

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ
CHÍ MINH**
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA



**BÀI TẬP LỚN THIẾT KẾ HỆ
THÔNG NHÚNG**

GVHD: Th.S Bùi Quốc Bảo

TN01 - NHÓM: 11 - HK251

Ngày 12 tháng 12 năm 2025

Bảng phân công công việc

STT	MSSV	Họ	Tên	Hoàn thành công việc	Ghi chú
1	2313524	NGUYỄN ANH DUY	TRÁC	100%	NT
2	2310684	PHAN ĐÌNH	ĐẠT	100%	

Mục lục

1 Giới thiệu	3
1.1 Vấn đề và Giải pháp	3
1.1.1 Bối cảnh và Vấn đề	3
1.1.2 Giải pháp đề xuất	3
1.2 Ý nghĩa của đề tài	4
1.3 Ứng dụng của đề tài	4
1.4 Mục tiêu đề tài	5
2 Cơ sở lý thuyết	6
2.1 Kiến trúc Vi điều khiển STM32	6
2.1.1 Giới thiệu STM32F103C8T6	6
2.1.2 Các khối chính sử dụng trong đề tài	6
2.2 Giao thức I2C (Inter-Integrated Circuit)	7
2.2.1 Nguyên lý hoạt động cơ bản	7
2.2.2 Ứng dụng trong đề tài	8
2.3 Nguyên lý hoạt động của Cảm biến	9
2.3.1 Cảm biến Nhiệt độ và Độ ẩm SHT31	9
2.3.2 Cảm biến Cường độ sáng BH1750	9
3 CẢI TIẾN NGHIÊN CỨU	10
3.1 So sánh và đánh giá các Hệ thống giám sát trước đây .	10
3.2 Phân tích lựa chọn Cảm biến và Giao thức	11
3.2.1 Ưu điểm của Giao thức I2C	11
3.2.2 Phân tích Lựa chọn Cảm biến SHT31	11
3.2.3 Phân tích Lựa chọn Cảm biến Ánh sáng BH1750	12
4 Requirement	13
4.1 System Requirement	13
4.2 Use Case Modelling	14
5 Design	18
5.1 Hardware Design	18
5.1.1 Block Diagram	18

5.1.2	Schematic	20
5.2	Software Design	22
5.2.1	State Machine Design	22
5.2.2	Code	23
5.3	PCB Design	23
6	Kết luận và hướng phát triển	24
6.1	Kết luận	24
6.1.1	Những thành tựu đạt được	25
6.1.2	Hạn chế của đề tài	25
6.2	Hướng phát triển của đề tài	26
6.2.1	Cải tiến Giao tiếp và Khả năng Giám sát từ xa	26
6.2.2	Nâng cấp Giao diện và Cảnh báo	26

1 Giới thiệu

1.1 Vấn đề và Giải pháp

1.1.1 Bối cảnh và Vấn đề

Trong lĩnh vực hệ thống nhúng, đặc biệt là các ứng dụng giám sát môi trường và nông nghiệp thông minh (Smart Agriculture), việc thu thập dữ liệu chính xác về các thông số môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và cường độ sáng là cực kỳ quan trọng.

Hiện tại, các thiết bị đo lường và giám sát chuyên dụng, có độ chính xác cao thường đi kèm với chi phí đầu tư đắt đỏ, phức tạp trong việc triển khai và bảo trì, đặc biệt đối với các mô hình nông nghiệp quy mô nhỏ hoặc các phòng thí nghiệm, vườn nghiên cứu có ngân sách hạn chế. Các hệ thống này thường cồng kềnh, gây khó khăn trong việc mở rộng quy mô giám sát tại nhiều điểm khác nhau (multizone monitoring).

Vấn đề đặt ra là cần một giải pháp thay thế có khả năng:

- Đo lường chính xác các thông số môi trường.
- Thiết kế nhỏ gọn, di động (portable) và dễ dàng lắp đặt.
- Sử dụng các linh kiện hiệu năng cao nhưng với chi phí thấp.

1.1.2 Giải pháp đề xuất

Đề tài này đề xuất thiết kế và xây dựng một Hệ thống Giám sát Môi trường Nhúng sử dụng vi điều khiển 32-bit STM32F103C8T6 làm bộ xử lý trung tâm.

