chuyển động mặc định là 1m, có thể thay đổi trong app.

Người dùng có thể bật/tắt đèn kể cả khi không trong phạm vi của cảm biến.

Hệ thống phát cảnh báo qua app điện thoại khi có người vào trong phạm vi cảm biến.

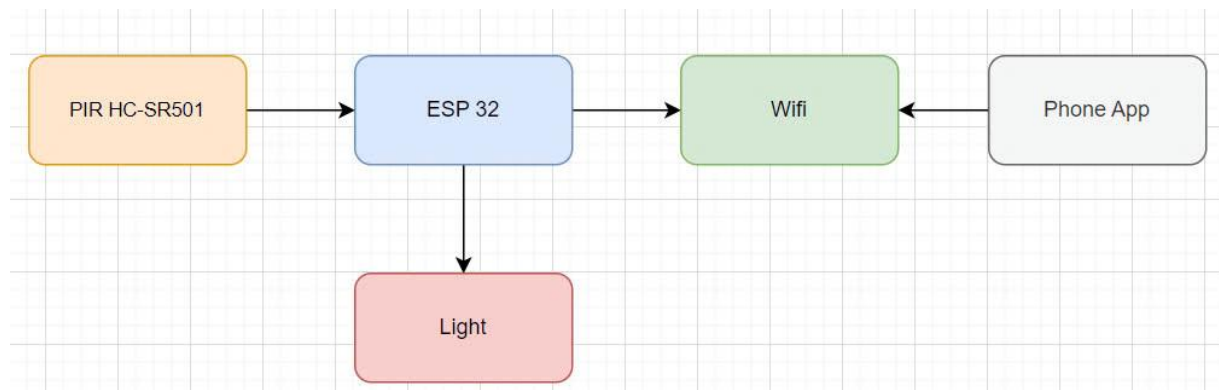
Cài đặt :

Lắp đặt hệ thống ở trên trần nhà, ở nhưng nơi tối tăm hoặc xa công tắc bật/tắt đèn.

Lắp đặt cảm biến ở nơi cần quét người qua lại, nơi thoáng đãng để đạt hiệu quả tốt nhất.

II. Design Specification :

Sơ đồ khối hệ thống :



Các phần cứng đã dùng:

ESP32 – WROOM – 32 ;

ESP32-WROOM-32 là một module Wi-Fi và Bluetooth tích hợp, thiết kế nhỏ gọn, hiệu năng cao và chi phí hợp lý



PIR Motion Sensor (HC-SR501) :

Cảm biến chuyển động hồng ngoại thụ động (PIR - Passive Infrared Sensor) được thiết kế để phát hiện chuyển động của các vật thể phát ra nhiệt trong môi trường, chẳng hạn như con người hoặc động vật, là linh kiện phổ biến trong các ứng dụng tự động hóa, bảo mật, và tiết kiệm năng lượng nhờ vào sự chính xác và độ tin cậy cao.



Phạm vi hoạt động rộng, có thể phát hiện chuyển động trong khoảng cách từ 3 đến 7 mét (tùy chỉnh được) và góc quét lên đến 120 độ. Tiết kiệm năng lượng và dễ dàng tích hợp với các vi điều khiển như Arduino, ESP8266, ESP32, và Raspberry Pi,...

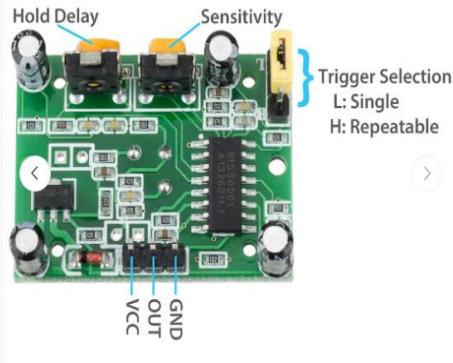


Sơ đồ chân :

1 : VDD

2 : OUTPUT

3 : GND



LED :

LED là các diode có khả năng phát ra ánh sáng hay tia hồng ngoại, tử ngoại. Công nghệ LED là công nghệ chiếu sáng bằng 2 điện cực với sự hỗ trợ của các loại vật liệu bán dẫn và công nghệ nano.

Thuộc tính	Giá trị
Màu LED	Đỏ
Loại	5mm
Màu lens	Lens màu
Kiểu lens	Tròn



III. Hardware Specification :

Number	Tên thiết bị	Mô tả	Note
1	Cảm biến chuyển động (PIR Motion Sensor)	Phát hiện chuyển động trong khu vực giám sát.	Phần cứng, giao tiếp qua GPIO
2	Đèn thông minh (LED Smart Light)	Cung cấp ánh sáng khi có chuyển động.	Phần cứng, kết nối được với Bluetooth

3	Bộ xử lý trung tâm (ESP32)	Xử lý tín hiệu từ cảm biến và điều khiển hoạt động của đèn.	Phần cứng (có thể lập trình, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth)
4	Cơ chế thông báo	Gửi thông báo đến ứng dụng di động khi có chuyển động được phát hiện.	Phần mềm, có thể giao tiếp qua ứng dụng điện thoại

IV. Software Specification :

Tên phần mềm	Nhà sản xuất/link	Đăng kí bản quyền	Ứng dụng
Proteus 8 Professional	Labcenter Electronics Ltd	Không	Mô phỏng sơ đồ nguyên lý phần cứng với thư viện lớn và đa dạng
Kicad 8.0	Thiết kế bởi Jean-Pierre Charras	Không	Thiết kế schematic, PCB dành cho mạch in
Microchip Studio	Microchip Technology	Không	Hỗ trợ viết code bằng ngôn ngữ C
Web MIT App inventor	https://appinventor.mit.edu/	Không	Thiết kế giao diện app điện thoại và thuật toán giao thức MQTT thực hiện giao tiếp dữ liệu IoT.

