

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ  
BỘ MÔN KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ



BÁO CÁO ĐỀ TÀI  
**HỆ THỐNG  
ĐIỀU KHIỂN LED THÔNG MINH  
SMART LED CONTROL SYSTEM**

Sinh viên thực hiện: Đồng Thanh Khoa 2113746

Nguyễn Vũ Huy 2113527

Phạm Đỗ Như Huỳnh 2110214

Giảng viên hướng dẫn: ThS. Bùi Quốc Bảo

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 05 năm 2024

## **LỜI CẢM ƠN**

Trong khoảng thời gian học tập môn Lập trình Hệ thống Nhúng tại Trường Đại học Bách Khoa TP. HCM, nhận được sự hướng dẫn và giảng dạy tận tình của Th.S Bùi Quốc Bảo, người đã truyền đạt những kiến thức về mặt lý thuyết lẫn thực tiễn áp dụng trong học tập và làm việc xuyên suốt thời gian ở trên lớp. Đồng thời, cùng sự cố gắng và chăm chỉ nghiên cứu, tìm tòi của nhóm cũng là một trong những yếu tố góp phần giúp chúng em hoàn thiện sản phẩm này.

Từ những thành quả đạt được, nhóm xin chân thành cảm ơn những lời đóng góp ý kiến của giảng viên. Bên cạnh đó, do kiến thức chúng em còn hạn hẹp nên tránh khỏi việc mắc phải những sai sót trong quá trình thực hiện bài báo cáo. Nhóm rất mong nhận được sự thông cảm và đóng góp ý kiến của giảng viên để chúng em có thể tiếp thu và cải thiện cho những sản phẩm tiếp theo. Một lần nữa, nhóm xin chân thành cảm ơn!

# MỤC LỤC

PHẦN I: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI . . . . .	9
1.1. Tổng quan nội dung bài báo cáo . . . . .	9
1.2. Tổng quan hệ thống điều khiển LED thông minh . . . . .	9
1.3. Đặc tả hệ thống . . . . .	9
1.3.1. Đầu vào và đầu ra (Inputs and Outputs) . . . . .	9
1.3.2. Các chế độ sử dụng (Use Cases) . . . . .	9
1.3.3. Đặc tả chức năng hệ thống (System Functional Specification) . . . . .	9
1.3.4. Đặc tả phi chức năng (Non Functional Specification) . . . . .	9
PHẦN II: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI . . . . .	11
2.1. Hợp đồng nhóm (Team Contract) . . . . .	11
2.2. Xây dựng kế hoạch thực hiện . . . . .	11
PHẦN III: THỰC HIỆN ĐỀ TÀI . . . . .	39
3.1. Tổng quan hệ thống . . . . .	39
3.2. Phần cứng . . . . .	39
3.2.1 Khối nguồn cung cấp . . . . .	39
3.2.2 Khối vi điều khiển (MCU) . . . . .	39
3.2.3 Khối hiển thị . . . . .	39

3.2.4 Khôi nạp code cho hệ thống . . . . .	39
3.2.5 Khôi đo cường độ ánh sáng . . . . .	39
3.2.6 Khôi điều khiển LED . . . . .	39
3.3. Phần mềm . . . . .	39
3.3.1 Tổng quan về khung truyền thiết lập giữa hai MCU . . . . .	39
3.3.2. ESP32-WROOM32E . . . . .	39
3.3.3. STM32F103RCT6 . . . . .	39
3.4. Phần Cơ khí . . . . .	39
3.5. Thiết kế PCB và hiện thực hoá sản phẩm . . . . .	39
3.5.1. Thiết kế và in mạch PCB . . . . .	39
3.5.2. Hiện thực hoá sản phẩm . . . . .	39
<b>PHẦN IV: CÁC VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG . . . . .</b>	<b>43</b>
4.1. Vấn đề hạn chế . . . . .	43
4.2. Vấn đề chức năng . . . . .	43
4.3. Vấn đề thời gian thực . . . . .	43
4.4. Vấn phản hồi . . . . .	43
4.5. Vấn đề tính đồng thời . . . . .	43
<b>PHẦN V: ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ . . . . .</b>	<b>46</b>
5.1. Kết quả thực hiện phần cứng à phần cơ khí . . . . .	46
5.2. Kết luận và hướng phát triển . . . . .	46

# DANH SÁCH HÌNH ẢNH

1	Màn hình chính và các phím tương tác . . . . .	2
2	Màn hình thiết lập Wifi . . . . .	2
3	Màn hình nhập mật khẩu Wifi . . . . .	3
4	Màn hình thiết lập MQTT . . . . .	3
5	Phím tắt điều khiển LED và Phím tắt kích hoạt chế độ điều khiển tự động	4
6	Sơ đồ tổng quát các chế độ sử dụng . . . . .	5
7	Biểu tượng WIFI . . . . .	5
8	Biểu tượng HOME . . . . .	6
9	Biểu tượng MQTT . . . . .	6
10	Biểu tượng khi kết nối WIFI được ngắt . . . . .	6
11	Biểu tượng RETURN . . . . .	7
12	Biểu tượng DELETE . . . . .	7
13	Biểu tượng CHECK . . . . .	7
14	Biểu đồ Grantt Kế hoạch thực hiện đề tài . . . . .	11
15	Sơ đồ kết nối của hệ thống . . . . .	12
16	Sơ đồ nguồn của hệ thống . . . . .	13
17	Đầu cấp nguồn cho mạch . . . . .	13
18	Mạch Switching Regulator . . . . .	14

19	Mạch Charge Pump . . . . .	14
20	Mạch Low-dropout regulator . . . . .	15
21	Ví điều khiển <i>STM32F103RCT6</i> . . . . .	15
22	Ví điều khiển <i>ESP32-WROOM32E</i> . . . . .	16
23	Sử dụng màn hình ILI934 có cảm ứng . . . . .	16
24	Nạp code cho MCU <i>STM32F103RCT6</i> . . . . .	17
25	Mạch nạp code cho MCU <i>ESP32-WROOM32E</i> . . . . .	17
26	Mạch chuyển sang mode nạp code cho MCU . . . . .	18
27	Nguồn dòng sau khi thiết kế . . . . .	19
28	Mạch đo giá trị điện trở . . . . .	19
29	Mạch điều khiển LED . . . . .	20
30	Bảng mã ước định khi ESP32 là Master . . . . .	21
31	Bảng mã ước định khi STM32 là Master . . . . .	21
32	Flow chart khởi tạo phần mềm của <i>ESP32-WROOM32E</i> . . . . .	22
33	Flow chart <i>ESP32</i> Kết nối MQTT . . . . .	23
34	Flow chart <i>ESP32</i> MQTT_timer_cb . . . . .	23
35	Flow chart <i>ESP32</i> điều khiển data MQTT . . . . .	24
36	Flow chart <i>ESP32</i> Task Scan Wifi 1 . . . . .	25
37	Flow chart <i>ESP32</i> Task Scan Wifi 2 . . . . .	26
38	Flow Chart <i>ESP32</i> Task Kết nối Wifi . . . . .	27
39	Flow chart <i>ESP32</i> Task Uart_RX . . . . .	28
40	Flow chart <i>ESP32</i> Task Uart_TX . . . . .	29
41	Flow chart khởi tạo phần mềm <i>STM32F103RCT6</i> . . . . .	30
42	Flow chart <i>STM32</i> Task UART_RX . . . . .	31
43	Flow chart <i>STM32</i> task UART_TX . . . . .	32

44	Flow chart STM32 Screen Task . . . . .	33
45	Flow chart STM32 Autocontrol Mode . . . . .	33
46	Flow chart STM32 Task điều khiển LED . . . . .	34
47	Hộp khi có mạch . . . . .	35
48	Hộp khi không có mạch . . . . .	36
49	Hình ảnh thiết kế mặt trên của PCB . . . . .	36
50	Hình ảnh thiết kế mặt dưới của PCB . . . . .	37
51	Hình ảnh 3D phía mặt trên của PCB . . . . .	37
52	Hình ảnh mặt trên của mạch in PCB trong thực tế . . . . .	38
53	Hình ảnh mặt dưới của mạch in PCB trong thực tế . . . . .	38
54	Mặt trước màn hình ILI934 . . . . .	39
55	Mặt sau màn hình ILI934 . . . . .	39
56	Hình ảnh màn hình đã được lắp vào hộp đựng . . . . .	39
57	Hình ảnh tổng thể kết nối hệ thống . . . . .	40

# DANH SÁCH BẢNG

1	Chi phí thiết kế hệ thống . . . . .	9
2	Hợp đồng nhóm . . . . .	10

## PHẦN I: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

### 1.1. Tổng quan nội dung bài báo cáo

Nội dung bài báo cáo được trình bày bao gồm 5 phần chính:

- **PHẦN 1: Giới thiệu đề tài**

Nội dung của Phần 1 bao gồm tổng quát về mục đích thiết kế sản phẩm và đặc tả thiết kế hệ thống điều khiển LED thông minh.

- **PHẦN 2: Kế hoạch thực hiện đề tài**

Nội dung của Phần 2 bao gồm hợp đồng nhóm và kế hoạch thực hiện đề tài.

- **PHẦN 3: Thực hiện đề tài**

Nội dung của Phần 3 bao gồm tổng quan hệ thống, thiết kế phần cứng, thiết kế phần mềm và thiết kế phần cơ khí và hiện thực hoá đề tài.

- **PHẦN 4: Các vấn đề thiết kế hệ thống**

Nội dung Phần 4 bao gồm triển khai vấn đề hạn chế, vấn đề chức năng, vấn đề thời gian thực, vấn đề phản hồi và vấn đề về tính đồng thời.

- **PHẦN 5: Đánh giá kết quả**

Phần 5 đưa ra kết quả thực hiện phần cứng, kết quả thử nghiệm, đánh giá hiệu suất của hệ thống. Đồng thời, đưa ra kết luận và hướng phát triển tương lai.

### 1.2. Tổng quan hệ thống điều khiển LED thông minh

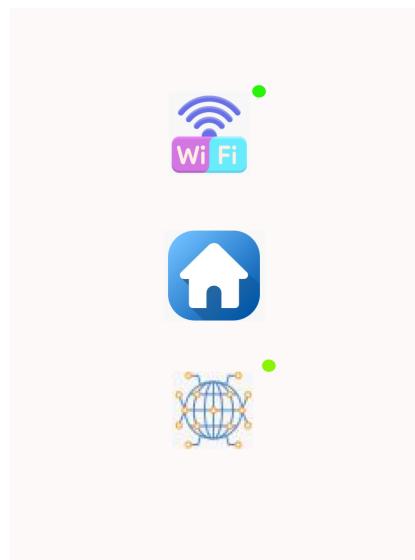
- Tên sản phẩm (Name): Hệ thống điều khiển LED thông minh (Smart LED control system).
- Mục đích sản phẩm (Purposes): Hệ thống này được thiết kế nhằm đơn giản hoá và linh hoạt trong hoạt động điều khiển LED. Dựa trên việc cung cấp cho người dùng khả năng điều khiển - tự động bật, tắt LED dựa trên cường độ ánh sáng của môi trường. Đồng thời, hệ thống mang lại cho người dùng khả năng kiểm soát hoạt động của LED từ xa, giúp người dùng có thể bật hoặc tắt LED dựa trên nhu cầu sử dụng cá nhân thông qua việc tương tác với thiết bị điều khiển thông minh bằng kết nối Internet.

### 1.3. Đặc tả hệ thống

#### 1.3.1. Đầu vào và đầu ra (Inputs and Outputs)

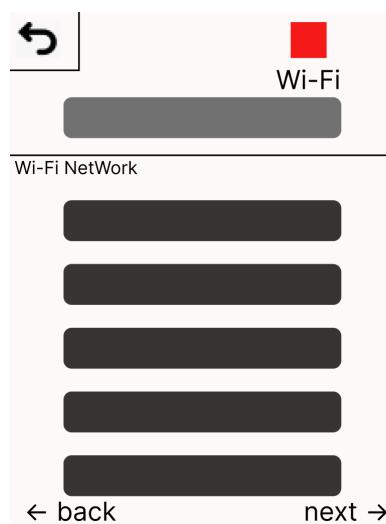
- **Đầu vào (Inputs):**

- Màn hình và phần mềm tương tác:
  - \* Phím tắt tương tác ở màn hình chính



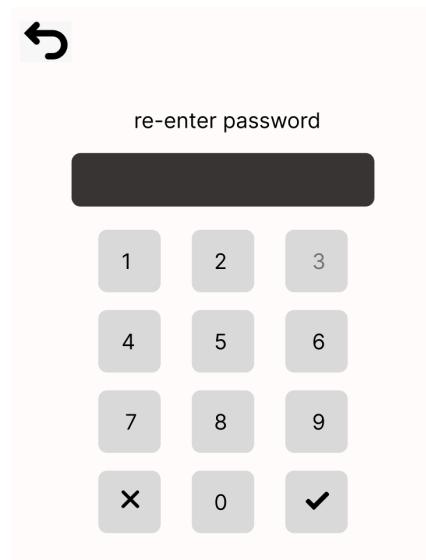
**Hình 1:** Màn hình chính và các phím tương tác

- \* Màn hình thiết lập Wifi

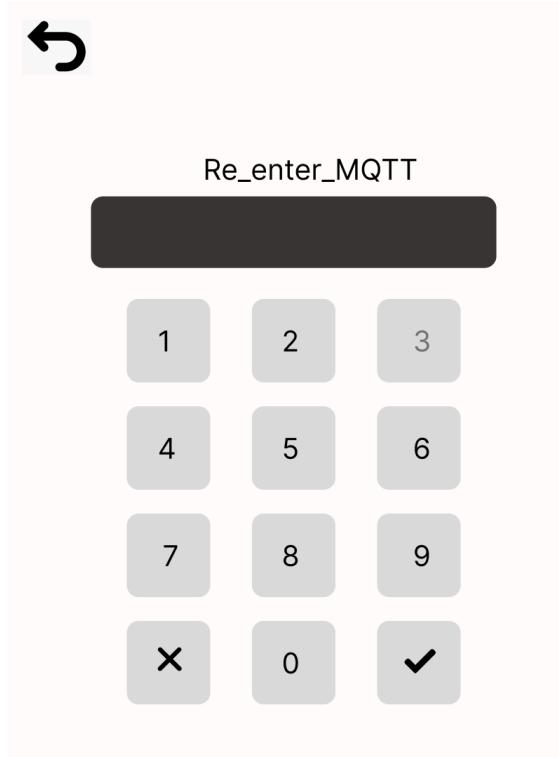


**Hình 2:** Màn hình thiết lập WiFi

- \* Màn hình nhập mật khẩu WiFi
- \* Màn hình thiết lập MQTT

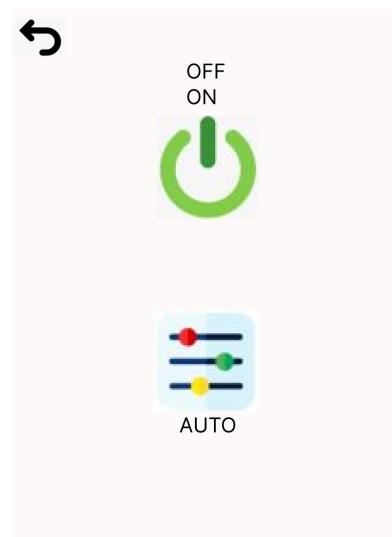


**Hình 3:** Màn hình nhập mật khẩu Wifi



**Hình 4:** Màn hình thiết lập MQTT

- \* Phím tắt điều khiển bật / tắt LED
- \* Phím tắt bật / tắt chế độ tự động điều khiển LED



**Hình 5:** Phím tắt điều khiển LED và Phím tắt kích hoạt chế độ điều khiển tự động

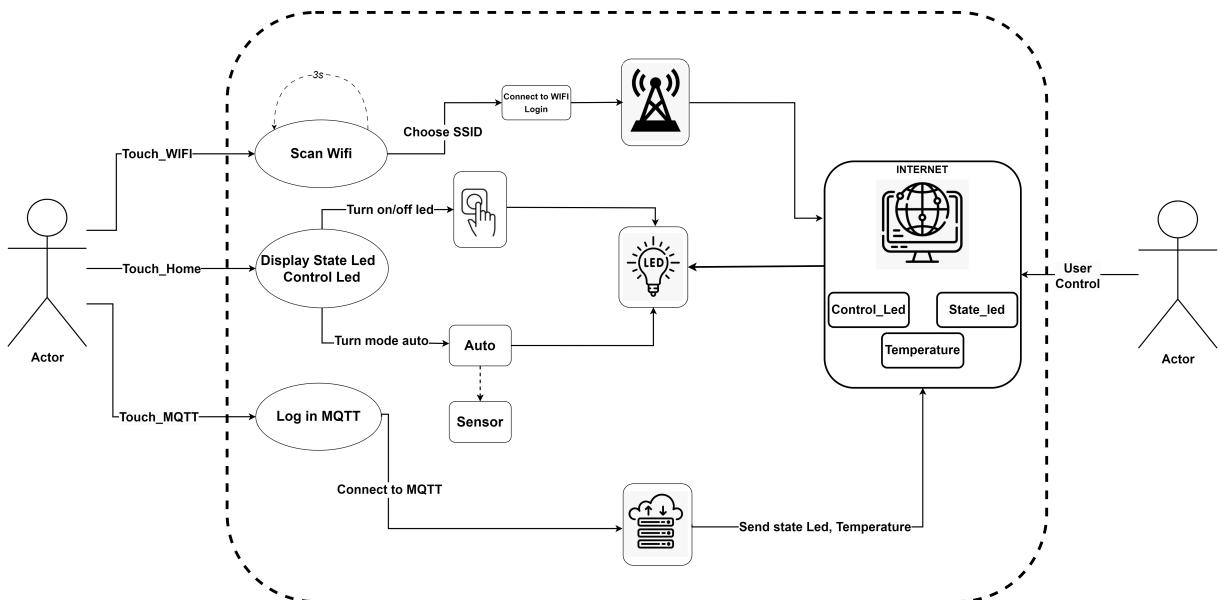
- Cường độ ánh sáng, nhiệt độ (tín hiệu analog).

