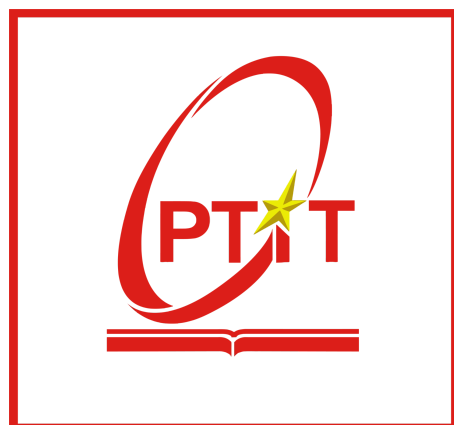


HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

KHOA HỆ THỐNG THÔNG TIN

MÔN HỌC IOT VÀ ỨNG DỤNG



BÀI TẬP

Đề tài: Quản lý và điều khiển thiết bị trong nhà thông minh

Giảng viên: Nguyễn Quốc Uy

Sinh viên: Nguyễn Tuấn Nam

Mã SV: B22DCCN561

HÀ NỘI - 2025

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên em xin gửi lời cảm ơn đến trường Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông đã đưa môn IoT và ứng dụng vào trong chương trình giảng dạy. Đặc biệt em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới thầy Nguyễn Quốc Uy đã tận tình hướng dẫn và truyền đạt những kiến thức quý báu cho em trong suốt thời gian qua để hoàn thành bài báo cáo này. Tuy đã có nhiều cố gắng nhưng do kiến thức và thời gian thực hiện có hạn nên bài báo cáo của em không tránh khỏi những sai sót. Em rất mong nhận được những ý kiến đóng góp, phê bình của thầy. Đó sẽ là hành trang quý giá để em có thể hoàn thiện mình sau này. Em xin chân thành cảm ơn thầy.

I. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN.....	4
1. Giới thiệu đề tài.....	4
2. Mục tiêu của đề tài.....	4
3. Mô tả hệ thống.....	4
4. Các thiết bị sử dụng cho hệ thống.....	5
II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG.....	8
1. Thiết kế kiến trúc.....	8
2. Thiết kế giao diện.....	9
3. Luồng hoạt động.....	12
III. KẾT QUẢ THU ĐƯỢC.....	15
1. API Doc.....	15
IV. KẾT LUẬN.....	18

I. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

1. Giới thiệu đề tài

Trong bối cảnh cuộc sống hiện đại, công nghệ thông tin ngày càng thâm nhập sâu rộng vào mọi khía cạnh. Cùng với đó, Internet of Things (IoT) đã trở thành một phần không thể thiếu, được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như công nghệ, nông nghiệp và các hoạt động sinh hoạt hàng ngày. Đề tài quản lý và điều khiển thiết bị trong nhà thông minh sẽ tập trung xây dựng một hệ thống IoT đơn giản, có khả năng thu thập dữ liệu từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, đồng thời điều khiển các thiết bị như quạt, điều hòa và bóng điện trong nhà. Hệ thống này cho phép người dùng giám sát ngôi nhà của mình mọi lúc, mọi nơi, chỉ cần có kết nối internet.

2. Mục tiêu của đề tài

Hệ thống này được thiết kế để thu thập liên tục dữ liệu môi trường từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng, sau đó cập nhật lên hệ thống để người dùng có thể theo dõi từ xa. Ngoài ra, hệ thống còn có khả năng điều khiển các thiết bị điện trong nhà như quạt, điều hòa và bóng đèn. Việc điều khiển này có thể dựa trên các điều kiện môi trường được ghi nhận hoặc theo yêu cầu trực tiếp từ người dùng thông qua giao diện điều khiển từ xa có kết nối internet.

Để đảm bảo khả năng kết nối và truyền tải dữ liệu, hệ thống sử dụng kết nối WiFi để gửi dữ liệu từ cảm biến và nhận lệnh điều khiển. Điều này cho phép người dùng dễ dàng giám sát và điều khiển các thiết bị trong nhà từ bất kỳ đâu thông qua điện thoại hoặc máy tính.

Cuối cùng, tất cả dữ liệu từ cảm biến sẽ được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu. Việc lưu trữ này không chỉ giúp người dùng theo dõi các thay đổi theo thời gian mà còn hỗ trợ việc đưa ra các quyết định tự động, ví dụ như tự động bật điều hòa khi nhiệt độ vượt quá một ngưỡng nhất định.

3. Mô tả hệ thống

- Cảm biến DHT11: Sử dụng cảm biến DHT11 để đo lường chỉ số nhiệt độ(từ 0 đến 50°C) và độ ẩm(từ 20 đến 100%).

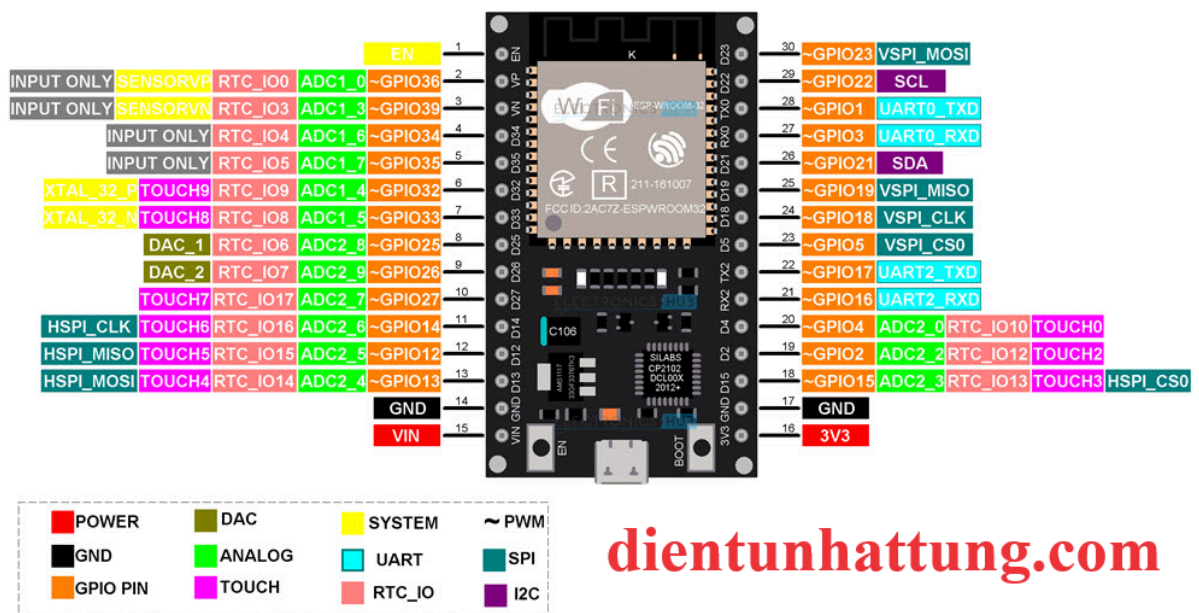
- Cảm biến BH1750: Sử dụng cảm biến BH1750 để đo lường chỉ số ánh sáng(từ 0 đến 65535lx).