V. Test Specification :

Device:

Voltage meter

Breadboard

Test Processing:

Kiểm tra độ nhạy cảm biến

- Thực hiện kiểm tra với nhiều mức nhiệt độ cơ thể khác nhau (ví dụ: người mặc áo dày, áo mỏng).
- Kiểm tra khoảng cách phát hiện (tối đa 5m).

Kiểm tra ứng dụng di động:

- Đăng nhập và điều chỉnh các thông số cảm biến qua ứng dụng.

- Kiểm tra thông báo bật/tắt đèn qua ứng dụng.

Tiêu chí đánh giá:

- Đèn phải bật khi có chuyển động trong khoảng thời gian quy định.
- Đèn phải tắt khi không phát hiện chuyển động trong thời gian cài đặt.
- Ứng dụng phải phản hồi nhanh chóng và chính xác với các lệnh.

Báo cáo kết quả kiểm tra:

- Ghi lại tất cả các kết quả kiểm tra, bao gồm cả thành công và lỗi.
- Đánh giá các vấn đề phát sinh và đề xuất giải pháp khắc phục.

VI. Embedded System Design Issues

Constraints:

No.	Constraints
1	Giá thành thấp (<200.000 VNĐ)
2	Tuổi thọ cao (2-3 năm)
3	Khối lượng thấp (<1kg)
4	Thời gian phản hồi tác vụ nhanh (<0.3s)

Functions:

- Giao diện cụ thể, dễ thao tác, không cần có sách hướng dẫn chi tiết.
- Thiết kế cấu trúc và mạch để dễ dàng trong việc lắp đặt cũng như bảo quản tốt nguồn pin cung cấp.
- Cần thông báo và cài đặt app trên điện thoại.

Real-time system:

- Hệ thống được xếp vào loại soft real-time, thời gian trễ cho phép 100ms.

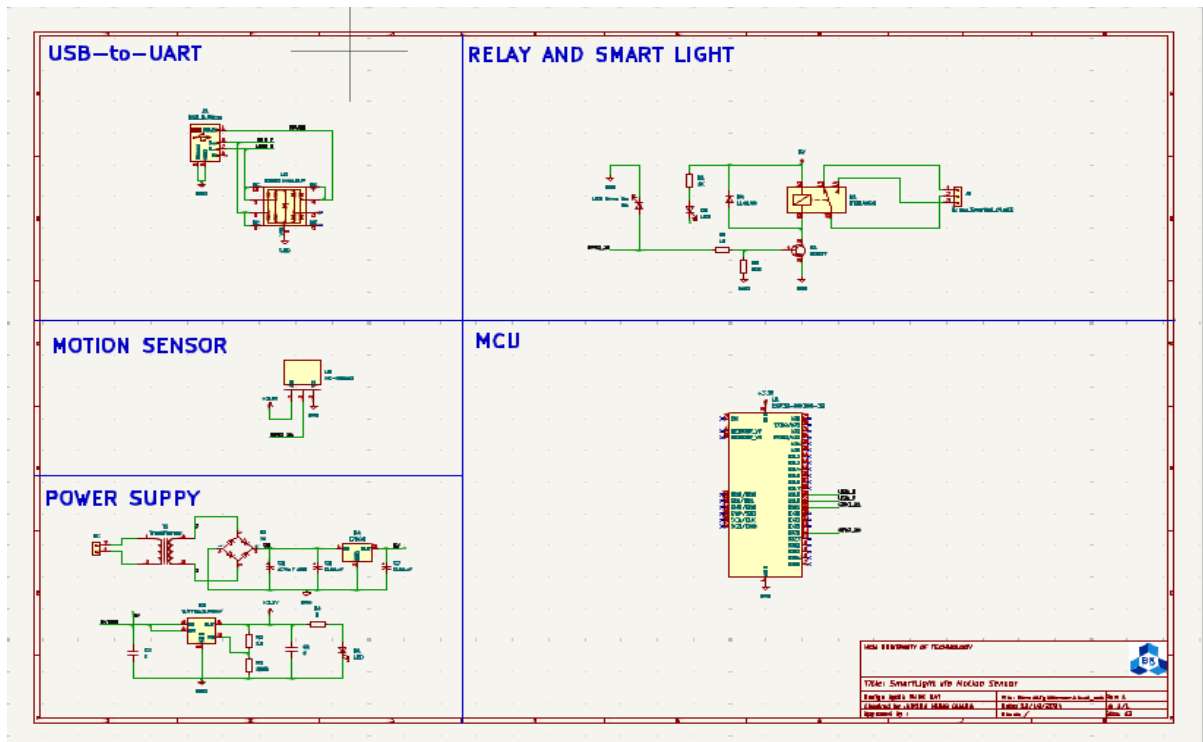
VII. Team Contract :