- **Đầu ra (Outputs):**

- Trạng thái LED (bật hoặc tắt).
- Trạng thái của chế độ điều khiển tự động (bật hoặc tắt).
- Màn hình hiển thị trạng thái kết nối Wifi.
- Màn hình hiển thị trạng thái kết nối MQTT.

#### **1.3.2. Các chế độ sử dụng (Use Cases)**

Các chế độ sử dụng của hệ thống được miêu tả khái quát ở sơ đồ dưới đây, bao gồm 3 chế độ chính:

**Hình 6:** Sơ đồ tổng quát các chế độ sử dụng

### 1. Chế độ chờ

- Mô tả: Chế độ này liên tục kiểm tra xem có sự kiện chạm màn hình được phát hiện hay không.
- Quy trình cơ bản:
  - Nếu người dùng chạm vào màn hình, màn hình sáng lên và hiển thị các biểu tượng liên kết với các chức năng của hệ thống:
    - \* Biểu tượng WIFI: Chuyển sang hiển thị màn hình thiết lập và kết nối Wifi.
    - \* Biểu tượng HOME: Chuyển sang hiển thị trạng thái LED và trạng thái điều khiển LED tự động.

**Hình 7:** Biểu tượng WIFI

- \* Biểu tượng HOME: Chuyển sang hiển thị trạng thái LED và trạng thái điều khiển LED tự động.



**Hình 8:** Biểu tượng HOME

\* Biểu tượng MQTT: Chuyển sang hiển thị màn hình MQTT.



**Hình 9:** Biểu tượng MQTT

- Nếu trong khoảng thời gian 30 giây không phát hiện có tín hiệu người dùng chạm màn hình, màn hình sẽ được tắt.

## 2. Chế độ điều khiển bằng tay

- Mô tả: Người dùng thực hiện thao tác điều khiển LED thông qua việc tương tác với màn hình. Bao gồm yêu cầu kết nối Wifi, kết nối MQTT và tương tác với phím tắt bật tắt.
- Chế độ này bắt đầu với việc người dùng thực hiện các kết nối sau:
  - Kết nối Wifi:

\* Biểu tượng ON/OFF WIFI: Nếu chạm vào, trạng thái Wifi sẽ được đảo ngược (nếu đang bật thì tắt và ngược lại). Lúc bật nút hiển thị màu xanh, lúc tắt nút hiển thị màu đỏ.



**Hình 10:** Biểu tượng khi kết nối WIFI được ngắt

\* Biểu tượng WIFI1, WIFI2, WIFI3, WIFI4, WIFI5 khi được chạm sẽ bắt đầu chuyển sang màn hình nhập mật khẩu và thông tin về SSID sẽ được hiển thị trên màn hình nhập mật khẩu.

- \* Biểu tượng RETURN: màn hình sẽ chuyển về màn hình chính và các biểu tượng sẽ được hiển thị.



**Hình 11:** Biểu tượng RETURN

– Kết nối MQTT:

- \* Phím tắt số từ 0 đến 9: Cho phép người dùng nhập địa chỉ IP của MQTT, các số được nhập sẽ được hiển thị trên màn hình.
- \* Biểu tượng "X / DELETE": Khi người dùng chạm vào, mọi dữ liệu đã nhập sẽ được xóa và bắt đầu nhập lại từ đầu.



**Hình 12:** Biểu tượng DELETE

- \* Biểu tượng RETURN: Khi chạm vào biểu tượng này, màn hình sẽ chuyển về màn hình chính (màn hình khởi đầu).
- \* Biểu tượng CHECK: Dữ liệu MQTT đã nhập sẽ được kiểm tra. Nếu đúng với chuẩn đã được định nghĩa, nó sẽ được gửi qua UART để kết nối MQTT. Nếu không, một thông báo lỗi sẽ được hiển thị.



**Hình 13:** Biểu tượng CHECK

– Tương tác với phím điều khiển bật / tắt LED:

- \* Nếu chạm vào biểu tượng RETURN, màn hình sẽ chuyển về màn hình chính (màn hình khởi đầu).

- \* Nếu chạm vào biểu tượng CONTROL, trạng thái của đèn sẽ được đảo ngược (nếu đang tắt thì sẽ bật và ngược lại).

### 3. Chế độ điều khiển tự động

- Mô tả: Người dùng thực hiện tương tác với màn hình để cho phép chế độ điều khiển LED tự động được kích hoạt (LED sẽ được bật hoặc tắt dựa trên điều kiện môi trường).
- Tương tự như chế độ điều khiển thủ công, đầu tiên, người dùng cần thực hiện các kết nối Wifi, kết nối MQTT. Các thao tác kích hoạt chế độ điều khiển tự động:
  - Chạm vào biểu tượng AUTO trên màn hình điều khiển để bật chế độ tự động.
  - Màn hình sẽ hiển thị chữ "AUTO" để người dùng nhận biết chế độ có đang được kích hoạt hay không. Ở chế độ này, đèn sẽ tự động được bật khi cường độ ánh sáng dưới 250 lux và sẽ tắt khi cường độ sáng trên 400 lux (tương đương với ánh sáng mặt trời chiếu vào).

#### 1.3.3. Đặc tả chức năng hệ thống (System Functional Specification)

Hệ thống cho phép người dùng điều khiển đèn theo nhu cầu của người dùng, có thể kết nối Wifi để sử dụng điều khiển trên điện thoại thay vì điều khiển trực tiếp. Đồng thời, hệ thống cung cấp cho người dùng khả năng theo dõi các thông số như trạng thái đèn hay nhiệt độ phòng thông qua Internet.

#### 1.3.4. Đặc tả phi chức năng (Non Functional Specification)

- **Hiệu suất (Performance):** Hệ thống có khả năng hoạt động xuyên suốt, đảm bảo đáp ứng đúng khi người dùng tương tác:
  - Nguồn cấp phải ổn định, nếu nguồn bị ngắt đột ngột, khi có nguồn trở lại thì hệ thống phải quay lại hoạt động ổn định.
  - Khi wifi gặp vấn đề thì hệ thống phải tự động kết nối lại khi wifi ổn định trở lại.

- **Chi phí sản xuất (manufacturing cost)**

**Bảng 1** Chi phí thiết kế hệ thống

STT	Tên	Chi phí (đơn vị: nghìn đồng)
1	Mạch in	40
2	Tổng linh kiện	350
3	In vỏ hộp	150
<i>Tổng cộng</i>		<b>540</b>

- **Công suất (power supply)**

- Công suất khôi nguồn cung cấp cho mạch: 5W
- Nguồn điện cung cấp cho đèn 220VAC/5W
- Công suất cung cấp cho khôi hiển thị: 1W
- Công suất cung cấp cho khôi cảm biến: 0,5W
- Công suất cung cấp cho MCU1 (STM32F103RCT6)  $\approx$  0,3W
- Công suất cung cấp cho MCU2 (ESP32-WROOM32E)  $\approx$  1,7W

- **Kích thước và cân nặng ước lượng (physical size/weight)**

- Hệ thống đảm bảo yếu tố nhỏ gọn.
- Kích thước nhỏ hơn 10x10 cm.
- Cân nặng hệ thống nhỏ hơn 300 gram.

- **Lắp đặt (Installation)**

- Hệ thống được lắp đặt trực tiếp lên tường.
- Nơi lắp đặt cần đảm bảo là môi trường khô ráo, tránh đặt nơi có nhiều vật cản.
- Hệ thống có tích hợp bảng điều khiển giúp người dùng điều khiển từ xa.

## PHẦN II: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

### 2.1. Hợp đồng nhóm (Team Contract)

Bảng 2 Hợp đồng nhóm

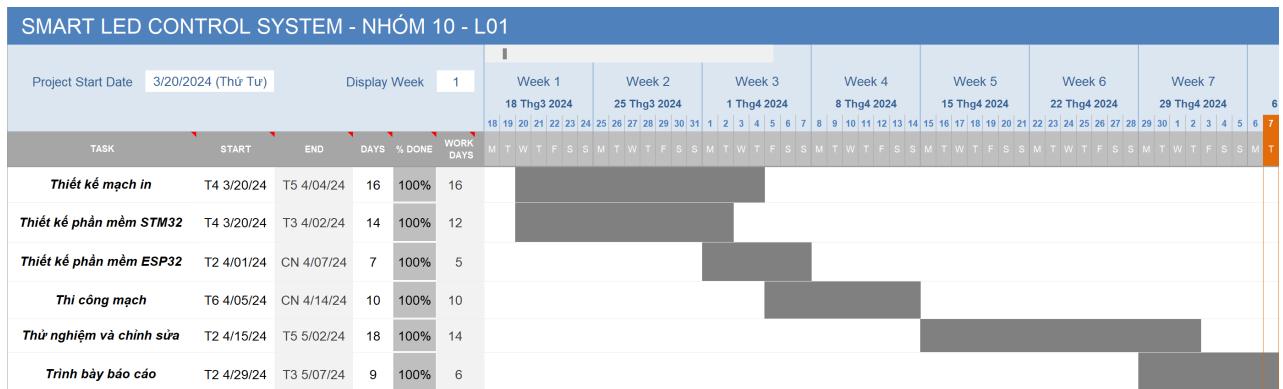
<b>Hợp đồng nhóm</b>		
<b>Tên nhóm: Nhóm 10 – Lớp L01</b>		Ngày: 10/03/2024
<b>Thành viên</b>	<b>Vai trò</b>	<b>Ký tên</b>
Đồng Thanh Khoa	Nhóm trưởng, phân công nhiệm vụ, kiểm tra, thiết kế phần cứng, phần mềm của ESP32	
Nguyễn Vũ Huy	Thiết kế phần mềm của STM32	
Phạm Đỗ Như Huỳnh	Hỗ trợ xử lý nhiệm vụ phần mềm của STM32	
<b>Nhiệm vụ</b>		<b>Phân công</b>
- Thiết kế và vẽ PCB cho hệ thống		Đồng Thanh Khoa
- Thiết kế và hiện thực màn hình cảm ứng		Nguyễn Vũ Huy
- Viết phần mềm thực hiện nhiệm vụ của ESP32		Đồng Thanh Khoa
- Viết phần mềm xử lý tác vụ hiển thị, điều khiển của màn hình		Nguyễn Vũ Huy
- Viết phần mềm xử lý tác vụ đọc nhiệt độ, cường độ ánh sáng		Phạm Đỗ Như Huỳnh
- Trình bày báo cáo liên quan đến nội dung phần thiết kế phần cứng, phần mềm ESP32.		Đồng Thanh Khoa
- Trình bày báo cáo liên quan đến nội dung phần thiết kế phần xử lý tác vụ màn hình, nội dung chung của đề tài.		Nguyễn Vũ Huy
- Trình bày báo cáo liên quan đến nội dung phần thiết kế phần xử lý tác vụ cảm biến, nội dung chung của đề tài.		Phạm Đỗ Như Huỳnh
<b>Thời gian họp nhóm</b>		19h, thứ 7, chủ nhật hằng tuần
Quy tắc nhóm	1. Hoàn thành nhiệm vụ đúng thời hạn 2. Làm việc nghiêm túc và tích cực 3. Lắng nghe và đóng góp ý kiến 4. Có tinh thần trách nhiệm với nhiệm vụ được giao	

## **2.2. Xây dựng kế hoạch thực hiện**

- Kế hoạch thực hiện đề tài được chia thành 6 phần chính bao gồm:

- Thiết kế mạch PCB
  - Thiết kế phần mềm cho MCU1 (STM32F103RCT6)
  - Thiết kế phần mềm cho MCU1 (ESP32-WROOM32E)
  - Thi công mạch
  - Thủ nghiệm và chỉnh sửa
  - Trình bày báo cáo đề tài

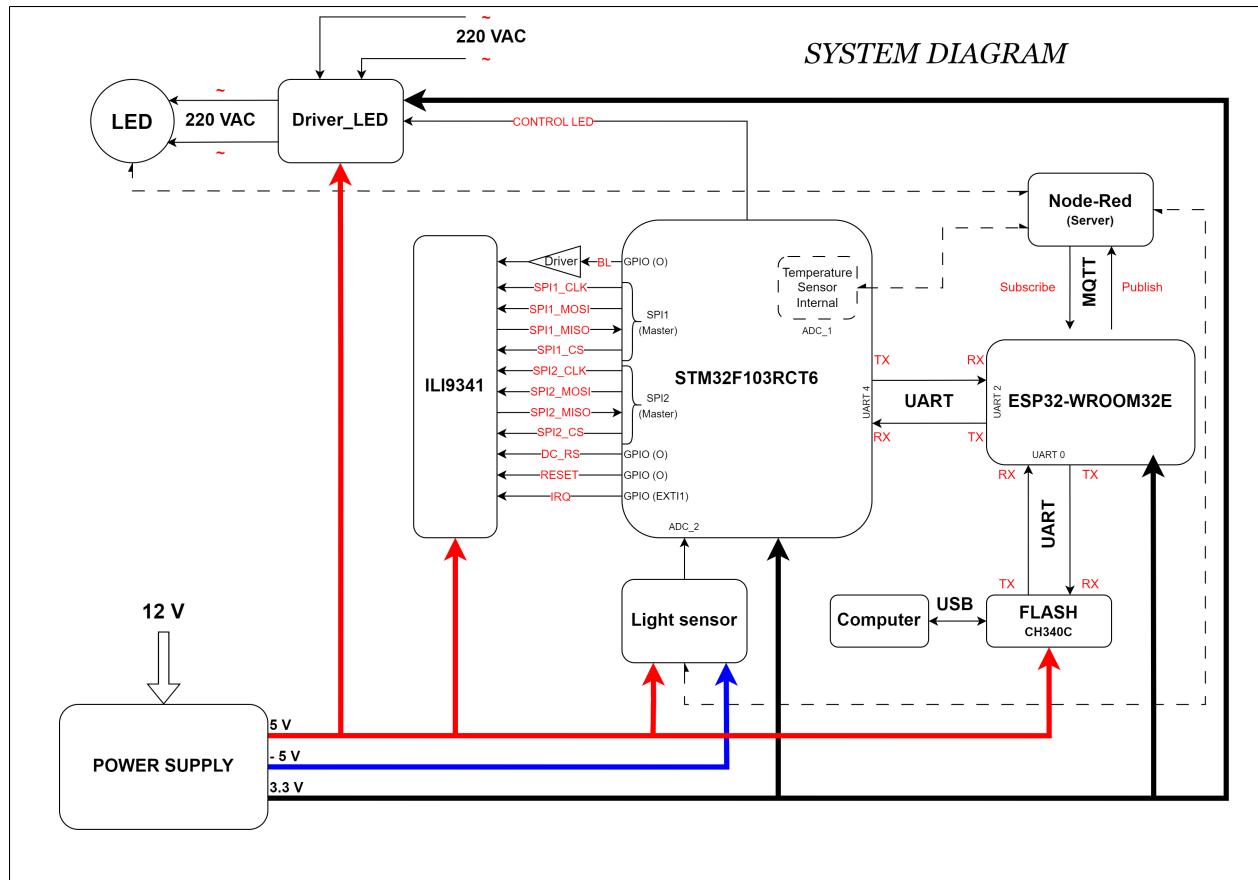
- Thời gian thực hiện đề tài được sắp theo kế hoạch thể hiện ở biểu đồ Grantt dưới đây.