- Dữ liệu được cập nhật theo thời gian thực để có thể giúp người dùng cập nhật chỉ số nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng ngay lập tức. Ngoài ra, người dùng cũng có thể theo dõi lịch sử của các chỉ số để biết khi nào nhiệt độ cao, khi nào nhiệt độ thấp.

- Hệ thống điều khiển(bật/tắt) các thiết bị trong nhà theo mong muốn mà không cần thao tác trực tiếp với thiết bị. Chỉ cần có internet, người dùng có thể thao tác trực tiếp bật/tắt các thiết bị đang sử dụng. Ngoài ra, người dùng còn có thể xem lịch sử hoạt động của các thiết bị.

4. Các thiết bị sử dụng cho hệ thống

a. ESP32 WROOM Wifi



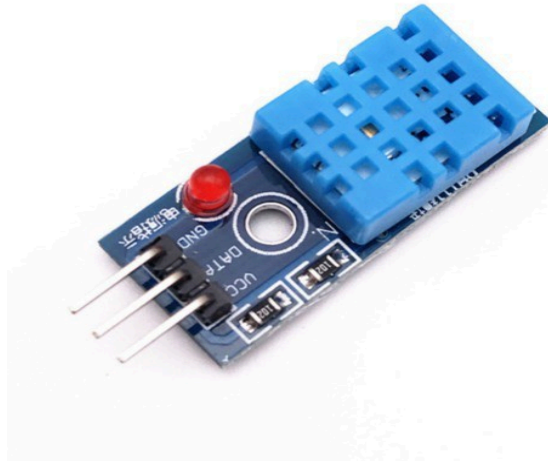
dientunhattung.com

Hình. ESP32 WROOM Wifi

Thông số kỹ thuật:

- IC chính: Wifi BLE SoC ESP32 ESP-WROOM-32
- Điện áp sử dụng: 2.2V~3.6VDC
- Dòng điện sử dụng: ~90mA
- Nhân xử lý trung tâm: ESP32-D0WDQ6 Dual-core low power Xtensa® 32-bit LX6 microprocessors.
- ROM: 448KBytes
- SRAM: 520 KBytes/ 8 KBytes SRAM in RTC SLOW/ 8 KBytes SRAM in RTC FAST
- WiFi: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n up to 150 Mbps)
- Bluetooth: Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
- Wi-Fi mode: Station/softAP/SoftAP+station/P2P
- Bảo mật: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Encryption: AES/RSA/ECC/SHA
- Giao thức mạng: IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
- Interfaces: SD-card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S , IR, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC, Hall sensor, temperature sensor

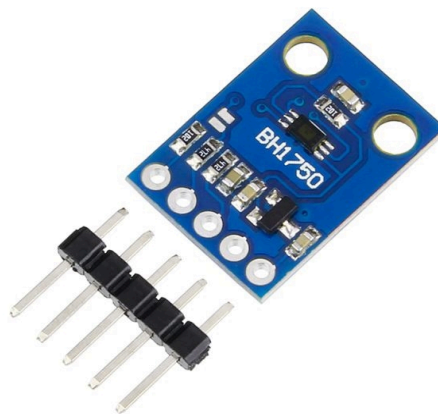
b. Cảm biến DHT11(cảm biến nhiệt độ, độ ẩm)



Hình. Cảm biến DHT11

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 5V
 - Chuẩn giao tiếp: TTL, 1 wire.
 - Khoảng đo độ ẩm: 20%-80%RH sai số $\pm 5\%RH$
 - Khoảng đo nhiệt độ: 0-50°C sai số $\pm 2^{\circ}C$
 - Tần số lấy mẫu tối đa 1Hz (1 giây / lần) + Kích thước: 28mm x 12mm x 10mm
- c. Cảm biến BH1750(ánh sáng)



Hình. Cảm biến BH1750

Thông số kỹ thuật:

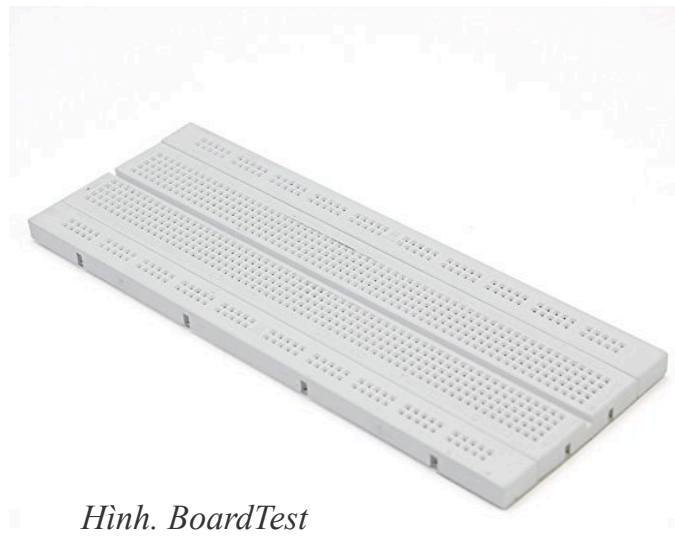
- Nguồn: 3~5VDC
- Điện áp giao tiếp: TTL 3.3~5VDC
- Chuẩn giao tiếp: I2C
- Khoảng đo: 1 -> 65535 lux