Team name		Date:
Team members	Roles	Signatures
Lê Thành Trung	Trưởng nhóm, thiết kế hệ thống	
Hà Phúc Đạt	Thiết kế phần mềm	

PHẦN 2 : THIẾT KẾ

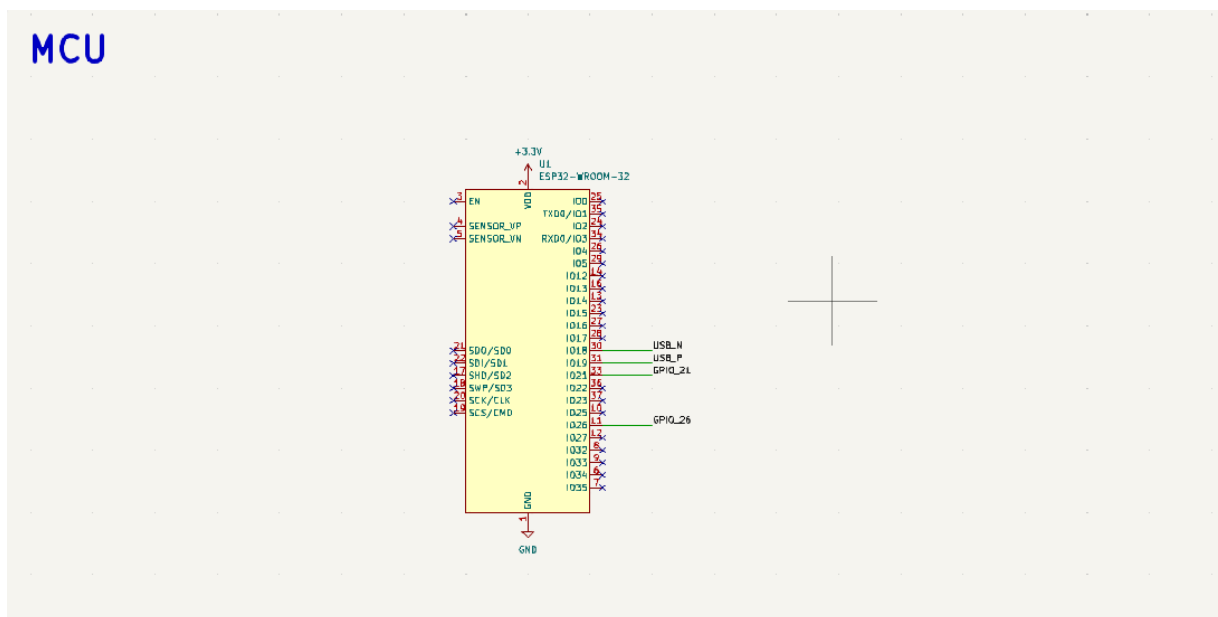
I. Phần cứng :

Sơ đồ nguyên lý :



Thông số mạch :

MCU ESP32_WROOM_32 :



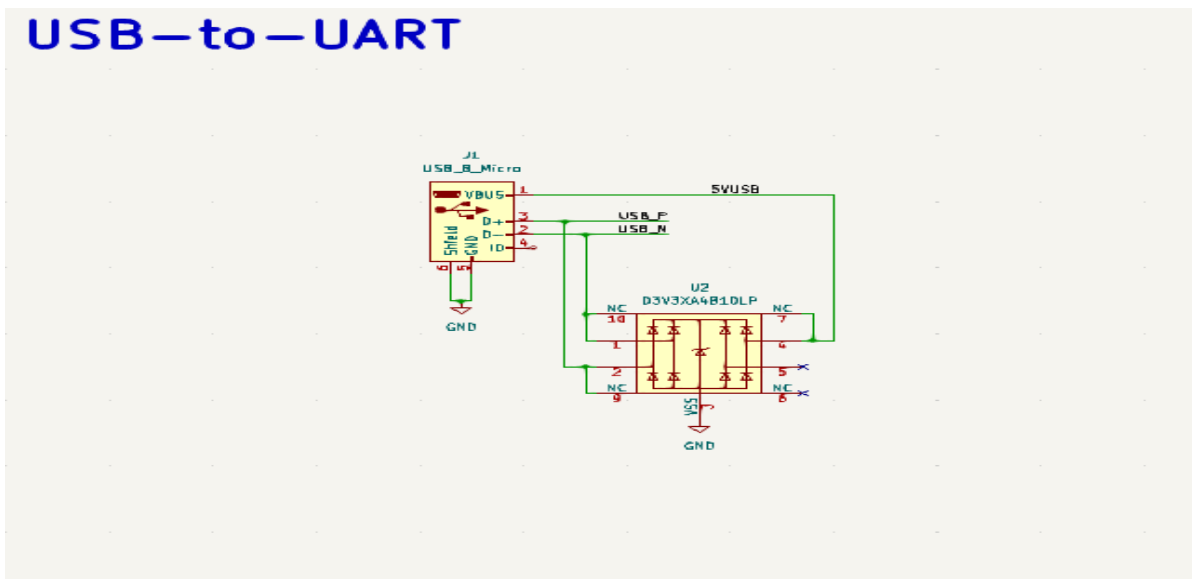
Tần số xung nhịp: Lên đến 240 MHz

Flash: 4 MB SPI Flash (có thể thay đổi tùy module)