**Hình 14:** Biểu đồ Grant Kế hoạch thực hiện đề tài

## PHẦN III: THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

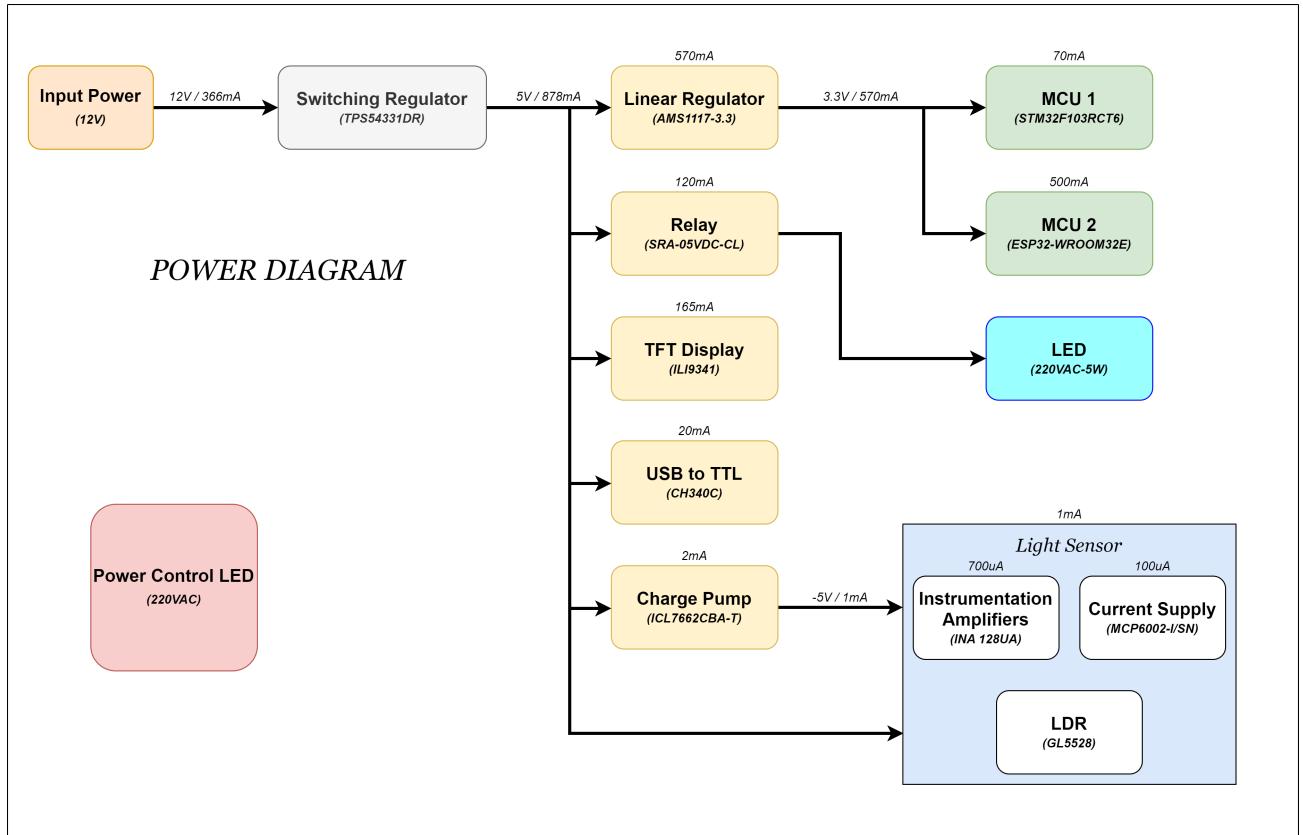
### 3.1. Tổng quan hệ thống



**Hình 15:** Sơ đồ kết nối của hệ thống

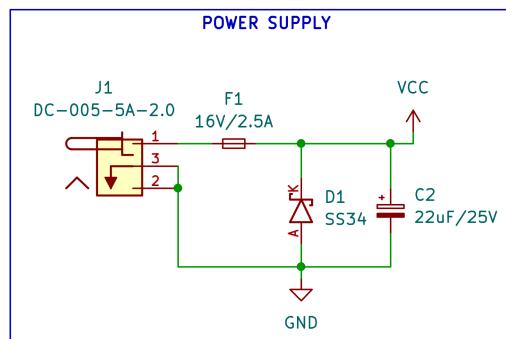
### 3.2. Phần cứng

#### 3.2.1 Khối nguồn cung cấp



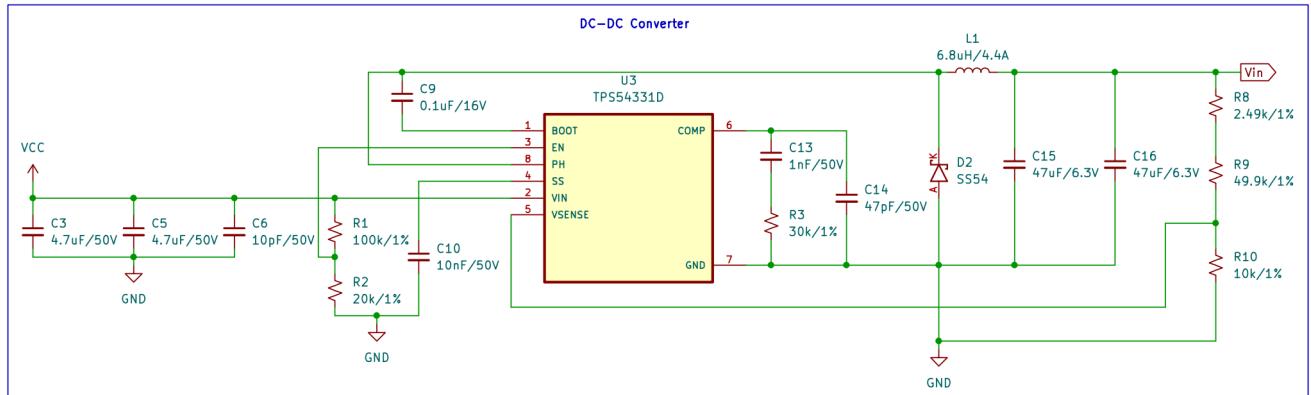
Hình 16: Sơ đồ nguồn của hệ thống

- Cổng cấp nguồn cho mạch và bảo vệ mạch: gồm có một cầu chì tự phục hồi (F1) có giá trị 16V/2.5A, diode (D<sub>1</sub>) có mã là SS34 dùng để chống ngược mạch (hạn chế tình trạng ngược cực khi cấp vào trong lúc kiểm tra mạch), tụ lọc nguồn C<sub>2</sub> có giá trị 22μF/25V:



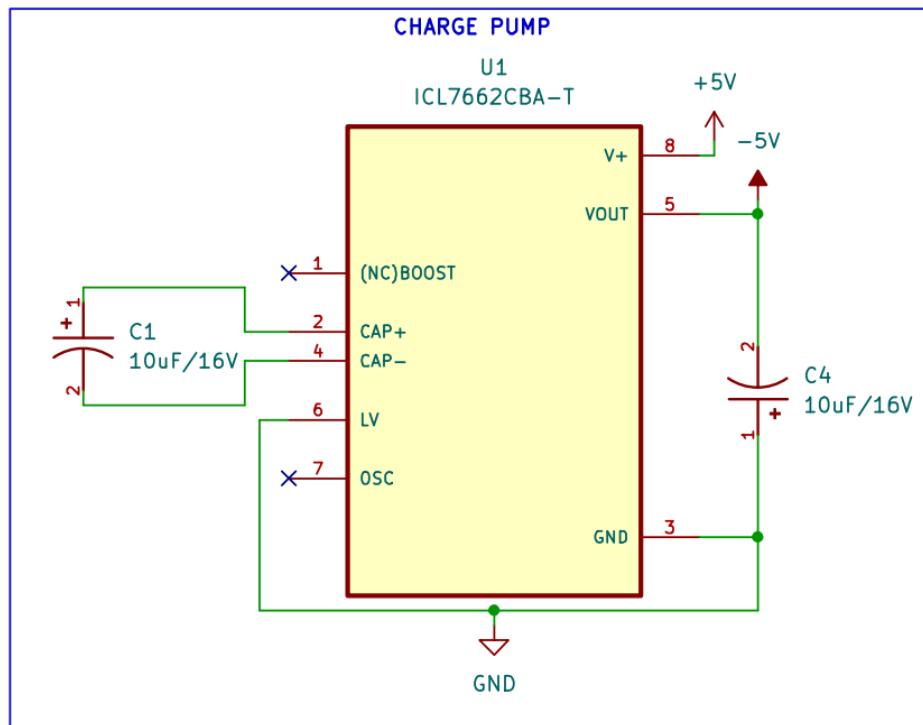
Hình 17: Đầu cấp nguồn cho mạch

- Hạ áp từ 12V xuống còn 5V: Đây là mạch **Switching Regulator** sử dụng IC **TPS54331DR**:



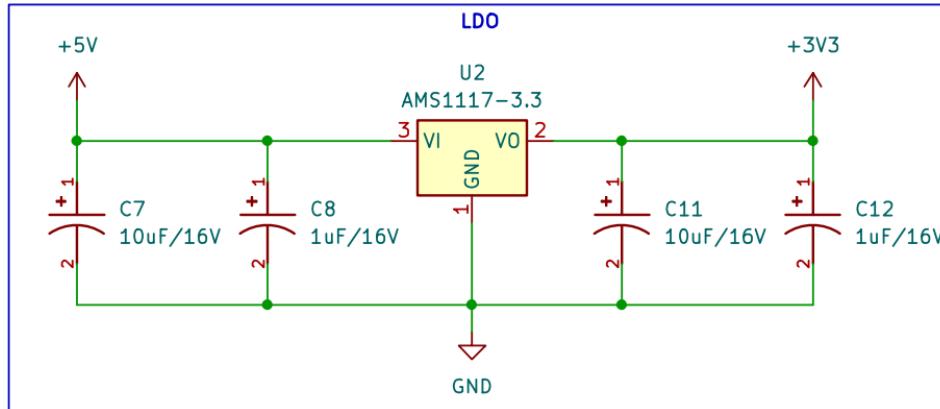
**Hình 18:** Mạch Switching Regulator

- Tạo nguồn âm -5V (cung cấp cho mạch analog): Sử dụng loại nguồn **Charge Pump** để tạo ra nguồn âm sử dụng IC **ICL7662CBA-T**:



**Hình 19:** Mạch Charge Pump

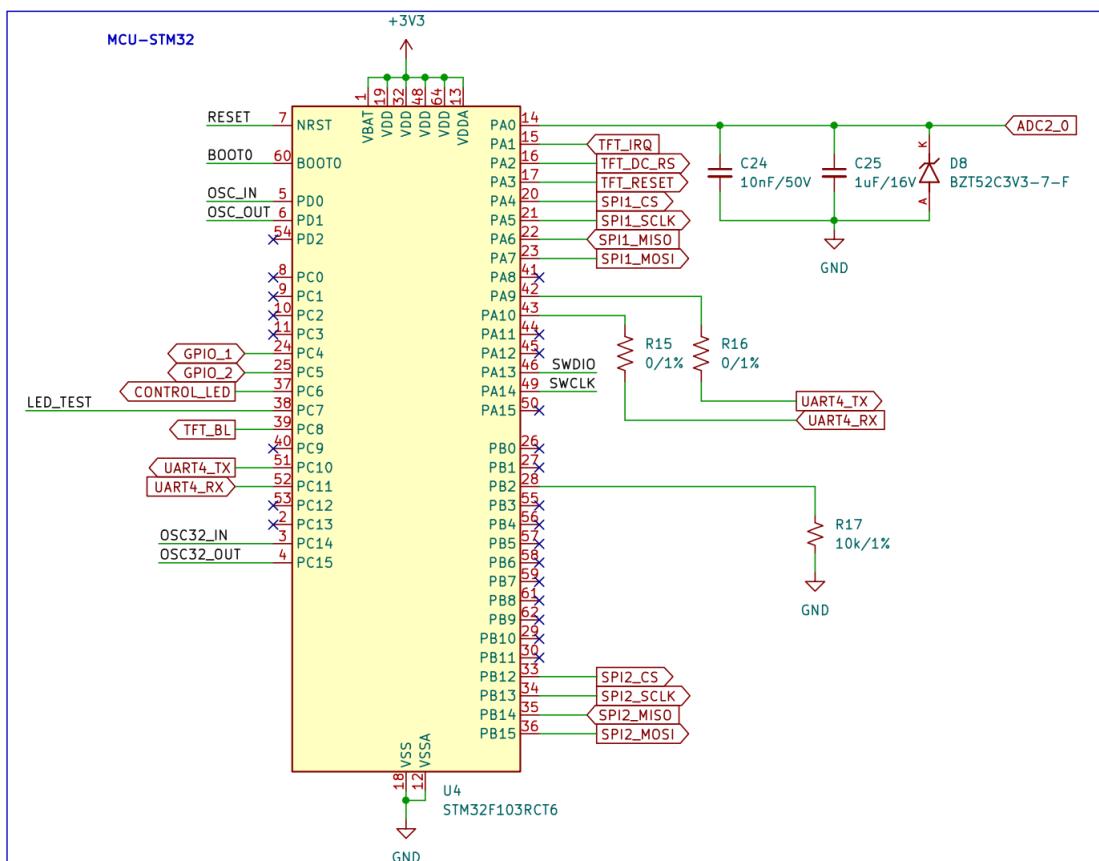
- Hạ áp từ 5V xuống còn 3.3V: Đây là mạch **Low-dropout regulator** sử dụng IC **AMS1117-3.3**: Do mạch này có ripple nhỏ hơn so với các mạch **Switching Regulator** nên được sử dụng để cung cấp nguồn cho **MCU**.



**Hình 20:** Mạch Low-dropout regulator

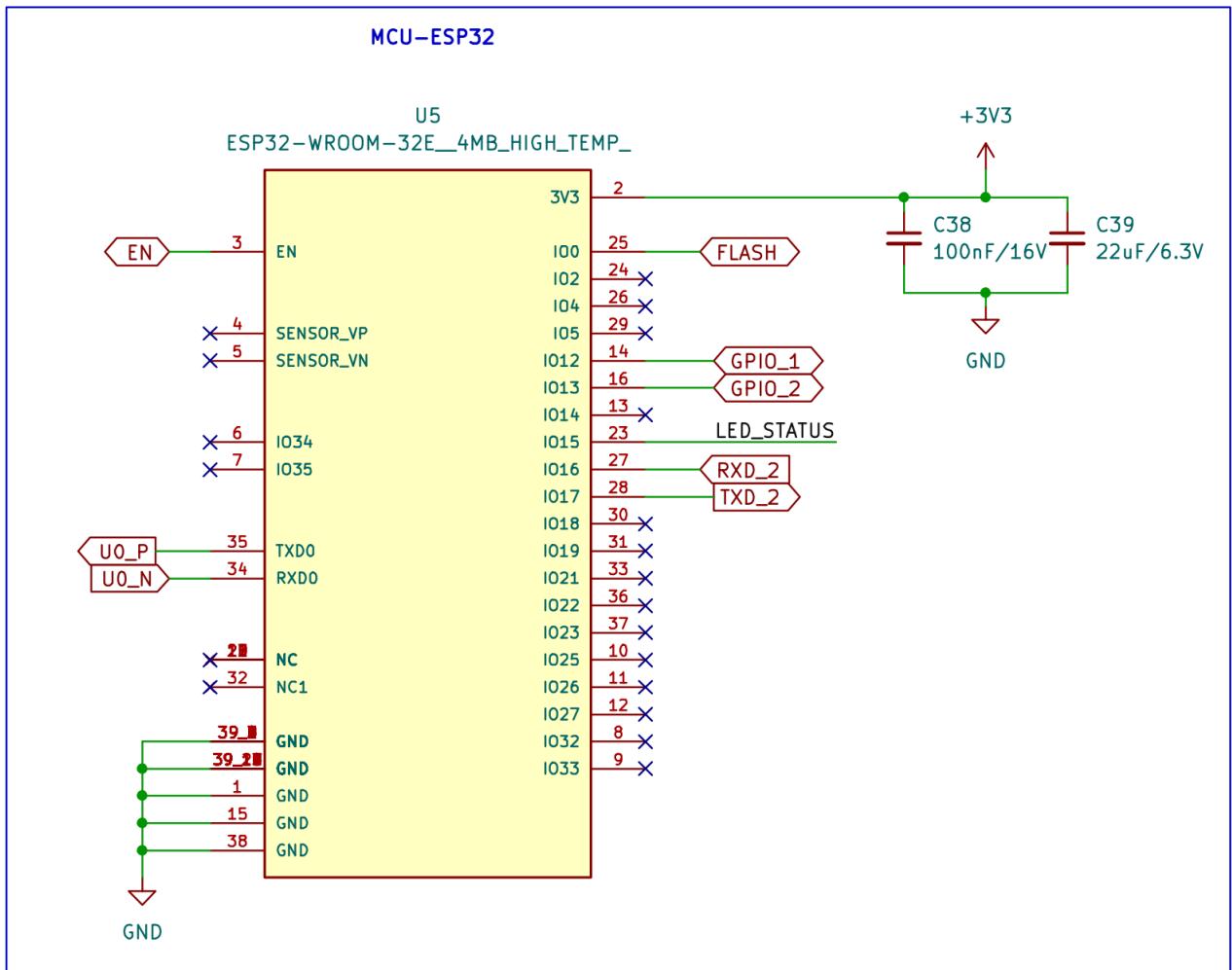
### 3.2.2 Khối vi điều khiển (MCU)

- STM32F103RCT6:**



**Hình 21:** Vi điều khiển STM32F103RCT6

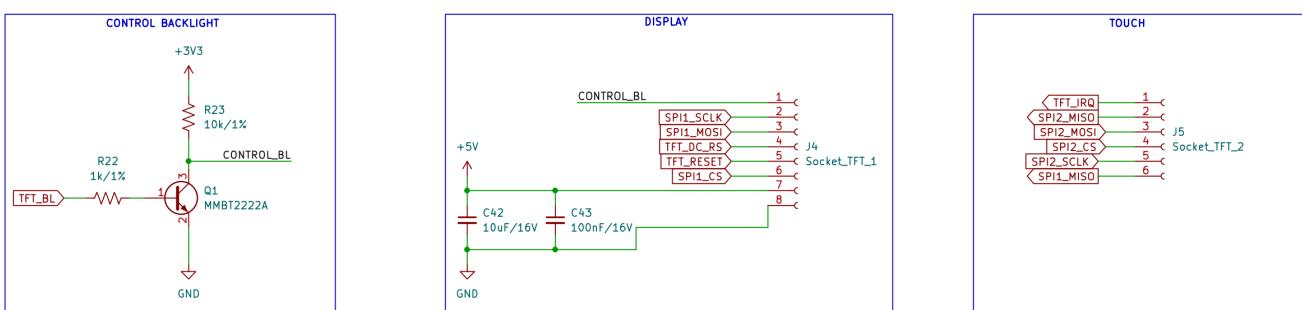
- **ESP32-WROOM32E:**



Hình 22: Vi điều khiển *ESP32-WROOM32E*

### 3.2.3 Khởi hiển thị

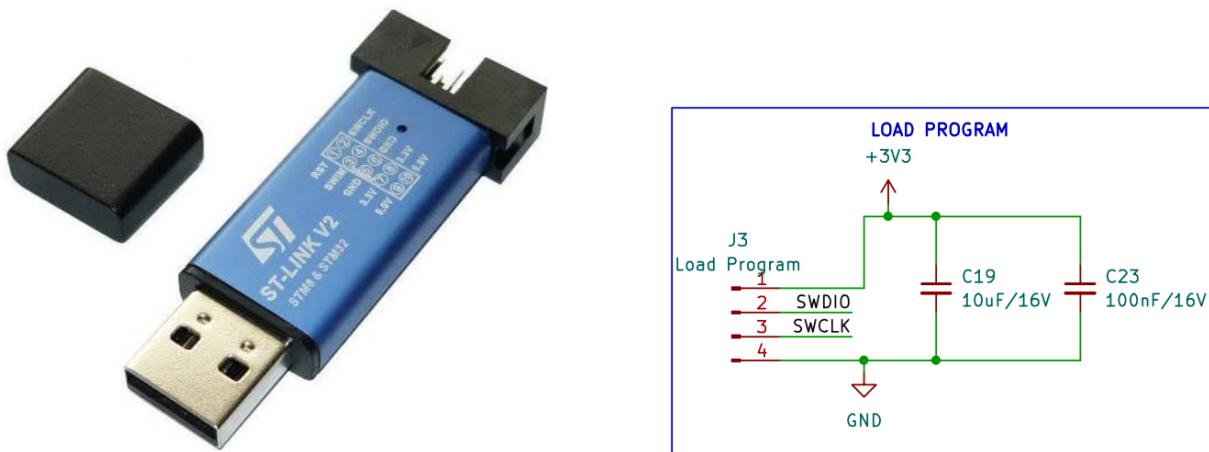
Mạch được sử dụng màn hình màu (*ILI9341*) để hiển thị và điều khiển các chức năng của hệ thống.