- Kích cỡ: 21*16*3.3mm
- d. Điện trở



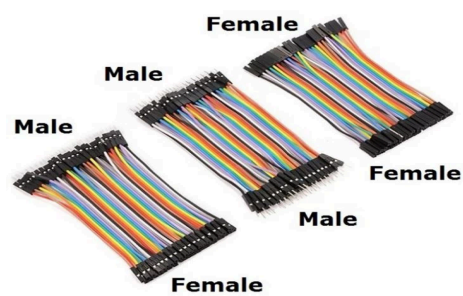
Hình. Điện trở

- e. BoardTest



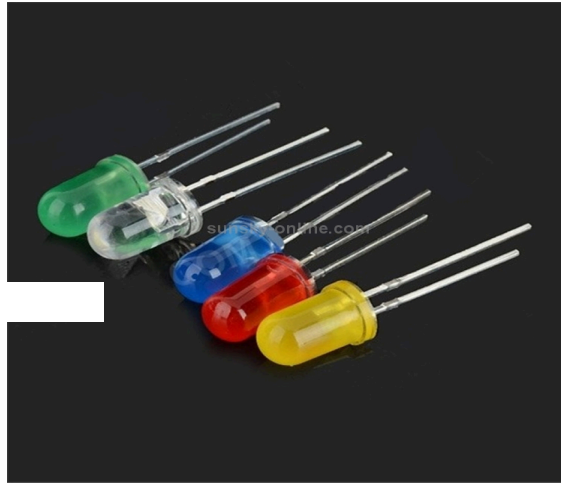
Hình. BoardTest

- f. Dây cáp Dupont



Hình. Dây cáp Dupont

- g. Các đèn led

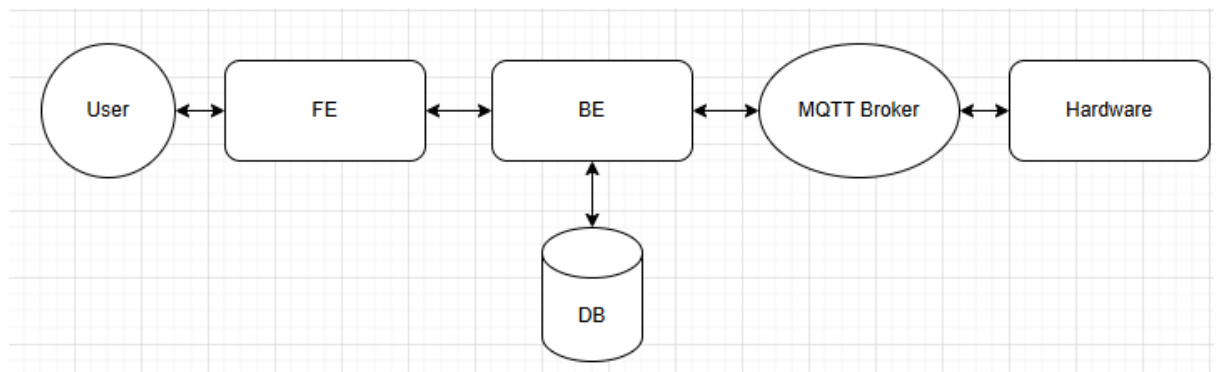


Hình. Đèn Led

II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

1. Thiết kế kiến trúc

Sơ đồ thiết kế hệ thống



Hình. Sơ đồ thiết kế hệ thống

ESP32

- Publish dữ liệu cảm biến lên MQTT topic esp/sensor
- Subscribe esp/control để nhận lệnh điều khiển thiết bị
- Publish trạng thái thiết bị lên topic esp/status/+

MQTT Broker(trung tâm giao tiếp)

Các topic:

- esp/sensor → dữ liệu cảm biến.
- esp/control → lệnh điều khiển.
- esp/status → trạng thái thiết bị.

Server Web(Nodejs + Express + SQL Server + MQTT)

- db.js để kết nối với CSDL SQL Server.
- mqttHandler.js để kết nối với MQTT Broker(local) với topic esp/sensor, esp/status/
- routers/ chứa các API:

api/device/.. : các API liên quan đến các thiết bị.

api/sensors/...: các API liên quan đến cảm biến.

api/profile: API liên quan đến người dùng.

- controllers/ chứa các hàm logic nghiệp vụ.

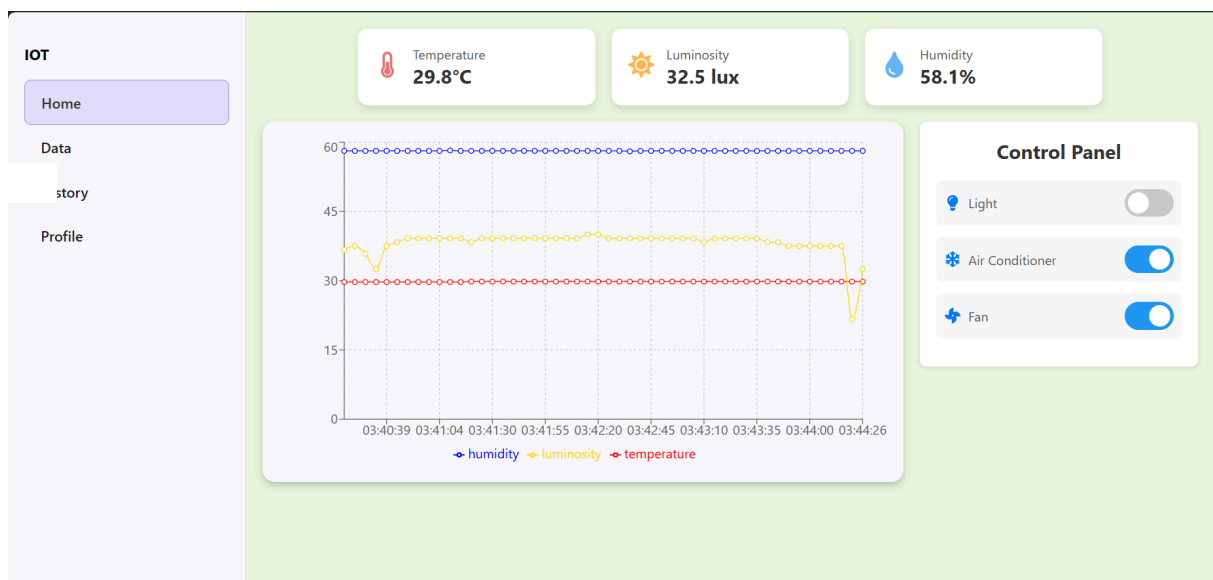
Web Dashboard(ReactJS)