- Đo lường: Sử dụng các cảm biến kỹ thuật số độ chính xác cao SHT31 (đo nhiệt độ, độ ẩm) và BH1750 (đo cường độ sáng) thông qua giao tiếp I2C.
- Hiển thị: Sử dụng màn hình LCD 1602 để hiển thị thông số theo thời gian thực.
- Tính năng bổ sung: Tích hợp cơ chế điều chỉnh ngưỡng (Threshold Adjustment) linh hoạt bằng nút nhấn và switch, cho phép người dùng thiết lập các thông số cảnh báo hoặc điều khiển mà không cần lập trình lại.

Giải pháp này tối ưu hóa sự cân bằng giữa chi phí, độ chính xác và khả năng tùy chỉnh, rất phù hợp cho các ứng dụng giám sát tại chỗ.

1.2 Ý nghĩa của đề tài

Đề tài "Hệ thống giám sát bằng STM32 sử dụng SHT31, BH1750, giao tiếp I2C và hiển thị LCD 1602" mang lại ý nghĩa thiết thực trong lĩnh vực Hệ thống Nhúng và ứng dụng thực tiễn:

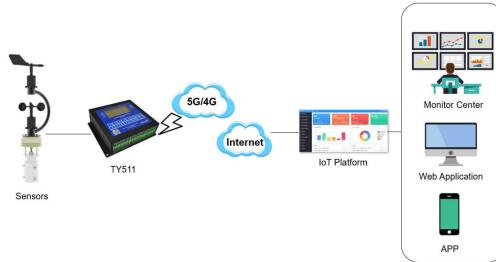
- Tối ưu hóa Tài nguyên: Thể hiện khả năng sử dụng hiệu quả một vi điều khiển 32-bit hiệu năng cao (STM32) để quản lý nhiều tác vụ: giao tiếp I2C đồng thời với nhiều thiết bị, xử lý giao diện người dùng (User Interface - UI) qua nút nhấn và hiển thị trên LCD, và quản lý các trạng thái hoạt động (Chế độ Hiển thị/Chế độ Điều chỉnh).
- Nâng cao Tính linh hoạt và Tùy chỉnh: Tính năng điều chỉnh ngưỡng (threshold) trực tiếp thông qua nút nhấn là một cải tiến quan trọng, giúp hệ thống không chỉ là một thiết bị đo mà còn là một công cụ điều khiển có khả năng thích ứng với các yêu cầu môi trường khác nhau mà không cần kết nối máy tính.
- Góp phần vào Giáo dục và Nghiên cứu: Cung cấp một mô hình hệ thống nhúng hoàn chỉnh, chi phí thấp, dùng để nghiên cứu, thực hành các giao thức truyền thông cơ bản (I2C) và lập trình vi điều khiển ARM Cortex-M3.

1.3 Ứng dụng của đề tài

Hệ thống giám sát này có thể được ứng dụng rộng rãi trong nhiều môi trường khác nhau:

- Nông nghiệp Thông minh (Smart Farming): Giám sát nhiệt độ, độ ẩm đất/không khí và ánh sáng tại các nhà kính, vườn ươm hoặc trang trại trồng nấm. Dữ liệu ngưỡng có thể dùng để kích hoạt tưới tiêu hoặc điều chỉnh quạt làm mát.
- Nghiên cứu Khoa học: Theo dõi điều kiện môi trường chính xác trong các phòng thí nghiệm, buồng thử nghiệm hoặc vườn nghiên cứu, nơi các thông số phải được duy trì nghiêm ngặt.

- Giám sát Môi trường Trong nhà (IAQ): Theo dõi chất lượng môi trường làm việc, nhà ở, hoặc kho lưu trữ để đảm bảo các điều kiện tối ưu cho sức khỏe con người và bảo quản hàng hóa.
- Hệ thống HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning): Cung cấp dữ liệu đầu vào chính xác để điều khiển tự động các hệ thống điều hòa không khí và thông gió.



Hình 1: Mô hình thiết bị giám sát môi trường

1.4 Mục tiêu đề tài

Mục tiêu chính của đề tài là thiết kế, xây dựng và thử nghiệm thành công một hệ thống giám sát môi trường nhúng với các yêu cầu cụ thể sau:

- Thiết kế Phần cứng và Phần mềm: Xây dựng mạch nguyên lý và lập trình thành công vi điều khiển STM32F103C8T6.
- Triển khai Giao tiếp I2C: Dảm bảo vi điều khiển giao tiếp ổn định và đọc dữ liệu chính xác từ cảm biến SHT31 và BH1750.
- Xây dựng Giao diện Người dùng: Hiển thị dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm và cường độ sáng trên màn hình LCD 1602 với khả năng chuyển đổi qua lại giữa các màn hình bằng nút nhấn.
- Phát triển Chức năng Điều chỉnh Ngưỡng: Lập trình chế độ Adjust cho phép người dùng sử dụng nút nhấn để thay đổi giá trị ngưỡng (threshold) của các thông số hiện tại một cách trực tiếp, và lưu lại giá trị này sau khi hoàn thành hoặc sau thời gian chờ 5 giây.
- Đánh giá Hiệu năng: Thử nghiệm độ chính xác của cảm biến và tính ổn định của toàn bộ hệ thống trong các môi trường khác nhau.