Hình 23: Sử dụng màn hình ILI934 có cảm ứng

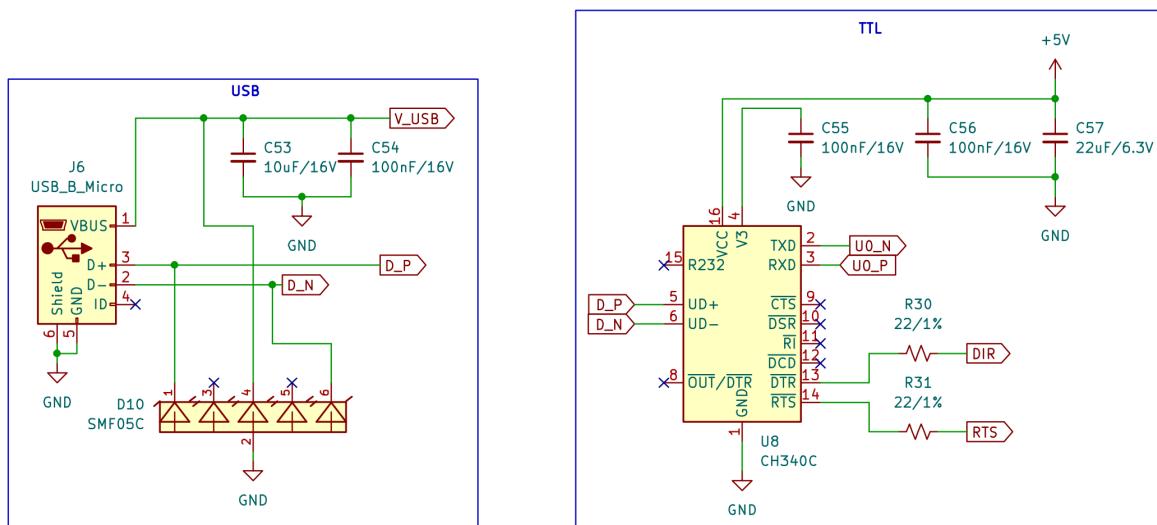
### 3.2.4 Khởi nạp code cho hệ thống

- Đối với MCU *STM32F103RCT6* sử dụng ST-Link V2 để nạp code cho MCU:



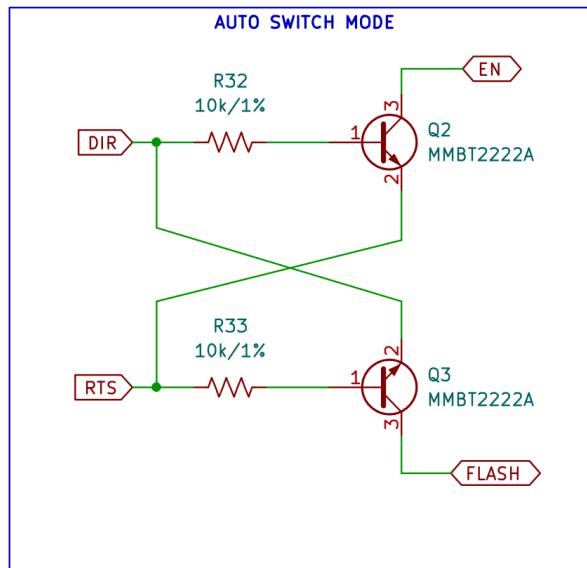
Hình 24: Nạp code cho MCU *STM32F103RCT6*

- Đối với MCU *ESP32-WROOM32E* sử dụng giao thức **UART** để nạp code cho MCU:



Hình 25: Mạch nạp code cho MCU *ESP32-WROOM32E*

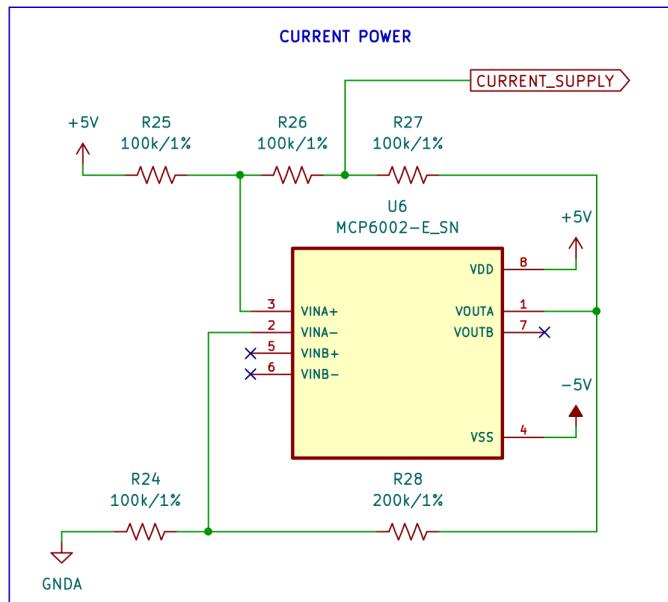
**Lưu ý:** Để có thể nạp được code cho MCU *ESP32-WROOM32E* cần phải đưa MCU vào đúng mode nạp code cho MCU.



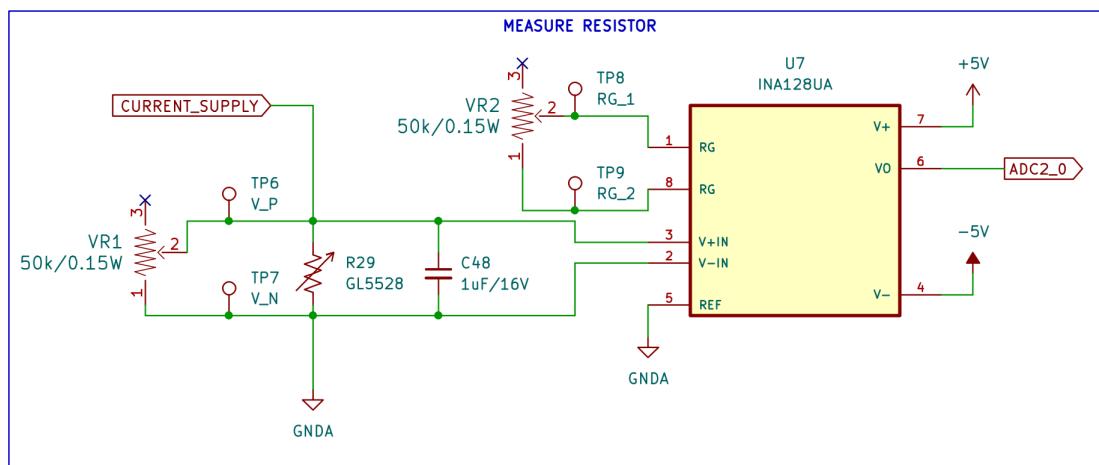
**Hình 26:** Mạch chuyển sang mode nạp code cho MCU

### 3.2.5 Khối đo cường độ ánh sáng

- Các thông số của mạch đo bao gồm:
  - Sử dụng LDR (quang trở) có mã linh kiện là GL5528.
  - Thang đo từ 10 - 1000 Lux.
- Mạch đo cường độ ánh sáng gồm hai mạch nhỏ hơn là:
  - Mạch tạo nguồn dòng: Sử dụng nguồn dòng Howland “cải tiến” với giá trị là 100  $\mu$ A.

**Hình 27:** Nguồn dòng sau khi thiết kế

- Mạch đo giá trị điện trở: Sử dụng mạch **Instrumentation Amplifiers** để giảm thiểu nhiễu trong quá trình đo. Do quang trở có hàm điện trở theo cường độ ánh sáng là một hàm phi tuyến nên ở đây có sử dụng phương pháp tuyến tính hóa bằng điện trở song song.

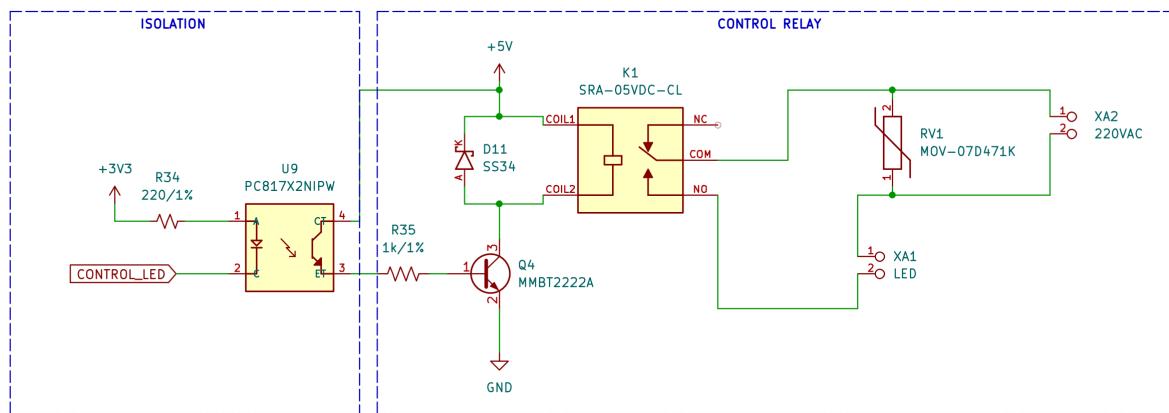
**Hình 28:** Mạch đo giá trị điện trở

- Nếu mạch đo với độ khuếch đại (G) thiết lập là 1 và điện trở tuyến tính có giá trị  $4.776(k\Omega)$  (với điểm tuyến tính hóa chọn tại  $E_V = 700$ ) thì ngõ ra là điện áp trong khoảng từ  $0.367V - 0.468V$ . Do đó để giảm sai số lượng tử của ADC chọn  $G = 6$  thì ngõ ra là điện áp trong khoảng  $2.202V - 2.808V$ .

### 3.2.6 Khối điều khiển LED

Khối gồm hai phần là: Cách ly và điều khiển

- Phần cách ly: Do mạch điều khiển LED 220V có thể sẽ có nhiều điện áp 220V xâm nhập vào trong để bảo vệ MCU cần có mạch cách ly.
- Phần điều khiển: Do khác về mức điện áp hoạt động của MCU và LED nên cần có mạch điều khiển.



Hình 29: Mạch điều khiển LED

## 3.3. Phần mềm

### 3.3.1. Tổng quan về khung truyền thiết lập giữa hai MCU

- Hai MCU ESP32-WROOM32E và STM32F103RCT6 được thiết lập kết nối UART để trao đổi dữ liệu. Dưới đây là bảng ước định về mã truyền dữ liệu trao đổi của hai MCU:

Heading code	ESP MASTER		
	Heading	Data	Stop
1	HEADING_SEND_SCAN_WIFI	(state_page-numSSID-name wifi scanned)	\n
2	HEADING_SEND_CONNECT_WIFI	(state_connect_wifi)	
3	HEADING_MQTT_IP	(state_connect_mqtt)	
4	HEADING_MQTT_SUBSCRIBE	(state_led-state_auto)	
5			

- Note:

- (state\_page-numSSID-name wifi scanned): Kiểu dữ liệu char. state\_page và name wifi scanned được ngăn cách nhau bởi \r. (state\_page): Có ba giá trị là START, MID, END. (name wifi scanned): các ssid được ngăn cách nhau bởi kí tự “\r”. Ví dụ: ssid1\rssid2\r
- (state\_connect\_wifi): Kiểu dữ liệu char. Có hai giá trị (ssid) và FAILED (truyền nguyên chữ (ssid) hoặc FAILED).
- (state\_connect\_mqtt): Kiểu dữ liệu char. Có ba giá trị TRUE, FAILED và REFUSE (truyền nguyên chữ TRUE hoặc FALSE hoặc REFUSE).
- (state\_led-state\_auto): Kiểu dữ liệu char. state led và state auto đều có hai giá trị ON và OFF (truyền nguyên chữ ON hoặc OFF). Ví dụ: ON\rOFF\r

**Hình 30:** Bảng mã ước định khi ESP32 là Master

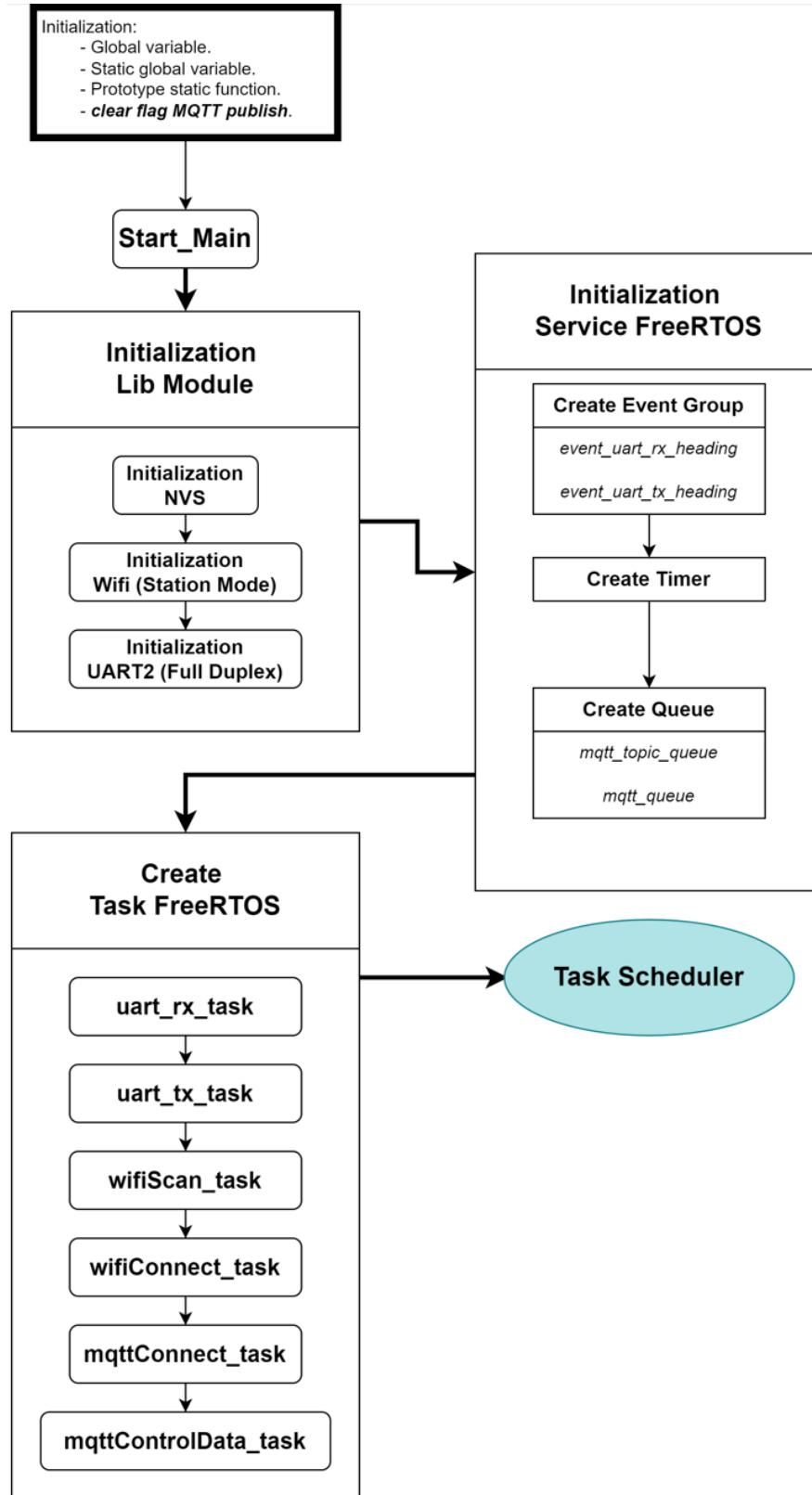
Heading code	STM MASTER		
	Heading	Data	Stop
1	HEADING_WIFI	(state-wifi)	\n
2	HEADING_TAB_PAGE	(tab)	
3	HEADING_CONNECT_WIFI	(ssid-pass)	
4	HEADING_CONNECT_MQTT	(ip mqtt)	
5	HEADING_MQTT_PUBLISH	(state_led-state_auto-lux-temperature)	