- Gọi API để hiển thị 3 ô dữ liệu(nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng)
- Vẽ biểu đồ bằng DataChart.js
- DataPage.js: Hiển thị lịch sử dữ liệu cảm biến dưới dạng bảng.
- HistoryPage.js: Hiển thị lịch sử BẬT/TẮT thiết bị.
- ProfilePage.js: Hiển thị thông tin cá nhân.

2. Thiết kế giao diện

Giao diện hệ thống gồm 4 trang:

Trang chủ(Home), trang theo dõi dữ liệu cảm biến (Data), trang quản lý lịch sử hoạt động của thiết bị (History), trang thông tin cá nhân(Profile).



Hình. Giao diện Home

Dữ liệu được cập nhật 3 ô:

- Nhiệt độ(Temperature): Hiển thị nhiệt độ hiện tại với biểu tượng nhiệt kế.
- Độ ẩm(Humidity): Hiển thị độ ẩm hiện tại với biểu tượng giọt nước.

- Ánh sáng(Luminosity): Hiển thị cường độ ánh sáng hiện tại với biểu tượng mặt trời.

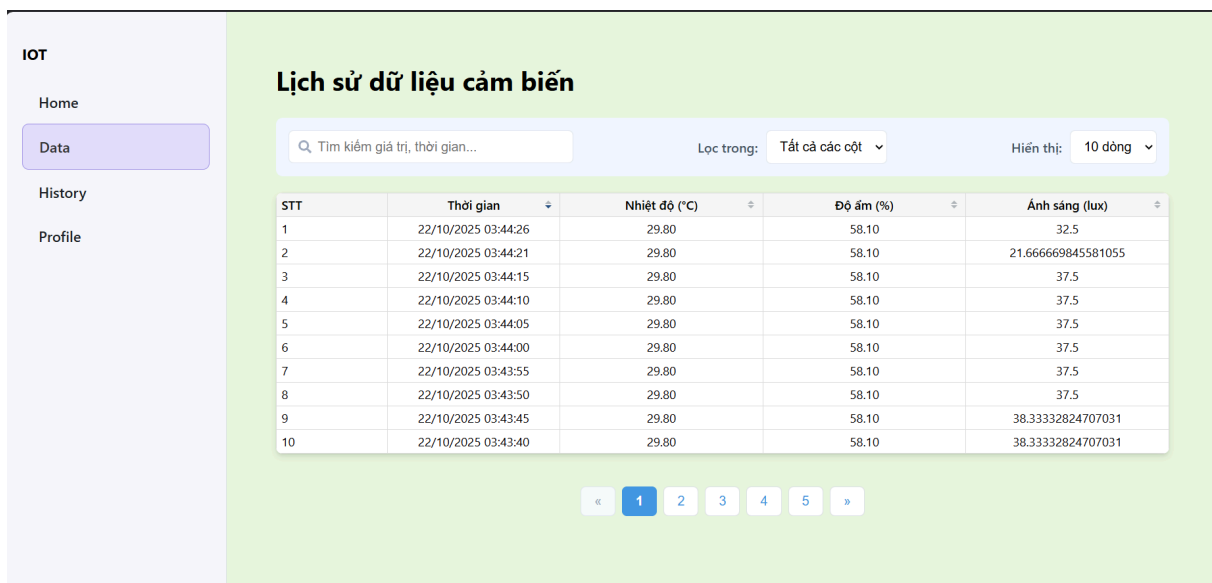
Biểu đồ theo dõi: Biểu đồ kết hợp hiển thị dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm, ánh sáng theo thời gian.

- Đường màu đỏ: thể hiện nhiệt độ.
- Đường màu vàng: thể hiện ánh sáng.
- Đường màu xanh dương: thể hiện độ ẩm.

Điều khiển thiết bị:

- Quạt(Fan): Biểu tượng cánh quạt với nút gạt bật/tắt.
- Điều hòa(Air Conditioner): Biểu tượng bông tuyết với nút gạt bật/tắt.
- Đèn(Light): Biểu tượng bóng đèn với nút gạt bật/tắt.

Trang Data:



The screenshot shows a web interface for an IoT system. On the left is a sidebar with navigation links: IOT, Home, Data (selected), History, and Profile. The main content area is titled 'Lịch sử dữ liệu cảm biến' (Sensor Data History). It features a search bar, a filter dropdown set to 'Tất cả các cột' (All columns), and a display count of '10 dòng' (10 rows). Below this is a table with 5 columns: STT, Thời gian, Nhiệt độ (°C), Độ ẩm (%), and Ánh sáng (lux). The table contains 10 rows of data, all from the date 22/10/2025. At the bottom of the table are pagination controls showing page 1 of 5.