Nguồn cấp điện áp hoạt động tối ưu: 3.3V

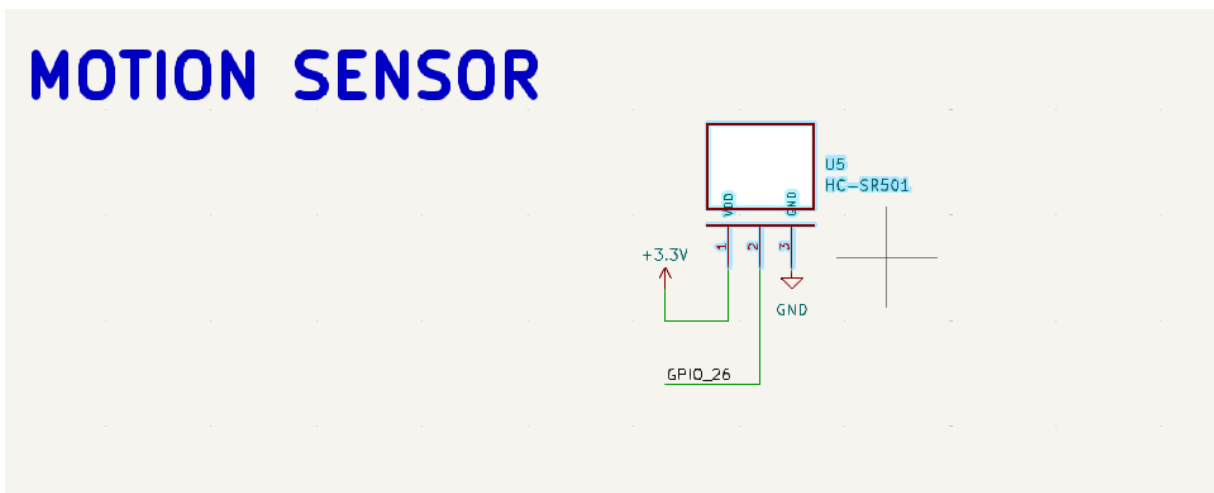
Kết nối Wi-Fi: Chuẩn: 802.11 b/g/n, Tần số: 2.4 GHz, Hỗ trợ chế độ AP (Access Point), STA (Station), AP+STA

Khối USB – to – UART :



Cổng USB kết nối ESP32 với máy tính

Khối MOTION SENSOR :