2 Cơ sở lý thuyết

2.1 Kiến trúc Vi điều khiển STM32

Vi điều khiển STM32F103C8T6 là một trong những dòng vi điều khiển phổ biến thuộc họ STM32F1, được sản xuất bởi STMicroelectronics, dựa trên kiến trúc lõi ARM Cortex-M3 32-bit. Đây là dòng vi điều khiển hiệu năng cao, chi phí thấp, được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống nhúng.

2.1.1 Giới thiệu STM32F103C8T6

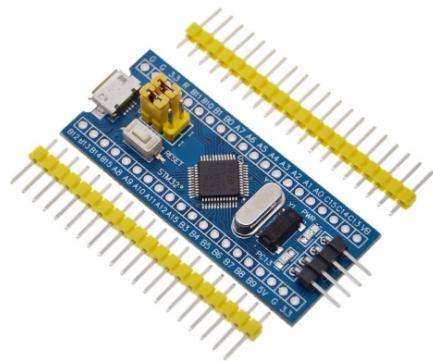
Vi điều khiển STM32F103C8T6 (thường được gọi là STM32 "Blue Pill" hoặc "Minimum System Board") có các đặc điểm kỹ thuật chính sau:

- Lõi CPU: ARM 32-bit Cortex-M3.
- Tần số hoạt động tối đa: 72 MHz.
- Bộ nhớ Flash: 64 KB (trong dòng C8) hoặc 128 KB (trong dòng C8 thường có 128KB, một số tài liệu cũ ghi 64KB).
- Bộ nhớ SRAM: 20 KB.
- Gói: LQFP-48.
- Số chân I/O: 37 chân I/O có thể lập trình.
- Nguồn cấp: 2.0V đến 3.6V.
- Ngoại vi: Bao gồm Timer, ADC, DAC, các giao tiếp nối tiếp (USART, SPI, I2C), v.v.

2.1.2 Các khối chính sử dụng trong đè tài

Trong đè tài này, các khối chức năng chính của STM32F103C8T6 được sử dụng bao gồm:

- Lõi Cortex-M3: Thực hiện các tác vụ điều khiển, xử lý logic hiển thị và điều chỉnh ngưỡng (threshold).
- GPIO (General-Purpose Input/Output):
 - + Sử dụng làm đầu vào để đọc trạng thái của 2 nút nhấn và 1 switch.
 - + Sử dụng làm đầu ra để điều khiển module LCD 1602 (qua giao tiếp song song hoặc I2C mở rộng).



Hình 2: Kit phát triển STM32F103C8T6

- I2C (Inter-Integrated Circuit):
 - + Là giao thức giao tiếp nối tiếp chính được sử dụng để kết nối với cảm biến SHT31 và cảm biến BH1750.
 - + Vì điều khiển đóng vai trò là Master để gửi lệnh và nhận dữ liệu từ các cảm biến đóng vai trò là Slave.
- Bộ tạo Clock: Cung cấp tần số hoạt động cho CPU và các khối ngoại vi.

2.2 Giao thức I2C (Inter-Integrated Circuit)

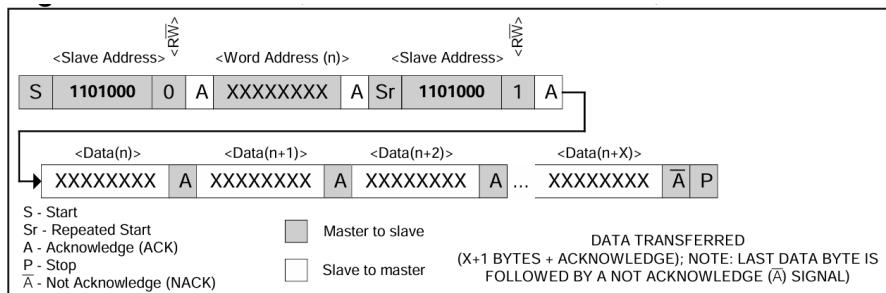
I2C là một giao thức truyền thông nối tiếp đồng bộ, đa Master, đa Slave, được phát triển bởi Philips (nay là NXP Semiconductors). Nó chỉ sử dụng hai đường dây để truyền dữ liệu và đồng bộ:

1. SCL (Serial Clock): Đường xung clock, được điều khiển bởi Master.
2. SDA (Serial Data): Đường dữ liệu hai chiều.

2.2.1 Nguyên lý hoạt động cơ bản

- Master và Slave: Trong một hệ thống I2C, thiết bị khởi tạo giao tiếp và phát xung clock là Master (trong đề tài này là STM32). Các thiết bị khác phản hồi yêu cầu của Master là Slave (SHT31 và BH1750).