STT	Thời gian	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm (%)	Ánh sáng (lux)
1	22/10/2025 03:44:26	29.80	58.10	32.5
2	22/10/2025 03:44:21	29.80	58.10	21.666669845581055
3	22/10/2025 03:44:15	29.80	58.10	37.5
4	22/10/2025 03:44:10	29.80	58.10	37.5
5	22/10/2025 03:44:05	29.80	58.10	37.5
6	22/10/2025 03:44:00	29.80	58.10	37.5
7	22/10/2025 03:43:55	29.80	58.10	37.5
8	22/10/2025 03:43:50	29.80	58.10	37.5
9	22/10/2025 03:43:45	29.80	58.10	38.33332824707031
10	22/10/2025 03:43:40	29.80	58.10	38.33332824707031

Hình. Giao diện trang Data

Hiện thông tin của nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng với các trường dữ liệu:

- ID: mã của dữ liệu cảm biến.
- Nhiệt độ: Nhiệt độ đọc từ cảm biến.
- Độ ẩm: Độ ẩm đọc từ cảm biến.
- Ánh sáng: Ánh sáng đọc từ quang trở.
- Thời gian: Thời gian thực của dữ liệu.

Các chức năng cho user sử dụng ở trang Data:

- Tìm kiếm dữ liệu cảm biến theo thời gian.
- Lọc dữ liệu cảm biến theo Nhiệt độ, Độ ẩm, Ánh Sáng.
- Thực hiện sắp xếp dữ liệu cảm biến theo chiều tăng dần hoặc theo. dần của các trường dữ liệu.
- Phân trang dữ liệu theo các yêu cầu của người dùng.

Trang History:

IOT

Home

Data

History

Profile

Lịch sử hoạt động thiết bị

Q Tìm kiếm tên thiết bị, trạng thái, thời gian..

Thiết bịTất cả

Trạng tháiTất cả

Hiển thị: 10 dòng

STT	Tên thiết bị	Trạng thái	Thời gian
1	Light	OFF	22/10/2025 03:40:38
2	Light	ON	22/10/2025 03:40:16
3	Light	OFF	22/10/2025 03:40:08
4	Fan	ON	22/10/2025 03:40:06
5	Fan	OFF	22/10/2025 03:39:59
6	Fan	ON	22/10/2025 03:37:28
7	Fan	OFF	22/10/2025 03:37:18
8	Fan	ON	22/10/2025 03:36:49
9	Air Conditioner	ON	22/10/2025 03:36:44
10	Light	ON	22/10/2025 03:36:41

«

1

2

3

4

5

»

Hình. Giao diện History

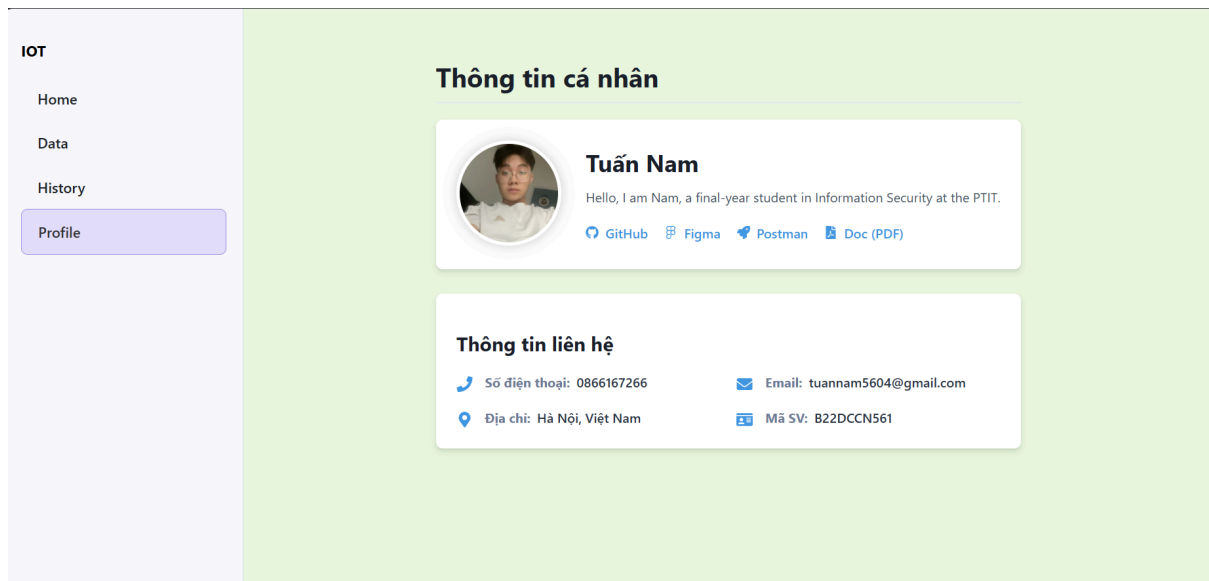
Hiện thông số các hoạt động điều khiển thiết bị của người dùng:

- Thiết bị: Tên thiết bị ghi nhận.
- Hành động: Trạng thái thiết bị ON/OFF.
- Ngày giờ: Thời gian ghi nhận trạng thái thiết bị thay đổi.

Các chức năng cho người dùng sử dụng ở trang History:

- Thực hiện tìm kiếm theo thời gian lịch sử bật/tắt thiết bị.
- Lọc dữ liệu bật/tắt thiết bị theo loại thiết bị.
- Lọc dữ liệu dựa trên trạng thái của ON/OFF của thiết bị.
- Phân trang dữ liệu bật tắt thiết bị theo nhu cầu của người dùng.