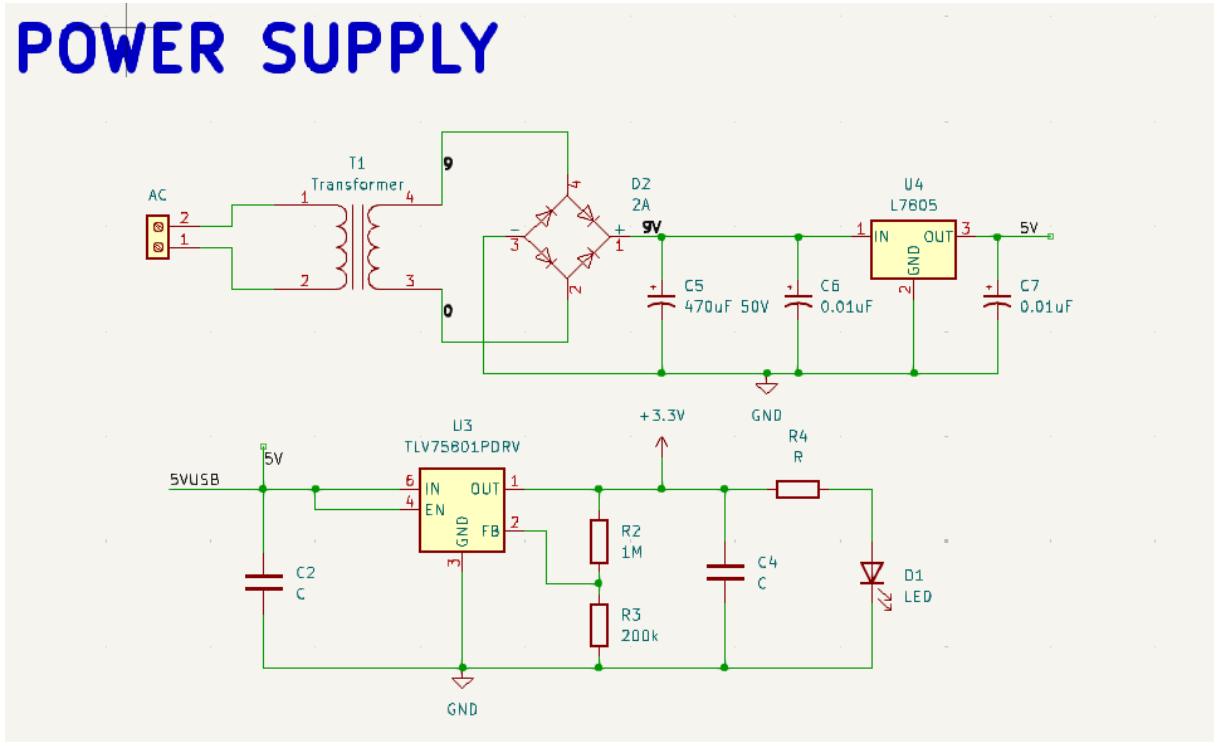


Điện áp hoạt động : 3.3V

Output nối với GPIO 26 của ESP32.

Thời gian kích hoạt (Hold Time): Có thể điều chỉnh từ 5 giây đến 5 phút thông qua biến trở.

Khối POWER SUPPLY :

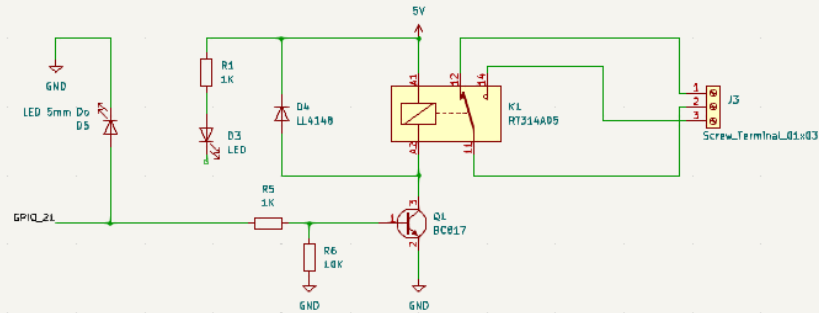


Máy biến áp (T1) hạ điện áp AC xuống mức 9V, cầu chỉnh lưu (D2) đưa điện áp AC về điện áp DC.

IC ổn áp (L7805) ổn định điện áp đầu ra ở mức 5V qua bộ ổn áp 3.3V để có điện áp ra là 3.3V cung cấp nguồn cho các khối khác.

Khối SMART LIGHT :

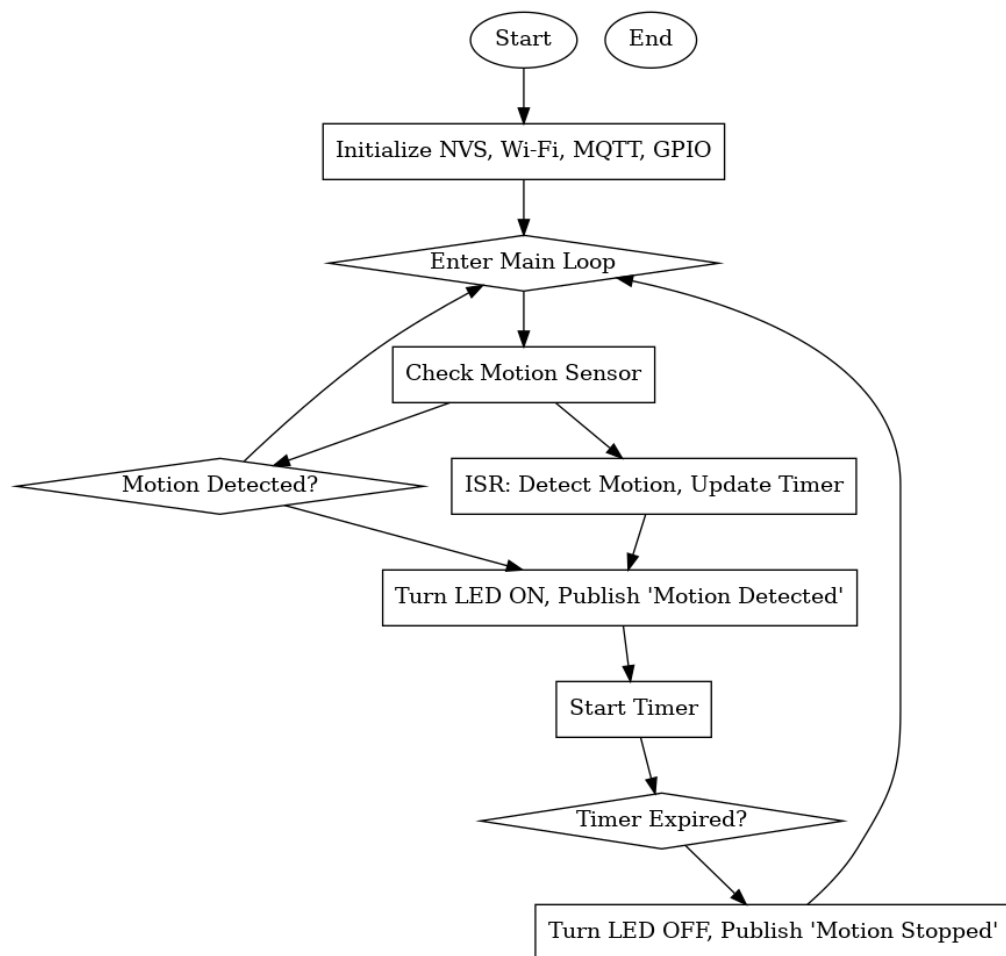
RELAY AND SMART LIGHT



GPIO26 được kết nối với LED, RELAY dùng để bảo vệ đèn LED.