- Note:

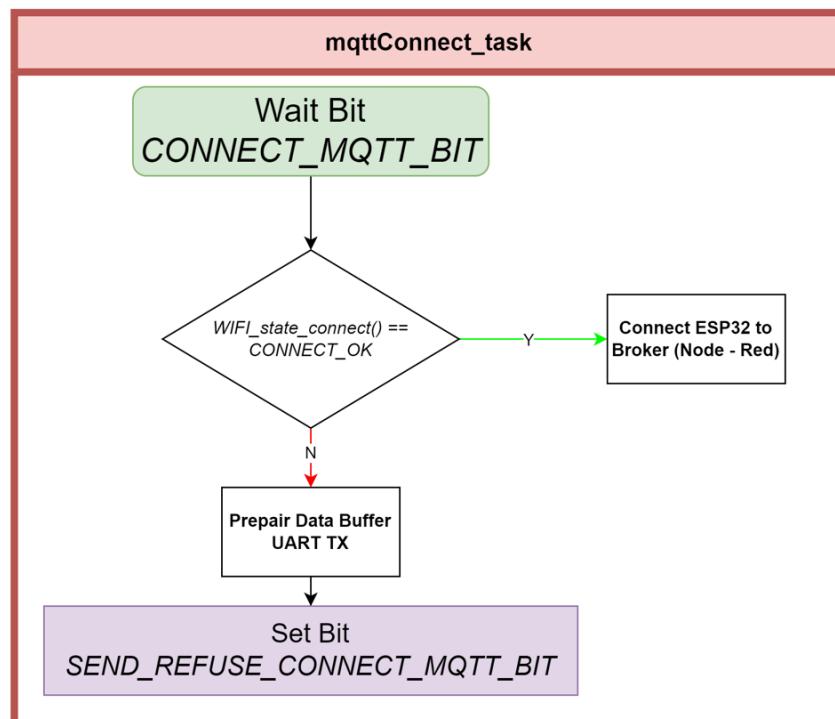
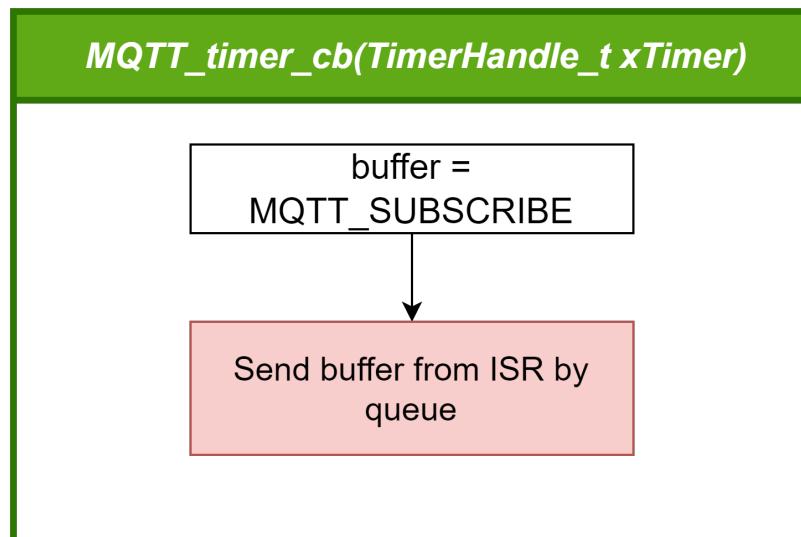
- (state\_wifi): Kiểu dữ liệu char. Có hai giá trị là OFF và ON.
- (tab): kiểu dữ liệu char. có hai giá trị là NEXT và BACK.
- (ssid-pass): Kiểu dữ liệu char. Các ssid được ngăn cách nhau bởi kí tự “\r”. Ví dụ: ssid1\rpass\r
- (ip mqtt): Kiểu dữ liệu char. Ví dụ: 123.
- (state\_led-state\_auto-lux-temperature): Kiểu dữ liệu char. state led và state auto đều có hai giá trị ON và OFF (truyền nguyên chữ ON hoặc OFF). Ví dụ: ON\rOFF\r250\r32.5\r

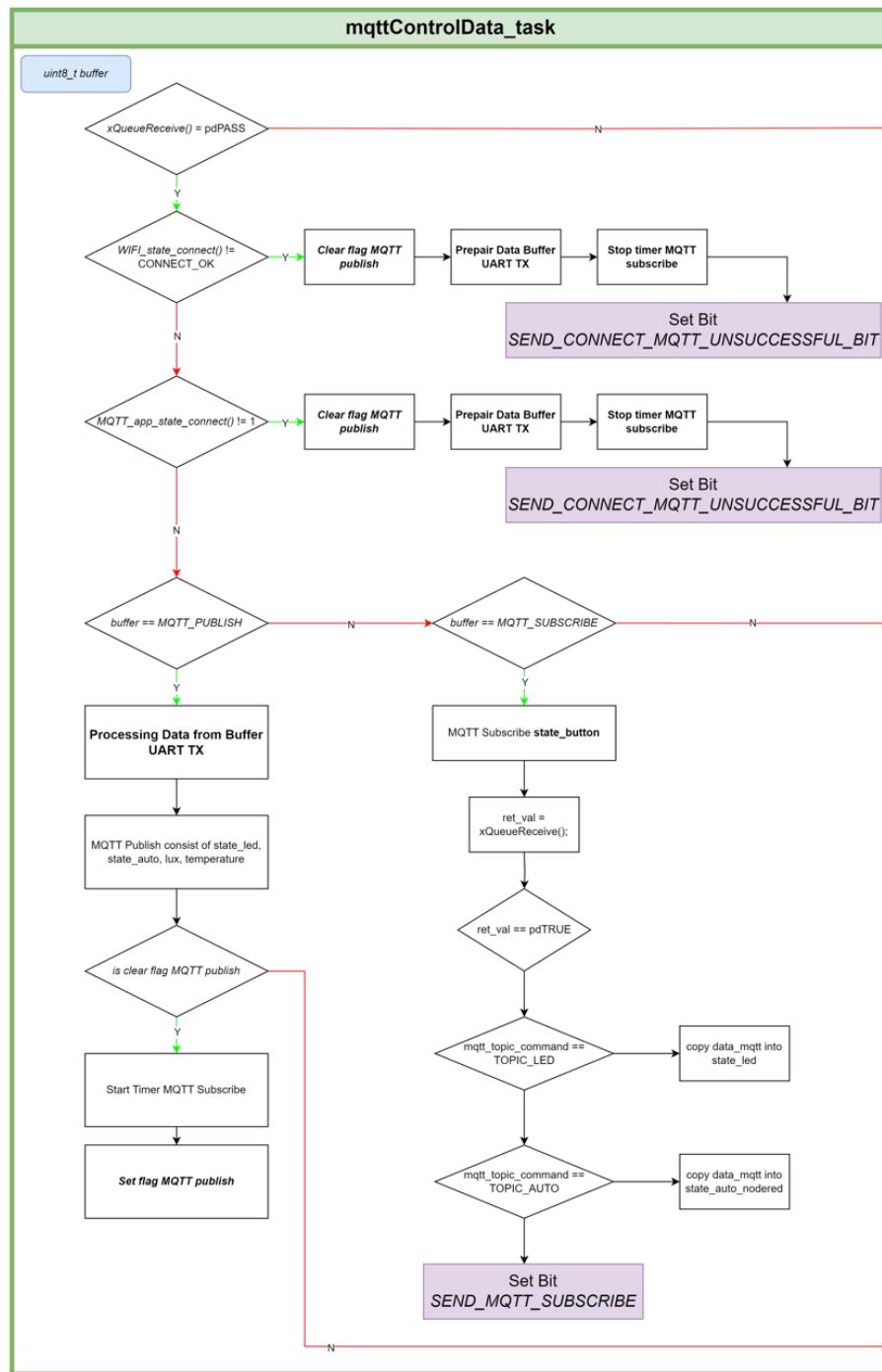
**Hình 31:** Bảng mã ước định khi STM32 là Master

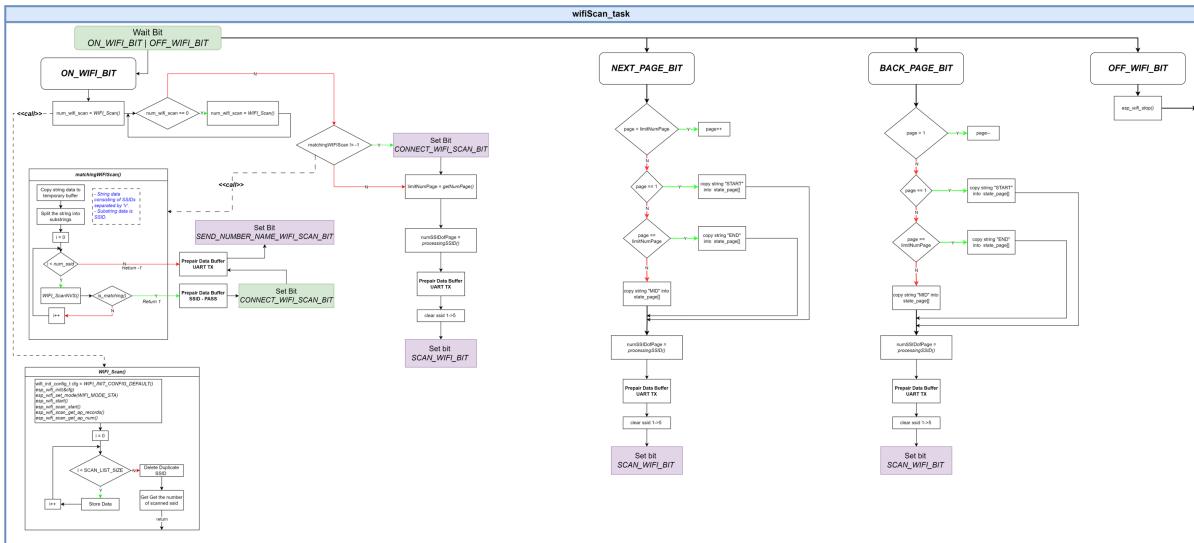
### 3.3.2. ESP32-WROOM32E



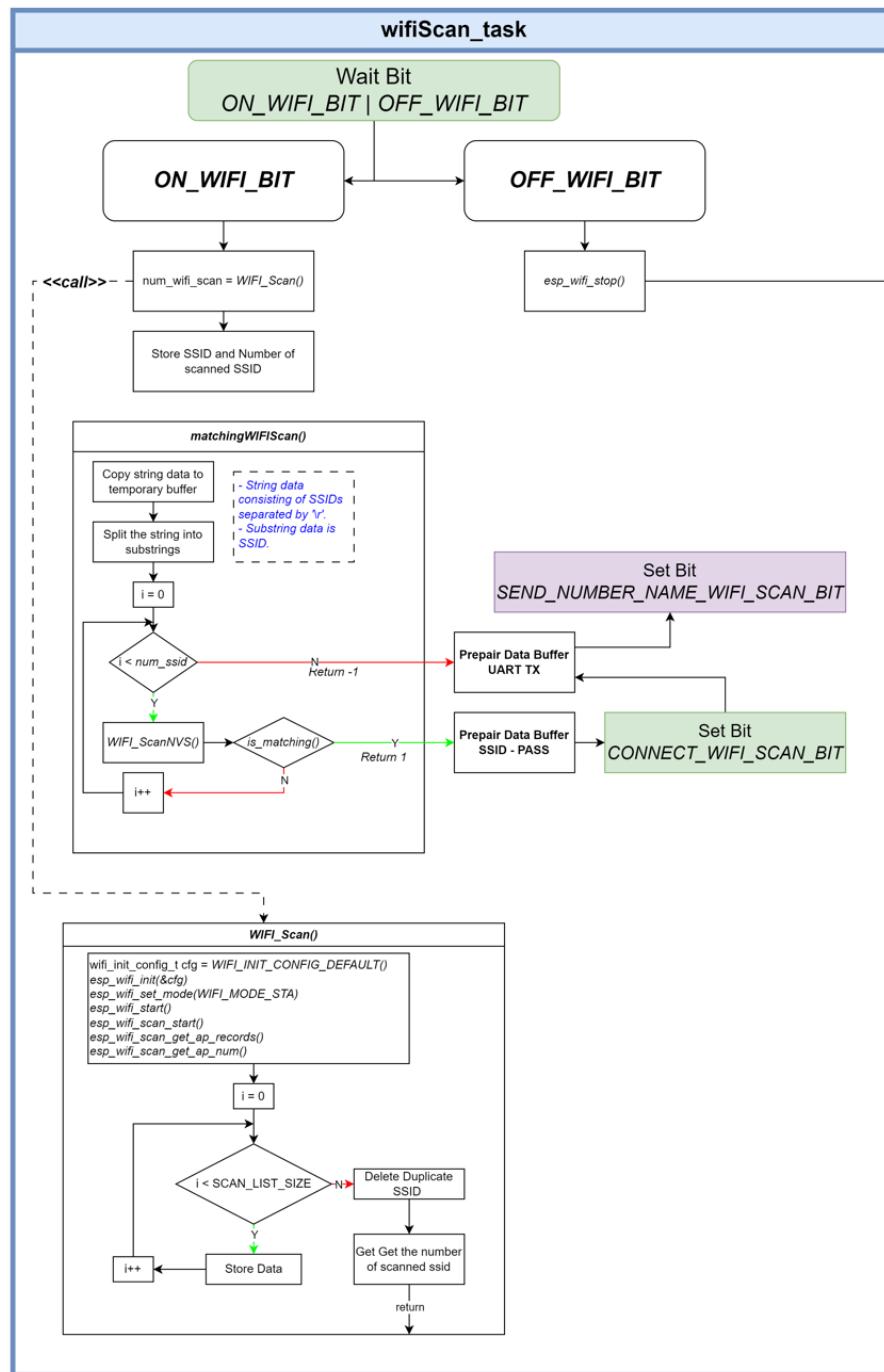
Hình 32: Flow chart khởi tạo phần mềm của ESP32-WROOM32E

**Hình 33:** Flow chart ESP32 Kết nối MQTT**Hình 34:** Flow chart ESP32 MQTT\_timer\_cb

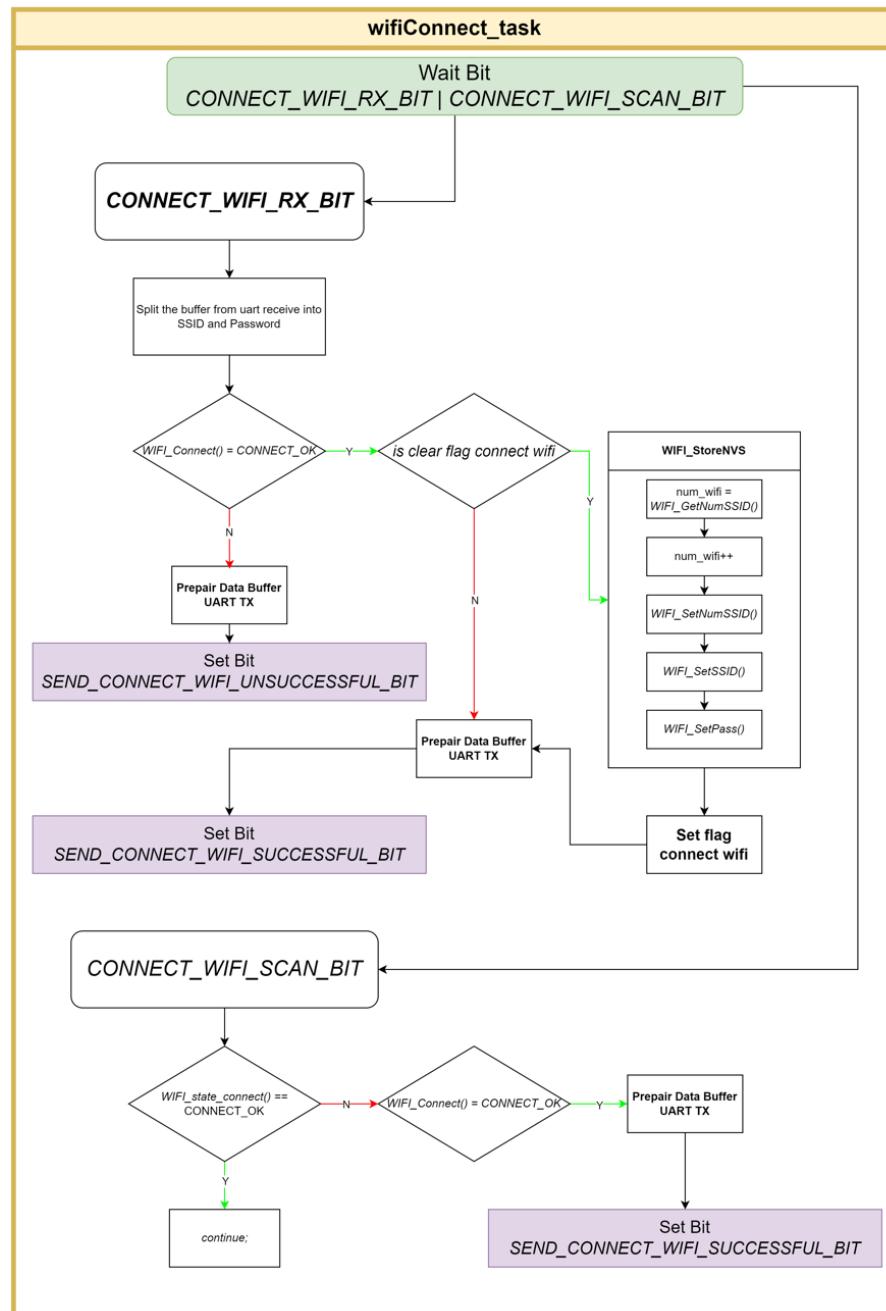
**Hình 35:** Flow chart ESP32 điều khiển data MQTT