Trang Profile:

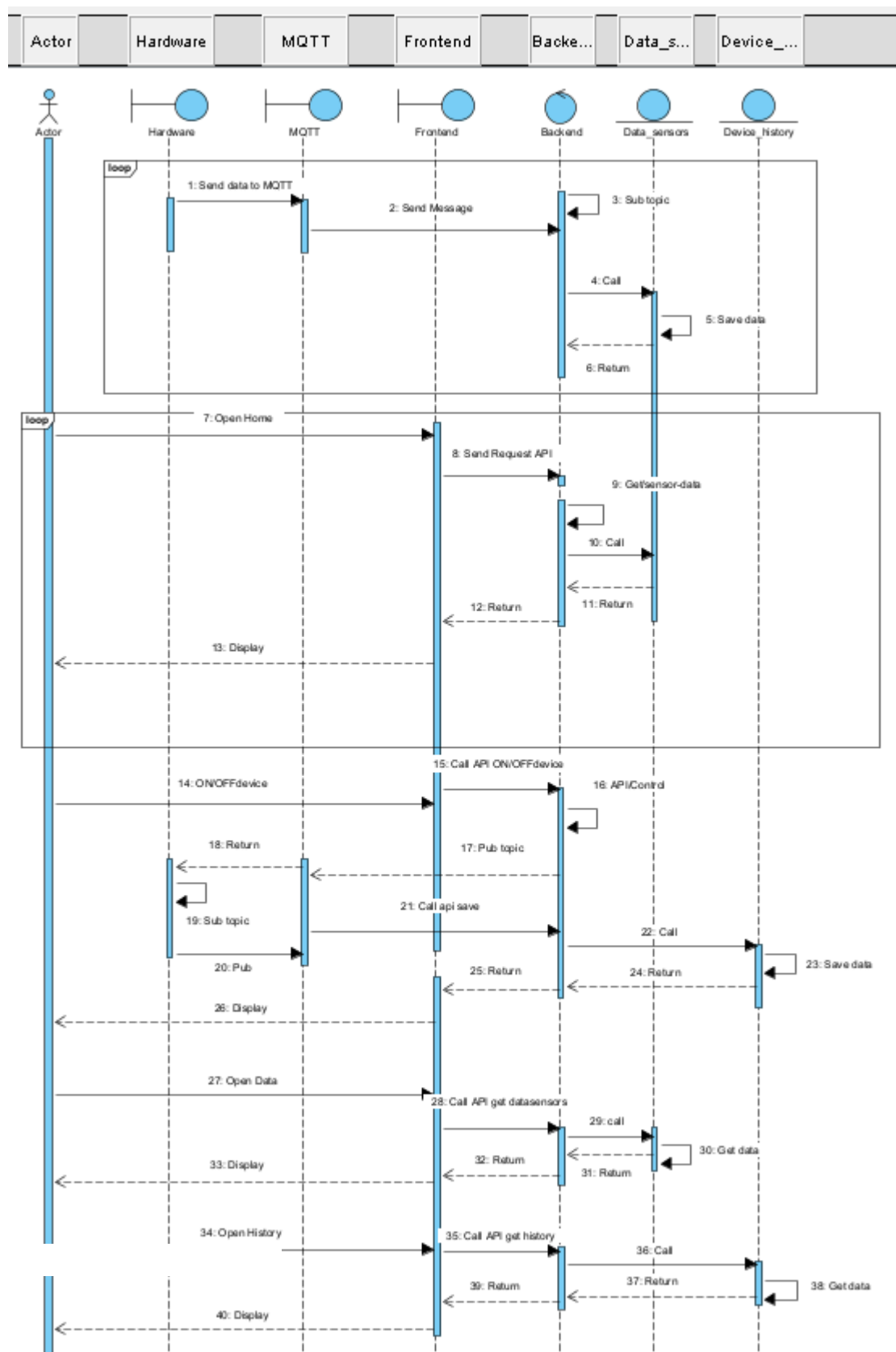


Hình. Giao diện Profile

Trang Profile cung cấp:

- Thông tin cá nhân và học tập của người dùng.
- Liên kết đến tài khoản Github cá nhân.
- Liên kết với tài liệu của dự án.
- Liên kết đến tài liệu API của dự án.

3. Luồng hoạt động



Hình. Sơ đồ tuần tự

- **Luồng dữ liệu cảm biến:**

1. Hardware gửi dữ liệu về MQTT: esp32 publish to 'esp/sensor'
2. MQTT gọi Api lưu dữ liệu cảm biến
3. BE subscriber to topic 'esp/sensor'
4. BE call database SensorData
5. SensorData lưu dữ liệu cảm biến
6. SensorData trả về kết quả ra BE