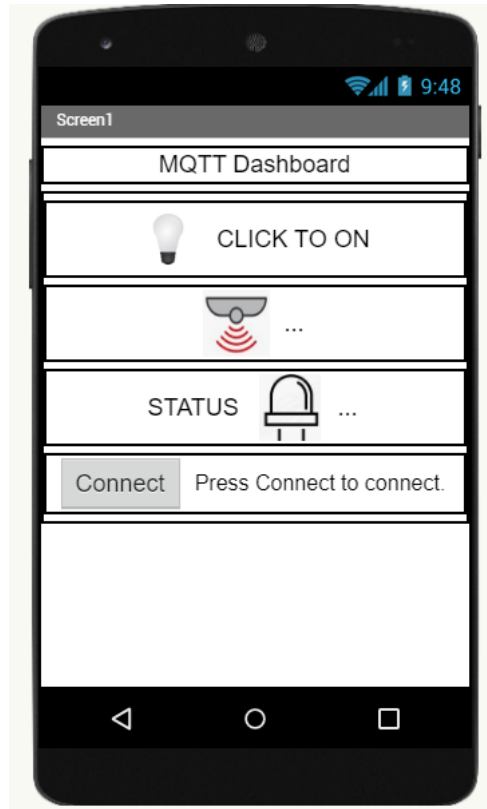
II. Phần mềm :

Lưu đồ giải thuật :



III. App điện thoại ANDROID :

Giao diện :



Nút CLICK TO ON/OFF để bật/tắt đèn trong trường hợp không trong phạm vi cảm biến.

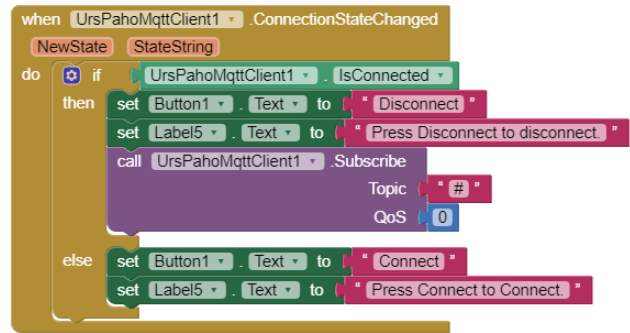
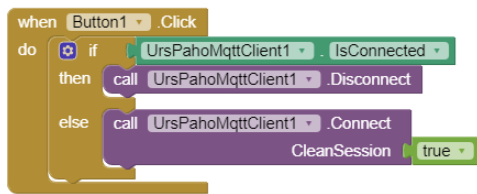
Trạng thái cảnh báo sẽ hiện Motion Detected khi cảm biến chuyển động phát hiện có người. Ngược lại, hiển thị Motion Stopped.

STATUS hiển thị trạng thái thực tế của đèn LED.

Nút Connect để kết nối giao thức MQTT với hệ thống và hiển thị trạng thái Connect hoặc Disconnect.

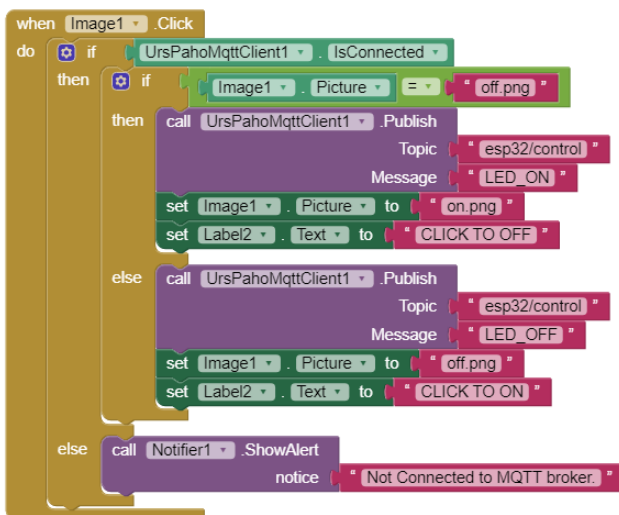
Block design :

Block kiểm tra kết nối:



Ý tưởng : khi nhấn nút Connect (Button2) app sẽ kết nối với hệ thống, đồng thời Subcraibe vào tất cả các topic hiện có (nếu không Subcraibe thành công sẽ hiển thị trạng thái chưa kết nối) Ấn Disconnect để ngắt kết nối.

Block hiển thị :



Ý tưởng : Khi nút CLICK TO ON/OFF (Hình bóng đèn) được nhấn, app sẽ set đèn sáng (ON), ấn lần nữa để app set đèn tắt (OFF). Nếu nhấn nút mà đèn không bật/ không tắt, thông báo sẽ được gửi “ NOT connectto MQTT” .