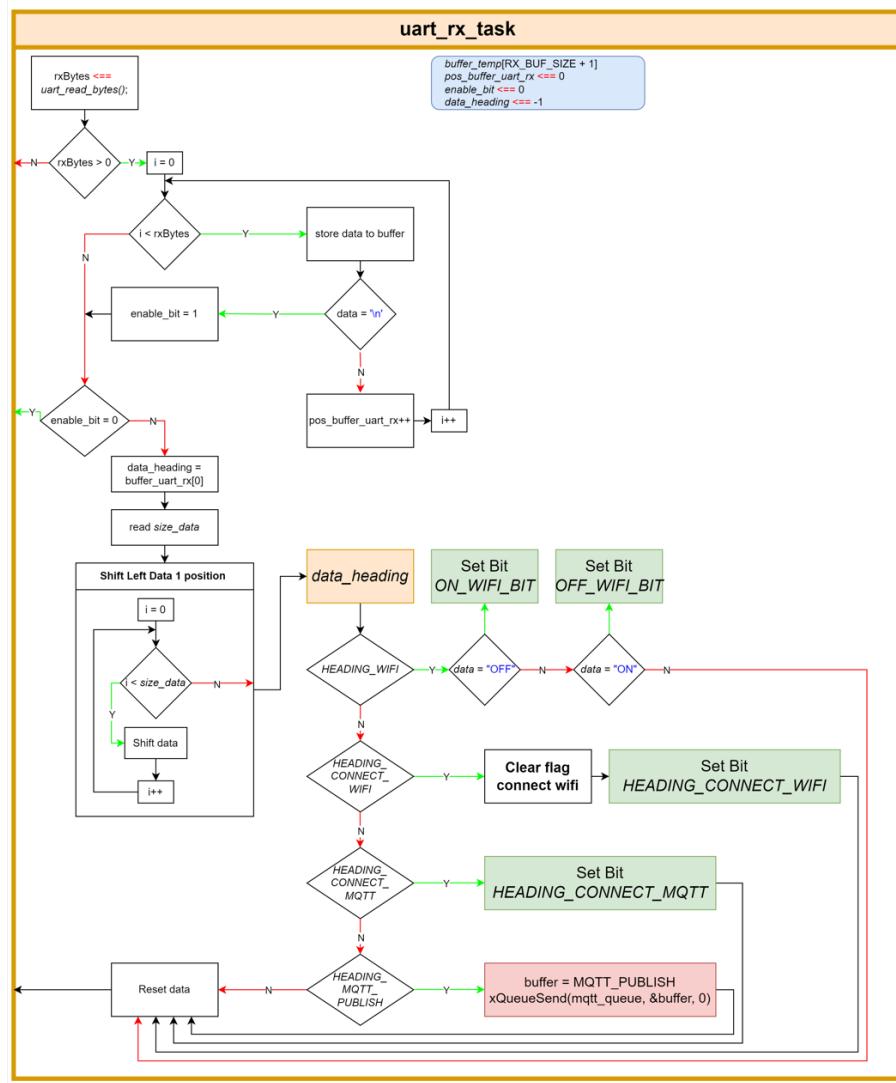
Hình 36: Flow chart ESP32 Task Scan Wifi 1

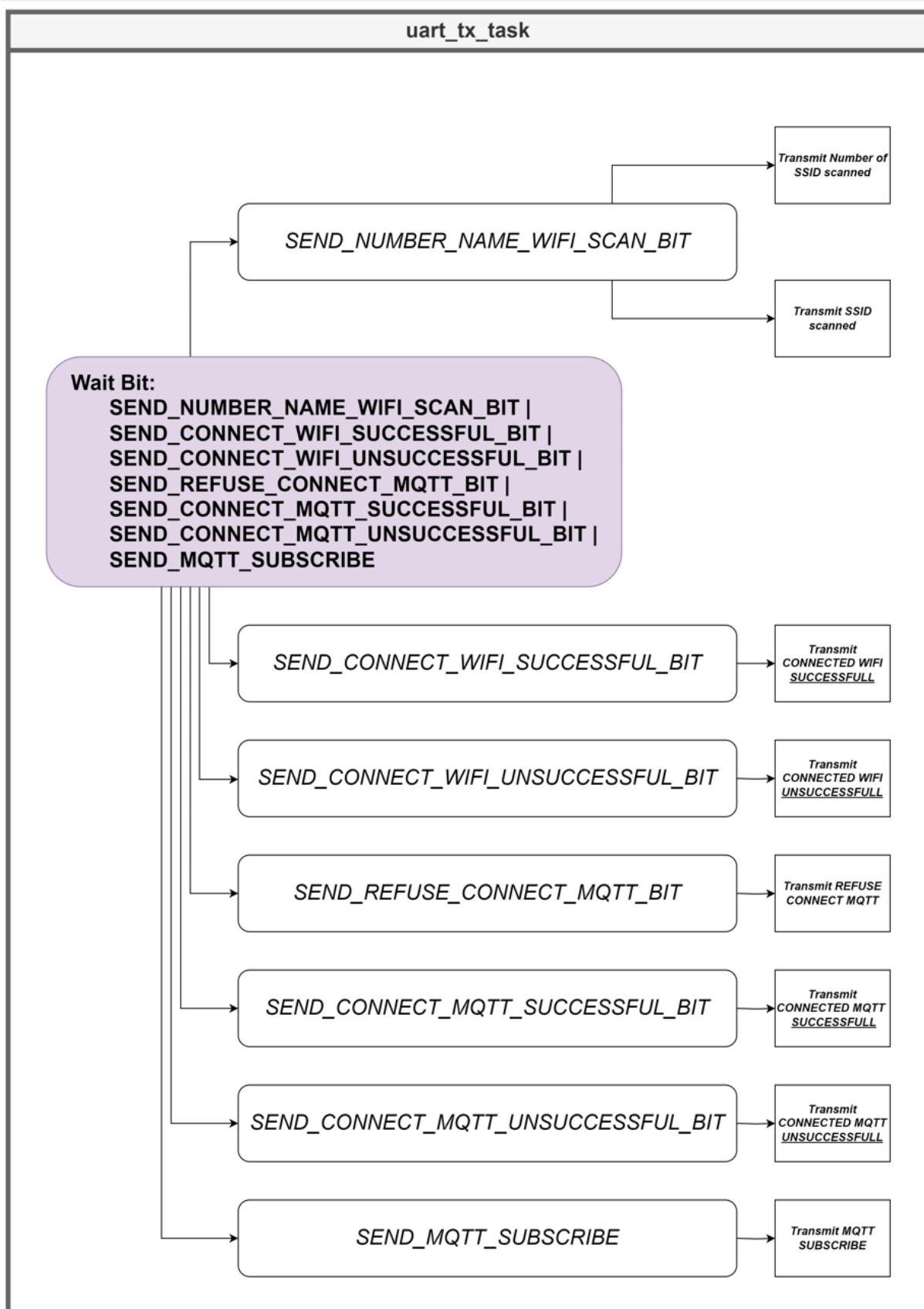


Hình 37: Flow chart ESP32 Task Scan Wifi 2



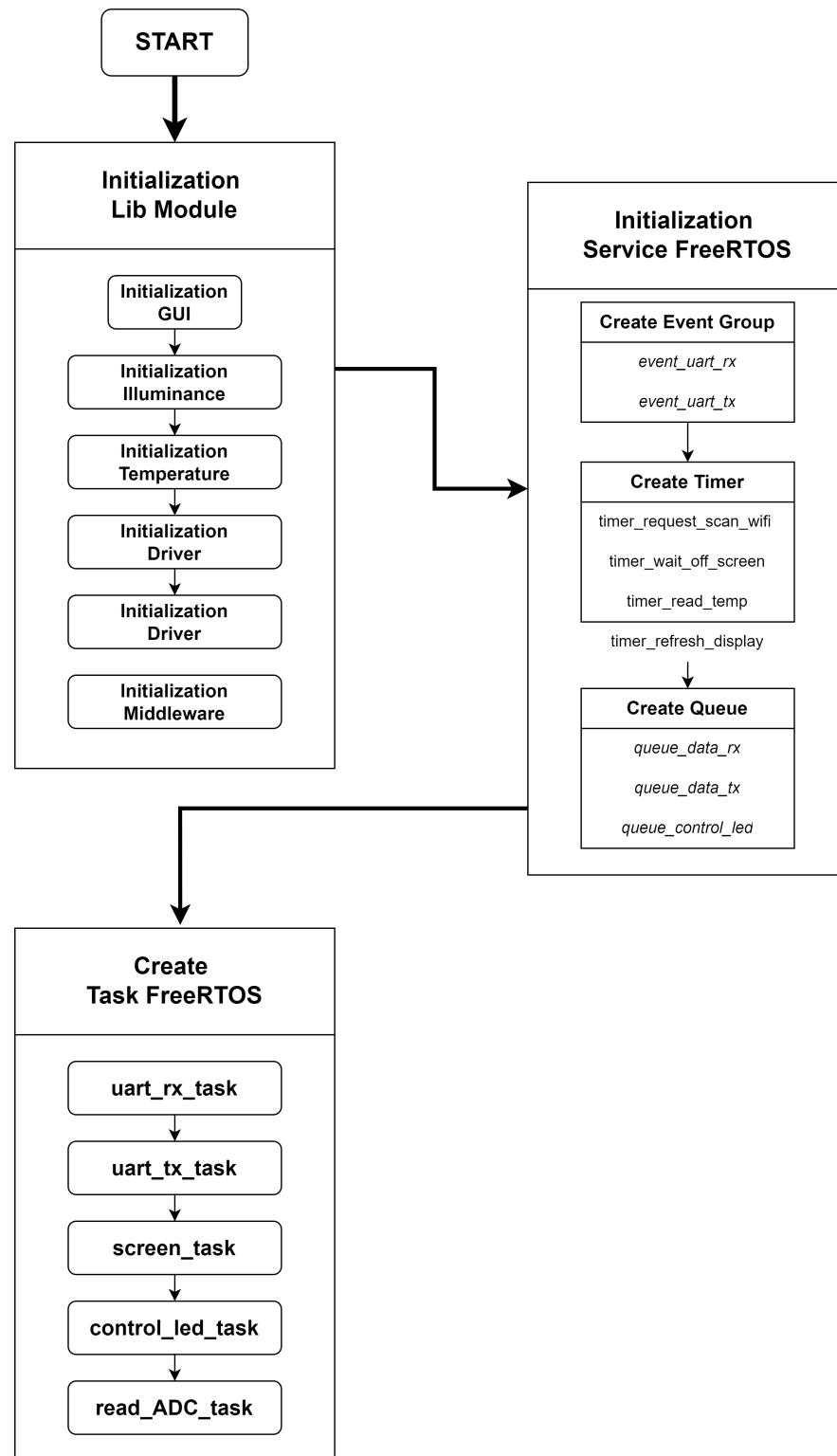
Hình 38: Flow Chart ESP32 Task Kết nối Wifi