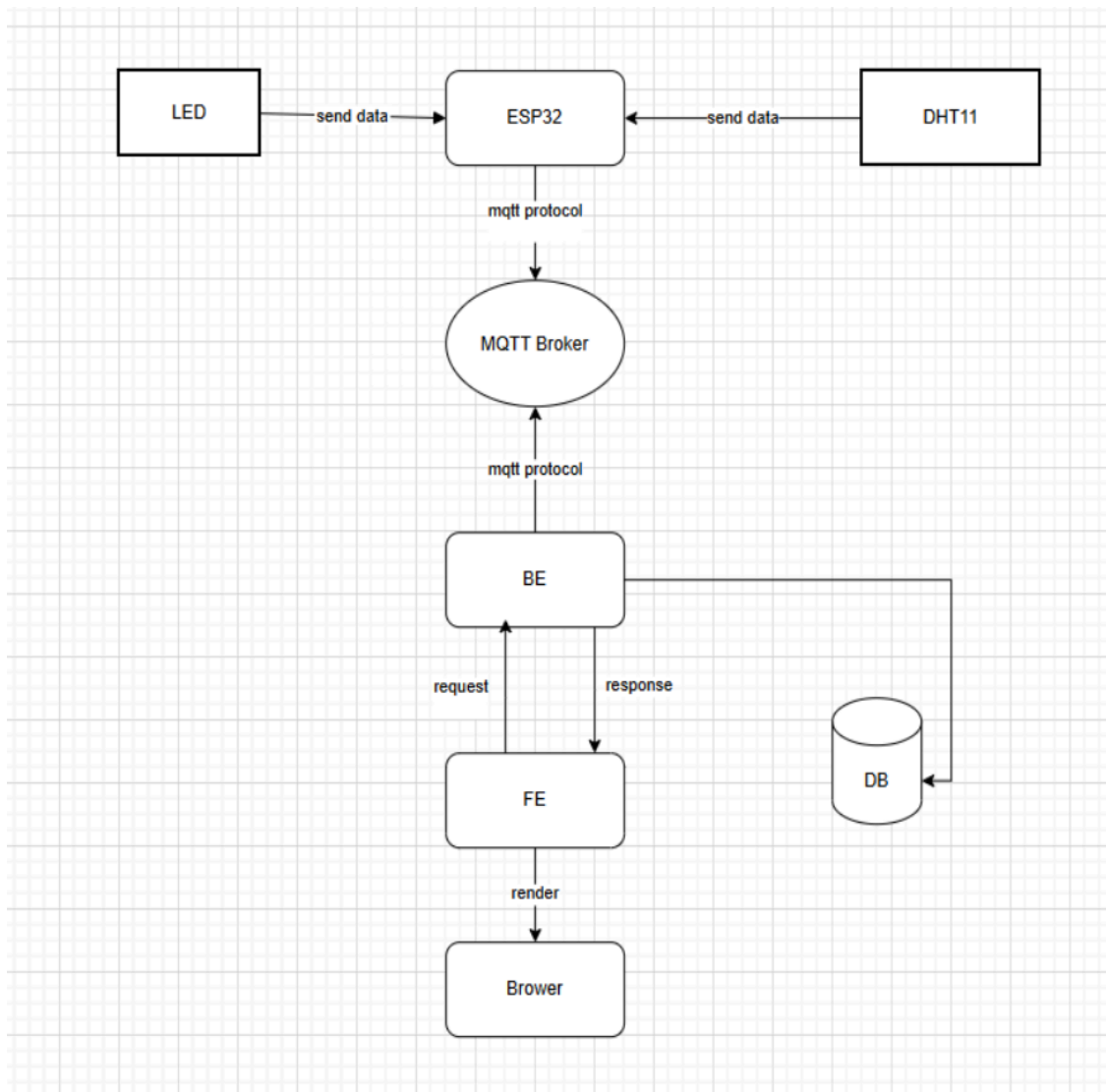
- **Luồng xem chỉ số ở trang Home:**

7. Người dùng mở Web
8. FE gọi API lấy dữ liệu SensorData
9. BE gọi đến database
10. DB lấy dữ liệu
11. DB return dữ liệu
12. BE trả kết quả về FE
13. FE vẽ đồ thị, hiển thị thông số

- **Luồng bật/tắt thiết bị:**

14. Người dùng bật/tắt thiết bị trên FE
 15. FE gửi request POST /api/devices/toggle
 16. BE thực hiện update
 17. BE publish qua MQTT
 18. MQTT Pub topic 'esp/control'
 19. Hardware sub topic
 20. Hardware gửi dữ liệu về MQTT
 21. MQTT gọi api save
 22. BE gọi đến DB
 23. DB lưu trạng thái mới
 24. DB trả về kết quả
 25. BE trả kết quả về FE
 26. FE trả kết quả về User
- Luồng xem trang Data, tương tự với trang History
27. Người dùng mở trang Data/History
 28. FE gọi api get datasensors/history
 29. BE gọi đến DB
 30. DB lấy dữ liệu
 31. DB trả kết quả về BE
 32. BE trả kết quả về FE
 33. FE hiển thị

Sơ đồ luồng dữ liệu



Hình. Sơ đồ luồng dữ liệu

III. KẾT QUẢ THU ĐƯỢC

1. API Doc.

URL	Method	Chức năng
http://localhost:3000/api/sensors/data	GET	Lấy dữ liệu cảm biến
http://localhost:3000/api/devices/history	GET	Lấy lịch sử trạng thái của thiết bị
http://localhost:3000/api/devices/to	POST	Điều khiển bật tắt

ggle		
http://localhost:3000/api/sensors/data?startDate=2025-10-30&endDate=2025-10-30	GET	Lấy dữ liệu cảm biến theo ngày
http://localhost:3000/api/sensors/data?startDate=2025-10-30&endDate=2025-10-30&search=29.6	GET	Lấy dữ liệu cảm biến theo ngày và nhiệt độ
http://localhost:3000/api/devices/history/all?state=ON	GET	Lấy lịch sử thiết bị theo trạng thái status

[API doc tại Postman](#)

Demo kết quả:

- Tìm kiếm theo ngày giờ cụ thể:

Lịch sử dữ liệu cảm biến

Search: 30/10/2025 23:32:38 | Filter: Tất cả các cột | Display: 10 dòng

STT	Thời gian	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm (%)	Ánh sáng (lux)
1	30/10/2025 23:32:38	29.90	69.80	15.833330154418945

Hình. Tìm kiếm theo ngày giờ cụ thể

- Tìm kiếm theo chỉ số ánh sáng ở 1 giá trị cụ thể:

Lịch sử dữ liệu cảm biến

Search: 15.83 | Filter: Ánh sáng | Display: 10 dòng

STT	Thời gian	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm (%)	Ánh sáng (lux)
1	31/10/2025 07:36:11	29.90	70.10	15.83
2	31/10/2025 07:36:06	29.90	70.10	15.83
3	31/10/2025 07:36:01	29.90	70.10	15.83
4	31/10/2025 07:35:56	29.90	70.10	15.83
5	31/10/2025 07:02:34	29.80	71.50	15.83
6	31/10/2025 07:02:29	29.80	71.50	15.83
7	31/10/2025 07:02:24	29.70	71.50	15.83
8	31/10/2025 07:02:19	29.70	71.60	15.83
9	31/10/2025 07:02:14	29.70	71.60	15.83
10	31/10/2025 07:02:09	29.70	71.60	15.83

« 1 2 3 4 5 »

- Sắp xếp theo tăng/giảm của 1 chỉ số cụ thể:

IOT

Home

Data

History

Profile

Lịch sử dữ liệu cảm biến

🔍 Tìm kiếm giá trị, thời gian...