Khi tín hiệu chuyển động từ cảm biến được gửi đến app, ảnh cảnh báo “Motion Detected” sẽ hiển thị, nếu không có thì sẽ hiển thị “Motion Stopped”.

Tín hiệu STATUS sẽ hiển thị trạng thái thực tế của LED.

IV. Broker MQTT:

The screenshot shows the HiveMQ Cloud console. The 'Cluster Details' section at the top displays the cluster name '59188690b6d4709b6792842acc1a77f', the plan 'Serverless', and the cloud provider 'aws'. Below this, the 'Connection Details' section provides the following information:

Field	Value
URL	59188690b6d4709b6792842acc1a77f.s1.eu.hivemq.cloud
Port	8883
Websocket Port	8884
TLS MQTT URL	59188690b6d4709b6792842acc1a77f.s1.eu.hivemq.cloud:8883
TLS Websocket URL	59188690b6d4709b6792842acc1a77f.s1.eu.hivemq.cloud:8884/mqtt

V.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức truyền thông nhẹ, được thiết kế để trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị IoT (Internet of Things). Nó hoạt động theo mô hình Publish/Subscribe (xuất bản/đăng ký), trong đó:

- + Publish (Xuất bản): Thiết bị gửi thông tin lên một chủ đề (topic), ví dụ: "esp32/motion" hoặc "esp32/led_status".
- + Subscribe (Đăng ký): Các thiết bị hoặc ứng dụng khác đăng ký nhận thông báo từ một hoặc nhiều chủ đề (topic). Khi có dữ liệu mới, chúng sẽ nhận được ngay lập tức.
- + Broker (Máy chủ trung gian): Đây là nơi các thiết bị gửi và nhận dữ liệu. Ví dụ: HiveMQ Cloud (như trong dự án).

Trong dự án của bạn, MQTT được sử dụng để trao đổi dữ liệu giữa ESP32 và ứng dụng điện thoại:

- ESP32 → Ứng dụng: Gửi thông tin trạng thái chuyển động (từ PIR): "Motion detected" hoặc "Motion stopped". Gửi trạng thái LED (Bật/Tắt): "LED_ON" hoặc "LED_OFF".
- Ứng dụng → ESP32: Điều khiển bật/tắt đèn LED bằng cách gửi lệnh "LED_ON" hoặc "LED_OFF".

Web Client

Connect to your HiveMQ Cloud Cluster to debug and test out your use-case with our MQTT client in real time. It allows you to publish, subscribe, and receive messages across various topics within your cluster.

Connection Settings

Connect to your HiveMQ Cloud Cluster with your credentials. Do not worry you can quickly connect with autogenerated credentials.

Username * Password *

test3 12345678Ad

Disconnect

The WebClient is connected

Topic Subscriptions

Subscribe to topics to receive messages from the HiveMQ cluster. You can also set the Quality of Service (QoS) for each topic. The higher the QoS, the more reliable the message delivery is. You can always subscribe to the (#) wildcard to receive all messages.

TOPIC	QoS	ACTIONS
<input type="text" value="Topic Name"/>	<input type="text" value="QoS: 0"/>	<input type="button" value="Subscribe"/>

Unsubscribe from all topics

Send Message

If you cannot see any messages, make sure you are subscribed to the correct topics. You can always subscribe to the (#) wildcard to receive all messages.

Message *

LED_OFF

Topic * QoS *

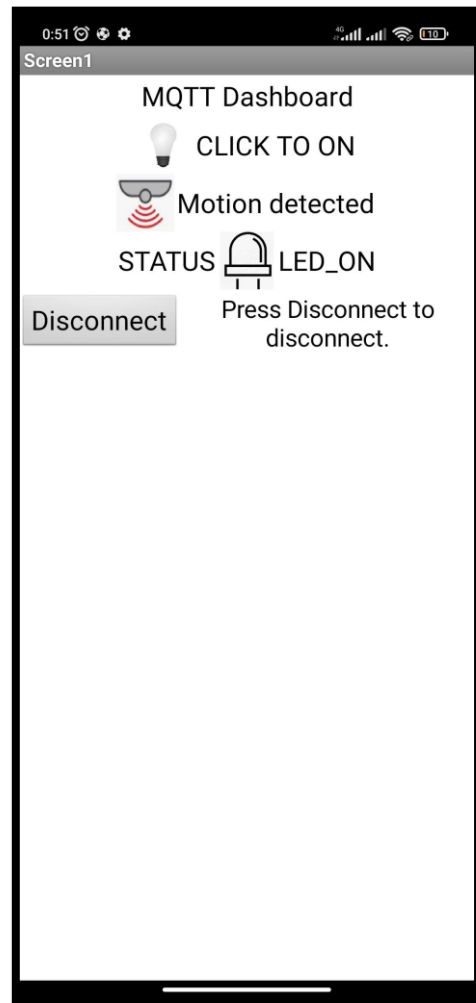
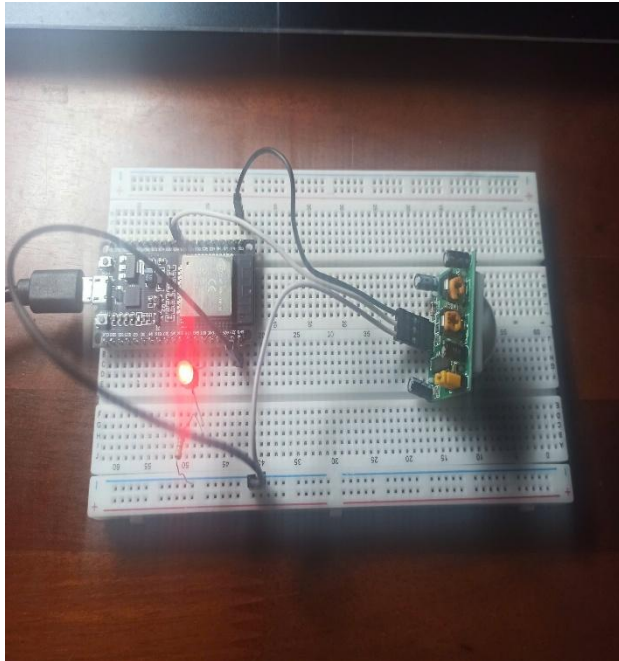
esp32/control QoS: 0