**Hình 39:** Flow chart ESP32 Task Uart\_RX

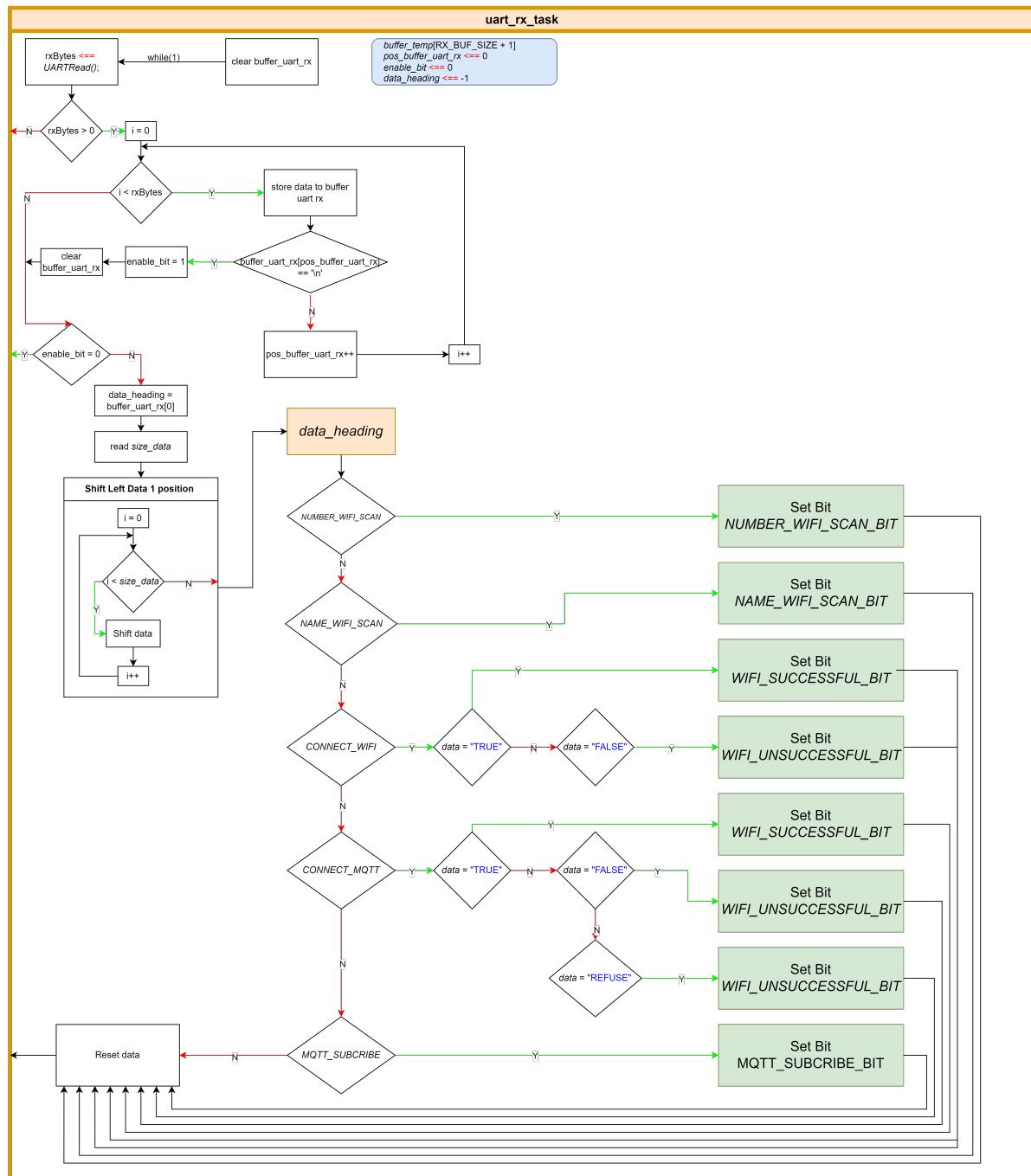


Hình 40: Flow chart ESP32 Task Uart\_TX

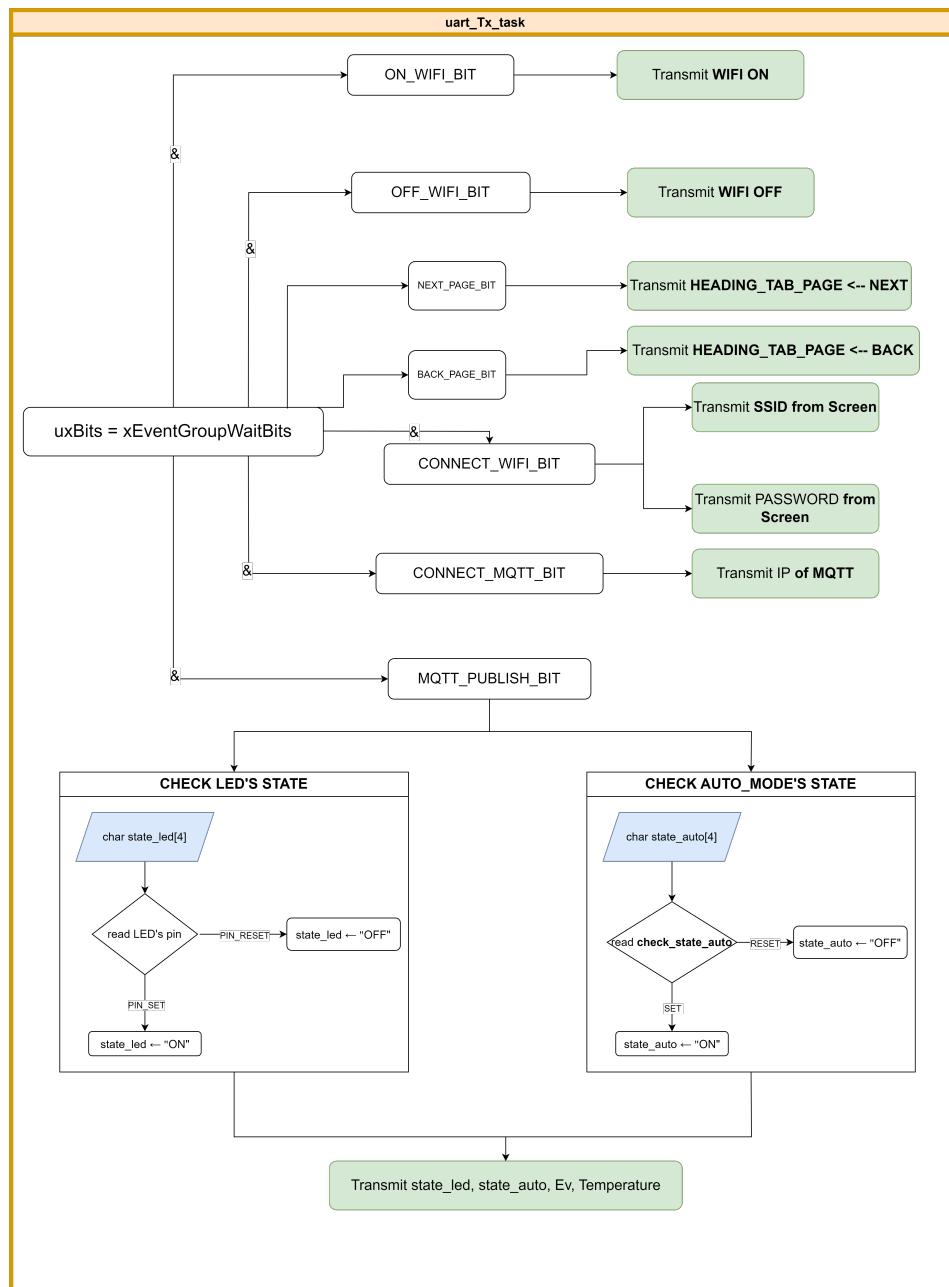
### 3.3.3. STM32F103RCT6

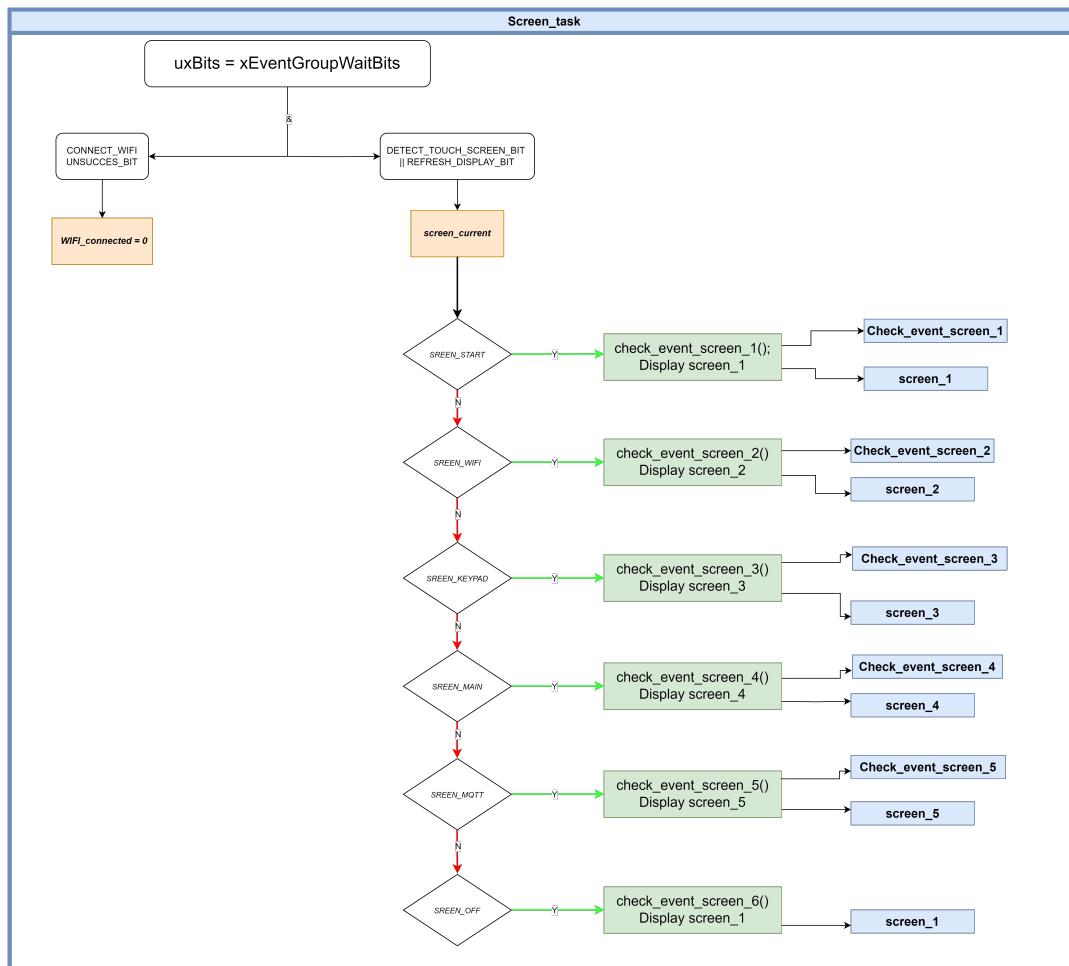


Hình 41: Flow chart khởi tạo phần mềm STM32F103RCT6

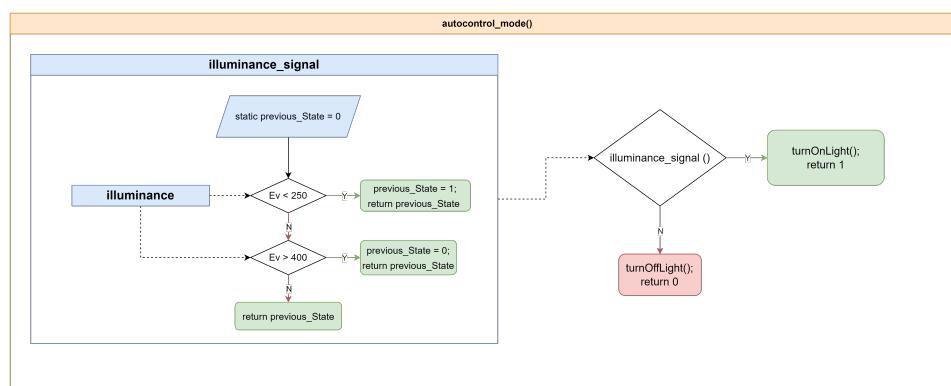


**Hình 42:** Flow chart STM32 Task UART\_RX

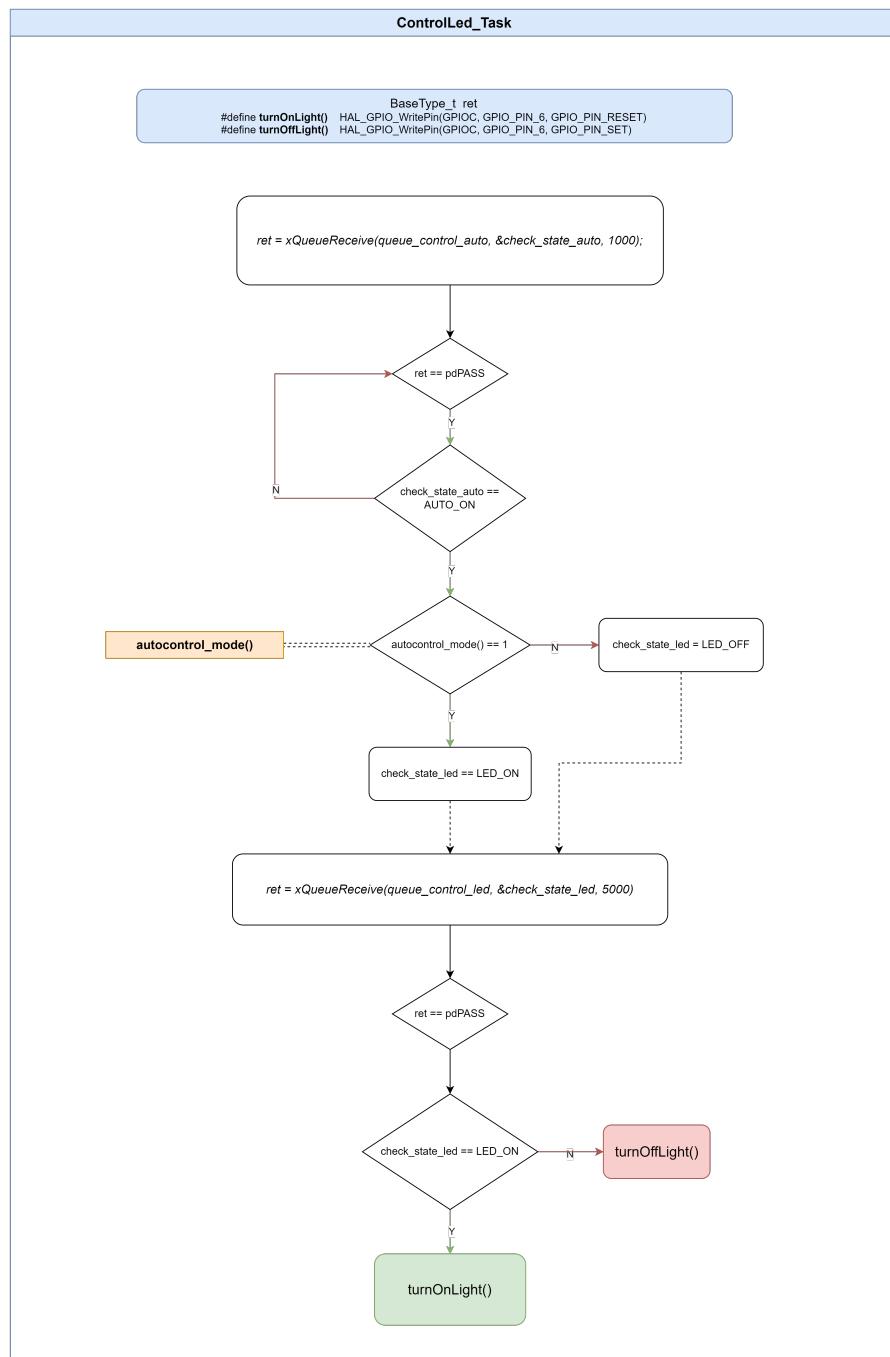
**Hình 43:** Flow chart STM32 task UART\_TX



Hình 44: Flow chart STM32 Screen Task



Hình 45: Flow chart STM32 Autocontrol Mode

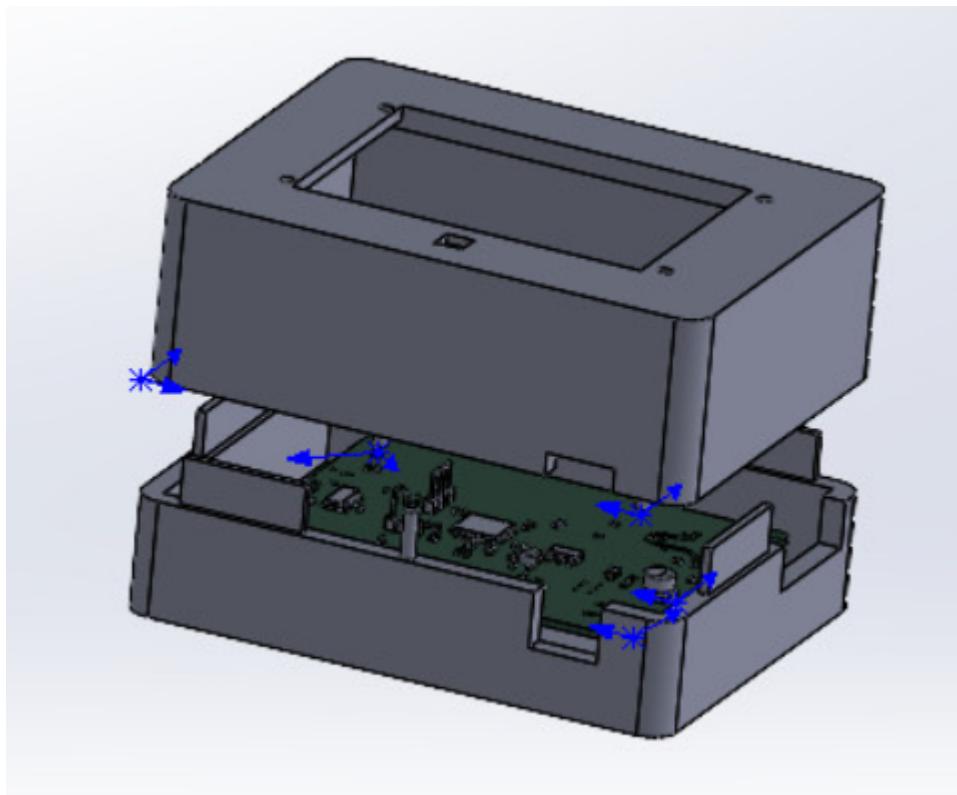
**Hình 46:** Flow chart STM32 Task điều khiển LED

### 3.4. Phần Cơ khí

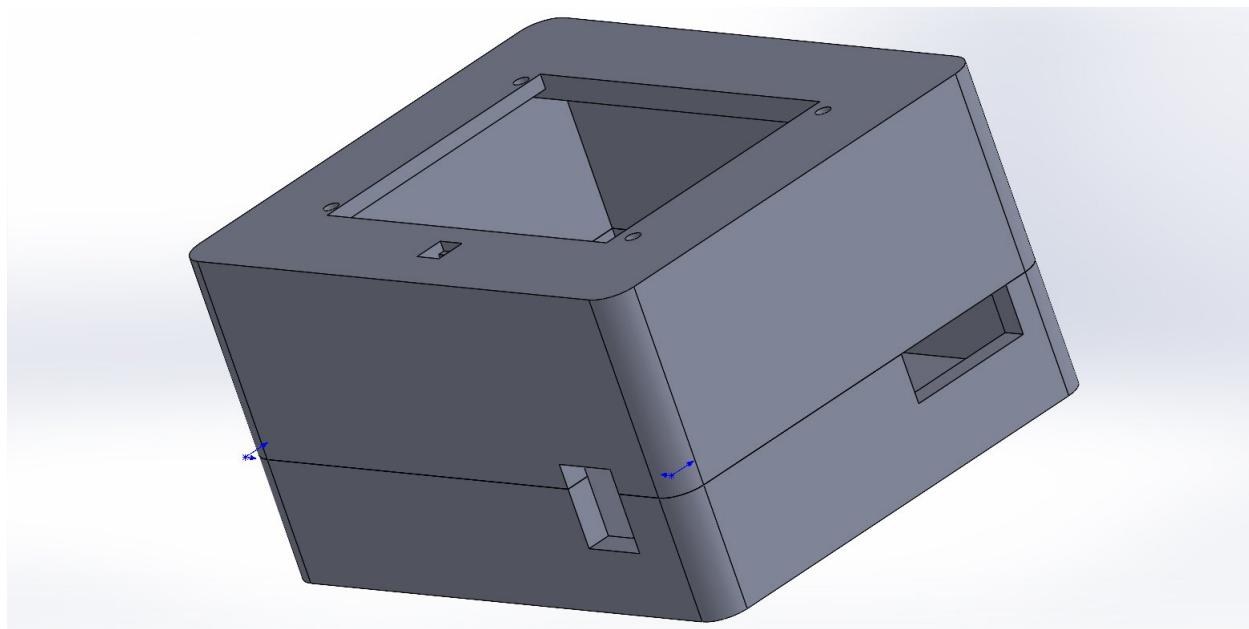
Mạch được đặt trong một hộp đựng được thiết kế để phù hợp với kích thước cũng như các cổng kết nối ra bên ngoài của mạch như kết nối với bóng đèn, anten của ESP32 cũng được đưa ra ngoài để đảm bảo khả năng thu nhận sóng wifi tốt. Vật liệu nhựa ABS được sử dụng cho hộp đựng mạch vì khả năng gia công dễ dàng, nhẹ và độ bền cao. Phần mạch và màn hình được gắn cố định vào hộp đựng, đảm bảo sự chắc chắn và khả

năng bảo vệ an toàn cho mạch tốt nhất, đồng thời cũng khá dễ dàng tháo lắp thuận tiện cho việc sửa chữa khi cần thiết.