Lọc trong: Độ ẩm ▾

Hiển thị: 10 dòng ▾

STT	Thời gian ⬆	Nhiệt độ (°C) ⬆	Độ ẩm (%) ⬆	Ánh sáng (lux) ⬆
1	19/10/2025 07:28:37	33.20	47.00	240
2	19/10/2025 07:28:42	33.20	48.40	237.5
3	19/10/2025 07:28:47	33.20	49.70	237.5
4	19/10/2025 07:28:32	33.10	47.00	239.1667022705078
5	19/10/2025 07:28:27	33.10	47.10	240.8332977294922
6	19/10/2025 07:28:22	33.10	47.00	240
7	19/10/2025 07:28:57	33.10	50.80	235
8	19/10/2025 07:28:52	33.10	50.20	235.8332977294922
9	19/10/2025 07:29:02	33.00	51.10	234.1667022705078
10	19/10/2025 07:29:47	33.00	53.10	230.8332977294922

« 1 2 3 4 5 »

Hình. Sắp xếp theo tăng/giảm của 1 chỉ số cụ thể.

- Tìm kiếm lịch sử bật/tắt thiết bị theo ngày giờ cụ thể:

IOT

Home

Data

History

Profile

Lịch sử hoạt động thiết bị

🔍 30/10/2025 22:42:42

Thiết bị: Tắt cả ▾

Trạng thái: Tắt cả ▾

Hiển thị: 10 dòng ▾

STT	Tên thiết bị	Trạng thái	Thời gian
1	Fan	OFF	30/10/2025 22:42:42

Hình. Tìm kiếm lịch sử bật/tắt thiết bị theo ngày giờ cụ thể

- Tìm kiếm theo thiết bị cụ thể vào 1 ngày cụ thể:

IOT

Home

Data

History

Profile

Lịch sử hoạt động thiết bị

Q 22/10/2025

Thiết bị Đèn

Trạng thái Tắt cả

Hiển thị: 10 dòng

STT	Tên thiết bị	Trạng thái	Thời gian
1	Light	OFF	22/10/2025 03:40:38
2	Light	ON	22/10/2025 03:40:16
3	Light	OFF	22/10/2025 03:40:08
4	Light	ON	22/10/2025 03:36:41
5	Light	OFF	22/10/2025 02:52:35
6	Light	ON	22/10/2025 02:50:34
7	Light	OFF	22/10/2025 02:50:07
8	Light	OFF	22/10/2025 02:49:18
9	Light	OFF	22/10/2025 02:48:53
10	Light	OFF	22/10/2025 02:45:58

« 1 2 3 4 5 »

- Tìm kiếm theo lịch sử theo trạng thái:

IOT

Home

Data

History

Profile

Lịch sử hoạt động thiết bị

Q Tìm kiếm tên thiết bị, trạng thái, thời gian..

Thiết bị Tắt cả

Trạng thái ON

Hiển thị: 10 dòng

STT	Tên thiết bị	Trạng thái	Thời gian
1	Light	ON	30/10/2025 23:03:13
2	Light	ON	30/10/2025 23:01:36
3	Fan	ON	30/10/2025 23:00:02
4	Fan	ON	30/10/2025 22:34:03
5	Light	ON	30/10/2025 18:45:27
6	Light	ON	30/10/2025 18:45:27
7	Light	ON	30/10/2025 18:45:26
8	Light	ON	30/10/2025 18:45:26
9	Light	ON	30/10/2025 18:45:21
10	Light	ON	30/10/2025 18:45:21

« 1 2 3 4 5 »

Hình. Tìm kiếm theo lịch sử theo trạng thái:

IV. KẾT LUẬN

Đề tài này đã xây dựng thành công một hệ thống IoT để giám sát và điều khiển các thiết bị gia đình. Hệ thống được phát triển dựa trên vi điều khiển ESP32, giao thức MQTT, cơ sở dữ liệu SQL Server và giao diện web.

Kiến trúc hệ thống:

Hệ thống được thiết kế với kiến trúc phân tầng rõ ràng, bao gồm:

- **Lớp cảm biến và thiết bị chấp hành:** Gồm ESP32 và các cảm biến.

- **Lớp truyền thông:** Sử dụng MQTT Broker.
- **Lớp xử lý dữ liệu:** Bao gồm API Node.js và SQL Server.
- **Lớp giao diện:** Trình duyệt web.

Chức năng chính:

- **Giám sát:** Hệ thống thu thập dữ liệu cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng) từ ESP32, truyền về MQTT Broker, sau đó được xử lý và lưu trữ trực tiếp vào cơ sở dữ liệu SQL Server. Người dùng có thể theo dõi dữ liệu này trên giao diện web thông qua ba ô thông tin trực quan và biểu đồ biến thiên theo thời gian. Lịch sử dữ liệu cũng có thể được xem dưới dạng bảng với chức năng tìm kiếm, lọc và phân trang.
- **Điều khiển:** Người dùng có thể thao tác trực tiếp trên giao diện web để bật/tắt các thiết bị điện như đèn, quạt, điều hòa. Các lệnh điều khiển được gửi qua API đến MQTT Broker và được ESP32 nhận để thực hiện, đảm bảo khả năng phản hồi gần thời gian thực.

Ưu điểm:

- Phân tách rõ ràng giữa giao diện, API xử lý dữ liệu và API giao tiếp MQTT, giúp dễ dàng bảo trì và mở rộng.
- Cập nhật dữ liệu liên tục mà không cần tải lại trang nhờ AJAX/Fetch API.
- Có tính ứng dụng thực tế cao trong mô hình nhà thông minh, giám sát môi trường và tiết kiệm chi phí.

Hạn chế hiện tại:

- Hệ thống mới dừng ở mức thử nghiệm, chưa triển khai trên máy chủ thực tế.
- Chưa có cơ chế bảo mật nâng cao cho MQTT và API.
- Giao diện web còn đơn giản, chưa có phân quyền người dùng.
- Chưa có ứng dụng di động để hỗ trợ điều khiển từ xa tiện lợi hơn.

Định hướng phát triển trong tương lai:

- Bổ sung thêm nhiều loại cảm biến (khí gas, khói, chuyển động) để nâng cao tính ứng dụng.
- Tích hợp bảo mật MQTT với SSL/TLS và xác thực tài khoản người dùng.
- Phát triển ứng dụng di động (Android/iOS) để giám sát và điều khiển mọi lúc, mọi nơi.
- Kết hợp trí tuệ nhân tạo (AI) để dự đoán và tự động điều chỉnh thiết bị theo điều kiện môi trường.