Send Message

Messages

0	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
1	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
2	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
3	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
4	Topic: esp32/motion	QoS: 0
	Motion stopped	
5	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
6	Topic: esp32/motion	QoS: 0
	Motion detected	
7	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
8	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
9	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
10	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
11	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_ON	
12	Topic: esp32/motion	QoS: 0
	Motion stopped	
13	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
14	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
15	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
16	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
17	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
18	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
19	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
20	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	
21	Topic: esp32/led_status	QoS: 0
	LED_OFF	

VI. Tesing :



Tiêu chí đánh giá:

- Đèn phải bật khi có chuyển động trong khoảng thời gian quy định.
- Đèn phải tắt khi không phát hiện chuyển động trong thời gian cài đặt.
- Ứng dụng phải phản hồi nhanh chóng và chính xác với các lệnh.

Các mục Test		ĐẠT	KHÔNG ĐẠT	Nguyên nhân
Device	PIR Motion Sensor	ĐẠT		
	LED	ĐẠT		
	ESP32	ĐẠT		
Kiểm tra độ nhạy cảm biến	Thực hiện kiểm tra với nhiều mức nhiệt độ cơ thể khác nhau (ví dụ: người mặc áo dày, áo mỏng).	ĐẠT		

	Kiểm tra khoảng cách phát hiện (tối đa 5m).	ĐẠT		
Kiểm tra ứng dụng di động:	Đăng nhập và điều chỉnh các thông số cảm biến qua ứng dụng.	ĐẠT		
	Kiểm tra thông báo bật/tắt đèn qua ứng dụng.	ĐẠT		

PHẦN 3 : KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

VII. Kết luận :

Thiết bị đơn giản, tiện lợi chi phí sản xuất tương đối thấp và phù hợp với nhu cầu sử dụng hiện nay, đặc biệt là ở các nơi cần tính bảo mật, ánh sáng.

Dễ dàng lắp đặt, vận hành.

Công suất thấp, khả năng chịu được các điều kiện khắc nghiệt ngoài trời.

Có độ chính xác cao, an toàn, dễ sử dụng.

VIII. Hướng phát triển :

Ở đây nhóm sử dụng MCU ESP32 – WROOM - 32 để thiết kế sản phẩm, mà không sử dụng hết chức năng của MCU.

Nhóm sẽ tiếp tục cải tiến nâng cấp về phần cứng và phần mềm cũng như nâng cấp app trên điện thoại, cải tiến giao diện app hoạt động chính xác hơn giúp hệ thống hoạt động chính xác hơn và người dùng có thể dễ dàng sử dụng.

Thêm tính năng gửi tin nhắn SMS cho người dùng khi có người lạ trong phạm vi cảm biến.

Tạo ra hệ thống web kiểm soát được tất cả người dùng đi qua hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ESP32_WROOM_32_DATASHEET, link truy cập :
https://www.mouser.vn/datasheet/2/891/esp32_wroom_32_datasheet_en-1510934.pdf
2. Ứng dụng MQTT Android - Nhà phát minh ứng dụng MIT, Youtube : High Voltages, link truy cập :<https://www.youtube.com/watch?v=WAimZhU5phs>
3. KiCad 7 ESP32 PCB Design Full Tutorial, Youtube : made by morten, link truy cập :<https://www.youtube.com/watch?v=b-7bMl6fJio>
4. IoT Visitor Counter using ESP32 & Ultrasonic Sensor, Alsan Parajuli, link truy cập : <https://iotprojectsideas.com/iot-visitor-counter-using-esp32-ultrasonic-sensor/>
5. Getting Started with ESP32 - Step-By-Step Tutorial, Youtube : Tomasz Tarnowski, link truy cập :
<https://www.youtube.com/watch?v=tc3Qnf79Ny8&t=554s>