**Một số hình ảnh hộp đựng:**



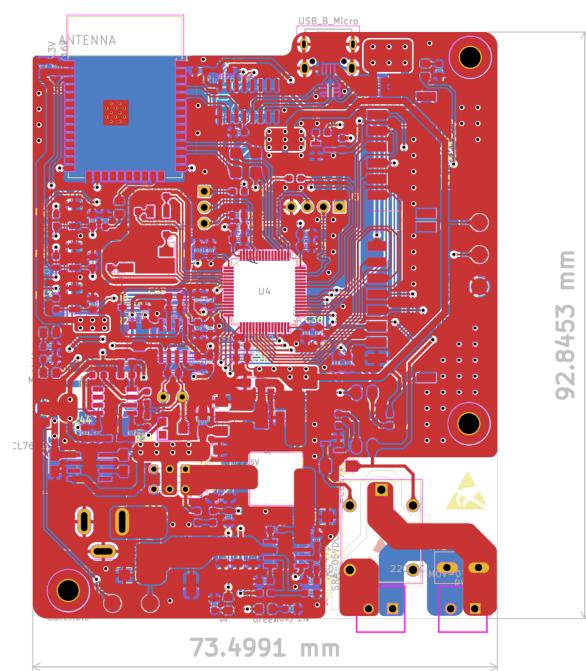
**Hình 47:** Hộp khi có mạch



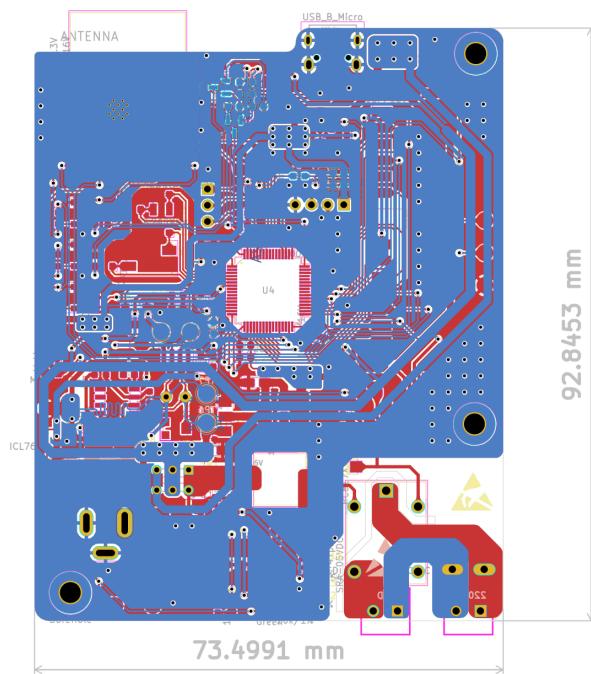
Hình 48: Hộp khi không có mạch

### 3.5. Thiết kế mạch in PCB và hiện thực hóa sản phẩm

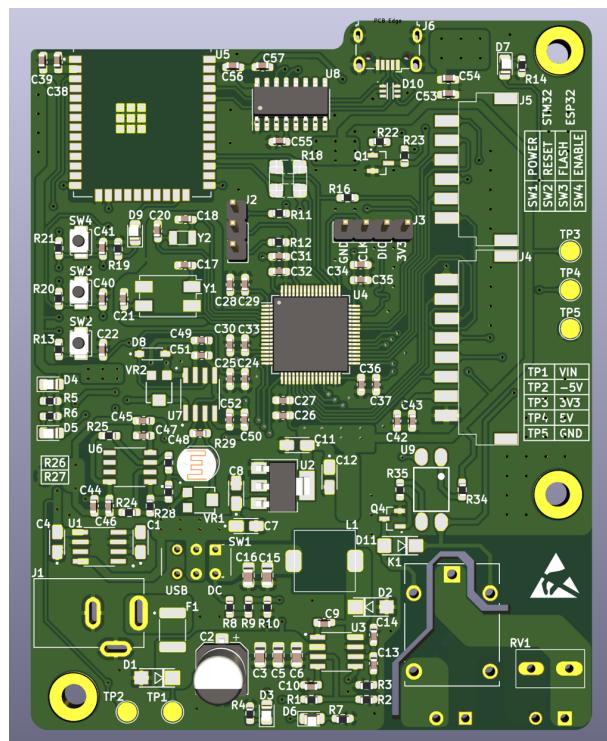
#### 3.5.1. Thiết kế và in mạch PCB



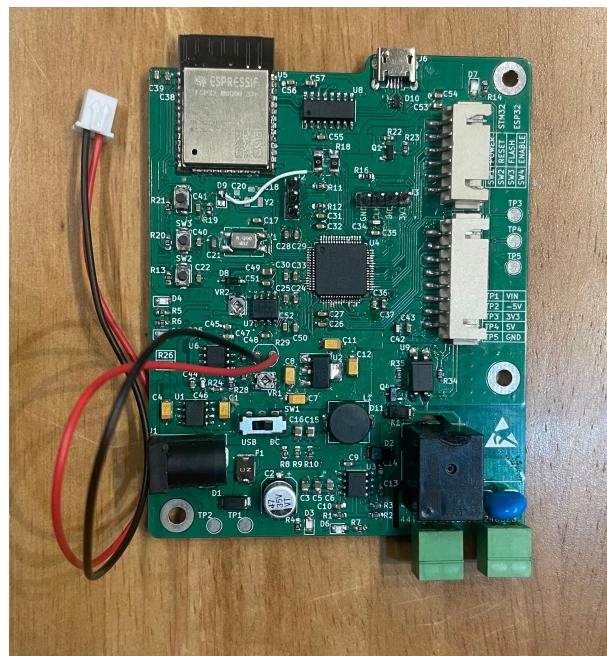
Hình 49: Hình ảnh thiết kế mặt trên của PCB



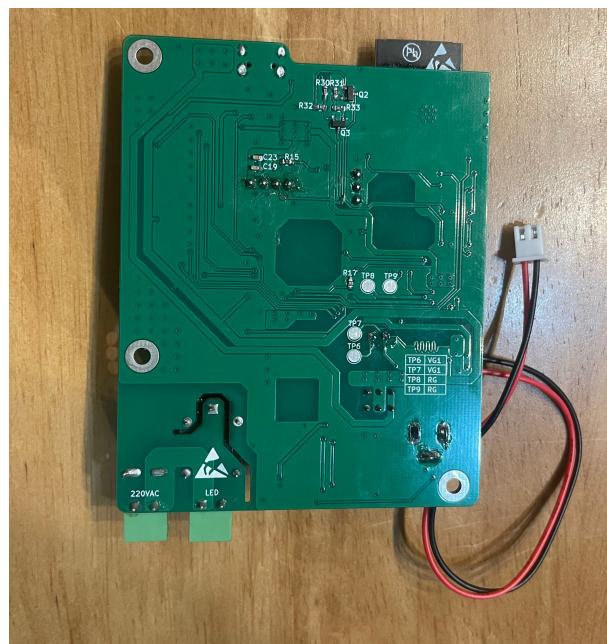
**Hình 50:** Hình ảnh thiết kế mặt dưới của PCB



**Hình 51:** Hình ảnh 3D phía mặt trên của PCB



**Hình 52:** Hình ảnh mặt trên của mạch in PCB trong thực tế



**Hình 53:** Hình ảnh mặt dưới của mạch in PCB trong thực tế

### 3.5.2. Hiện thực hóa sản phẩm



Hình 54: Mặt trước màn hình ILI934



Hình 55: Mặt sau màn hình ILI934



Hình 56: Hình ảnh màn hình đã được lắp vào hộp đựng



**Hình 57:** Hình ảnh tổng thể kết nối hệ thống

## PHẦN IV: CÁC VẤN ĐỀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 4.1. Vấn đề hạn chế

- Tuổi thọ nhỏ hơn 2 năm
- Độ tin cậy cao: lớn hơn 80%.
- Thời gian phản hồi của màn hình nhanh: < 100ms.
- Thời gian phản hồi của chế độ tự động bật/tắt LED ở mức độ trung bình: dưới 3 giây.
- Công suất tiêu thụ dưới 5W
- Kích thước nhỏ gọn: 10x10 cm.
- Khối lượng nhẹ: dưới 300gram.

### 4.2. Vấn đề chức năng

- Vấn đề về chức năng của cảm biến: Mạch tích hợp cảm biến đo ánh sáng trên mạch để sử dụng đo cường độ ánh sáng xung quanh, từ đó có thể điều khiển hoặc tự động bật, tắt LED theo cường độ ánh sáng của môi trường. Do sai số linh kiện và sai số lượng tử của ADC nên kết quả đo cũng sẽ mang sai số nhất định, sau khi đã được hiệu chỉnh để đảm bảo rằng có sai số thấp nhất thì kết quả sai số là 8%.
- Vấn đề về chức năng của màn hình: Mạch sử dụng màn hình cảm ứng TFT ILI9341 để hiển thị hình ảnh màu sắc và cảm ứng điện dung. Với khả năng hiển thị màu sắc và độ phân giải cao cung cấp trải nghiệm hình ảnh số chất lượng. Công nghệ cảm ứng điện dung, màn hình ILI9341 có khả năng nhận diện nhiều điểm chạm cùng lúc, cho phép người dùng thực hiện các thao tác như phóng to, thu nhỏ và xoay hình ảnh một cách dễ dàng. Bên cạnh đó cũng có những hạn chế như thời gian phản hồi có thể chậm hơn so với các công nghệ cảm ứng khác như cảm ứng điện dung với tinh thể lỏng. Màn hình không có khả năng chịu va đập và chống nước vì thế nên cần được đặt cố định trong nhà tránh nơi có độ ẩm cao.

- Vấn đề về chức năng bật tắt LED: Mạch điều khiển LED 220V vì thế sẽ có thể có nhiều xâm nhập vào mạch, tuy nhiên đã được cách ly bảo vệ nên hạn chế tối đa lượng nhiễu gây ảnh hưởng lên MCU, bên cạnh đó công suất bật tắt led được thiết kế để sử dụng bật tắt một số đèn dân dụng, việc sử dụng để điều khiển một số led công suất lớn có thể không cung cấp đủ công suất sẽ gây hư hỏng linh kiện.

#### 4.3. Vấn đề thời gian thực

Trong các hệ thống nhúng, đặc biệt là trong các ứng dụng thời gian thực như Bài tập lớn hiện tại là một điều quan trọng cần phải chú ý, một số vấn đề của hệ thống như sau:

- Độ trễ màn hình: Thời gian hệ thống phản hồi từ khi có sự kiện cảm ứng màn hình xảy ra đến khi xử lý hoàn tất là không quá 50ms.
- Độ trễ trong tự động bật/tắt theo cường độ sáng của cảm biến ánh sáng: Thời gian mà hệ thống sẽ đánh giá lại cường độ sáng từ cảm biến là 1s và thời gian phản hồi từ khi cường độ sáng thay đổi đến khi hệ thống điều chỉnh trạng thái của đèn LED là trong vòng 2s.

#### 4.4. Vấn đề phản hồi

- Khả năng tương tác liên tục với môi trường: luôn luôn hoạt động, nhận tín hiệu từ cảm biến để nhận biết cường độ ánh sáng.
- Khả năng phản hồi theo chu kỳ đối với nhiệm vụ đo cường độ ánh sáng và nhiệt độ.
- Khả năng phản hồi không theo chu kỳ đối với tương tác bật/tắt LED ở chế độ bằng tay dựa trên nhu cầu và sự tương tác của người sử dụng.

#### 4.5. Vấn đề tính đồng thời

- Đồng bộ hóa giữa các tác vụ là một vấn đề cần được chú ý, việc điều khiển từ màn hình cảm ứng và từ cảm biến ánh sáng được xử lý không xảy ra xung đột và phải đồng bộ với nhau. Ưu tiên xử lý sự kiện của màn hình mức cao nhất và sử dụng ngắn để xử lý các sự kiện ngoại vi như input từ màn hình cảm ứng hoặc cảm biến ánh sáng một cách nhanh chóng và phản hồi.

- Sử dụng kỹ thuật phân tách nhiệm vụ để chia các tác vụ lớn thành các tác vụ nhỏ hơn và dễ quản lý hơn. Phân chia các task theo nhóm nhiệm vụ, ở phần màn hình được thực hiện phân chia theo các phần khi chạm cảm ứng, phần xử lý hiển thị, phần điều khiển.
- Sử dụng các cơ chế synchronization như semaphores, mutexes, hoặc message queues để đảm bảo an toàn khi truy cập và chia sẻ dữ liệu giữa các nhiệm vụ, và giữa STM32 và ESP32.

## PHẦN V: ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 5.1. Kết quả thực hiện phần cứng và phần cơ khí

- **Phần cứng:**

- Đáng tin cậy và ổn định: Phần cứng của hệ thống điều khiển đèn thông minh được thiết kế để đảm bảo tính đáng tin cậy và ổn định. Việc sử dụng các linh kiện chất lượng và cẩn thận giúp nhóm đảm bảo hoạt động của hệ thống trong điều kiện hoạt động thực tế.
- Tích hợp linh hoạt: Phần cứng được thiết kế để tích hợp linh hoạt với các thành phần khác trong hệ thống, như cảm biến ánh sáng, vi mạch điều khiển, và các thiết bị ngoại vi khác. Điều này tạo ra một hệ thống linh hoạt và dễ dàng mở rộng để đáp ứng các yêu cầu cụ thể của người dùng.

- **Phần cơ khí:**

- Thiết kế hiện đại và thẩm mỹ: Phần cơ khí của hệ thống được thiết kế với màu sắc trầm và dễ dàng phù hợp với đa số các nơi sử dụng.
- Dễ lắp đặt và sử dụng: Thiết kế cơ khí của hệ thống tạo điều kiện thuận lợi cho việc lắp đặt và sử dụng. Các chi tiết được thiết kế sao cho dễ dàng lắp đặt, đồng thời cung cấp trải nghiệm sử dụng thuận tiện cho người dùng.
- Độ bền và ổn định: Vỏ hộp được chế tạo và thiết kế nhằm đảm bảo độ bền và ổn định trong quá trình sử dụng. Điều này giúp kéo dài tuổi thọ của hệ thống và giảm thiểu sự cố hoặc hỏng hóc trong quá trình vận hành.

### 5.2. Kết quả thử nghiệm và đánh giá hiệu suất của hệ thống

#### 5.1.1. Kết quả thử nghiệm

- Đối với chế độ chờ

- Kết nối Wifi: Hệ thống đáp ứng được khả năng kết nối Wifi ở mức thời gian vừa, chính xác trong việc kết nối và xác nhận Wifi truy cập.
- Kết nối MQTT: Hệ thống đáp ứng nhanh các yêu cầu kết nối MQTT

- Đối với chế độ điều khiển bằng tay: hệ thống đảm bảo tính linh hoạt và dễ sử dụng để người dùng có thể tương tác một cách thuận tiện và hiệu quả. Đồng thời đảm bảo tính an toàn cho người dùng khi thực hiện các thao tác điều khiển.
- Đối với chế độ điều khiển tự động
  - Độ nhạy cảm và chính xác: Hệ thống phản ứng tương đối tốt và chính xác đối với các điều kiện môi trường như ánh sáng, nhiệt độ, hoặc chuyển động. Việc cảm biến và xử lý dữ liệu phải được thực hiện một cách chính xác để điều khiển đèn LED phù hợp với thời gian.
  - Phản hồi và điều chỉnh: Hệ thống cung cấp phản hồi đáng tin cậy về trạng thái hoạt động của đèn LED và nhiệt độ, tuy nhiên, khả năng cập nhật thông tin lên màn hình tương đối tốt.
  - Độ ổn định và đáng tin cậy: Hệ thống hoạt động một cách ổn định và đáng tin cậy trong thời gian trung bình và cố gắng để không gặp phải sự cố hoặc lỗi không mong muốn. Việc kiểm tra và bảo trì định kỳ giúp đảm bảo rằng hệ thống luôn hoạt động hiệu quả và đáng tin cậy.

## 5.2. Kết luận và hướng phát triển

Trong quá trình thực hiện, nhóm đã phát triển và đánh giá một hệ thống điều khiển đèn thông minh với chế độ điều khiển tự động và bằng tay. Hệ thống đã cho thấy hiệu suất ổn định và tính linh hoạt trong việc điều khiển các đèn LED dựa trên điều kiện môi trường và yêu cầu sử dụng của người dùng. Tuy nhiên, vẫn còn một số cơ hội để cải thiện và phát triển hệ thống trong tương lai.

Một trong những hướng phát triển tiềm năng là sử dụng OTA (Over-the-Air) để cập nhật phần mềm và firmware của hệ thống từ xa. Việc này cho phép cập nhật các tính năng mới, sửa lỗi và cải thiện tính năng mà không cần phải can thiệp trực tiếp vào phần cứng. OTA cũng giúp giảm thiểu sự cố do sự cố về phần mềm và cải thiện trải nghiệm người dùng bằng cách đảm bảo rằng hệ thống luôn được cập nhật và hoạt động hiệu quả.

Hệ thống điều khiển LED thông minh có thể được xem là một trong những ứng dụng mang tính thực tiễn và khả năng ứng dụng cao vào môi trường sống. Đặc biệt,

trong thời đại ngày nay, việc tiêu tốn nhiều năng lượng cho việc bật đèn không cần thiết đã gây ra nhiều tác động xấu đến môi trường và đời sống con người, đặc biệt dẫn đến hao phí tài nguyên. Chính vì vậy, hệ thống điều khiển LED thông minh đã cung cấp khả năng điều khiển LED dựa trên đúng nhu cầu sử dụng, góp phần hạn chế tác động xấu đến tài nguyên và giảm thiểu việc ô nhiễm ánh sáng.