- Địa chỉ Slave: Mỗi Slave trên bus I2C phải có một địa chỉ 7-bit hoặc 10-bit duy nhất. Master sử dụng địa chỉ này để chọn Slave mà nó muốn giao tiếp.
- Tín hiệu Bắt đầu (Start Condition): Master khởi tạo truyền dữ liệu bằng cách chuyển đường SDA từ HIGH xuống LOW trong khi SCL vẫn đang HIGH.
- Truyền Địa chỉ: Ngay sau điều kiện Start, Master gửi địa chỉ Slave, theo sau là 1 bit chỉ định thao tác Đọc (Read - R) hoặc Ghi (Write - W).
- ACK/NACK (Acknowledge/Not Acknowledge): Sau khi nhận địa chỉ và mỗi byte dữ liệu, Slave được chọn sẽ kéo đường SDA xuống LOW (ACK) để xác nhận đã nhận thành công. Nếu không, Slave giữ SDA ở mức HIGH (NACK).
- Tín hiệu Dừng (Stop Condition): Master kết thúc giao tiếp bằng cách chuyển đường SDA từ LOW lên HIGH trong khi SCL vẫn đang HIGH.



Hình 3: Data Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit

2.2.2 Ứng dụng trong đề tài

Trong hệ thống, STM32 đóng vai trò là Master, giao tiếp với:

- SHT31: Đọc dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm.
- BH1750: Đọc dữ liệu cường độ sáng.

2.3 Nguyên lý hoạt động của Cảm biến

2.3.1 Cảm biến Nhiệt độ và Độ ẩm SHT31

- Loại cảm biến: Cảm biến kỹ thuật số, độ chính xác cao.
- Nguyên lý đo: SHT31 tích hợp các phần tử cảm biến và mạch xử lý tín hiệu.
 - + Nhiệt độ: Sử dụng nguyên lý dựa trên sự thay đổi điện trở của vật liệu (thường là Thermistor được tích hợp) theo nhiệt độ.
 - + Độ ẩm: Sử dụng nguyên lý cảm ứng điện dung. Lớp vật liệu polyme thay đổi hằng số điện môi khi hấp thụ hơi nước, dẫn đến thay đổi điện dung của tụ điện. Sự thay đổi điện dung này được đo và chuyển thành giá trị độ ẩm tương đối (RH).
- Giao tiếp: SHT31 sử dụng giao thức I2C để gửi dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm đã được hiệu chỉnh (compensated) dưới dạng giá trị kỹ thuật số 16-bit về vi điều khiển.

2.3.2 Cảm biến Cường độ sáng BH1750

- Loại cảm biến: Cảm biến ánh sáng môi trường kỹ thuật số (Ambient Light Sensor).
- Nguyên lý đo: BH1750 sử dụng một đi-ốt quang (photodiode) để chuyển đổi cường độ sáng thành dòng điện. Dòng điện này sau đó được chuyển đổi thành một điện áp tương ứng. Mạch tích hợp bên trong BH1750 thực hiện việc chuyển đổi Analog-to-Digital (ADC) và hiệu chỉnh để đưa ra giá trị cường độ sáng theo đơn vị Lux (lx).
- Tính năng: Cảm biến có khả năng đo trong một phạm vi rộng và độ phân giải cao, phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu độ chính xác.
- Giao tiếp: Tương tự SHT31, BH1750 sử dụng giao thức I2C để truyền dữ liệu Lux kỹ thuật số về vi điều khiển.

3 CẢI TIẾN NGHIÊN CỨU

3.1 So sánh và đánh giá các Hệ thống giám sát trước đây

Hệ thống giám sát được đề xuất sử dụng vi điều khiển STM32F103C8T6 nhằm khắc phục những hạn chế về hiệu năng, tốc độ xử lý, và khả năng mở rộng của các nền tảng phổ biến trước đây như 8051, PIC (8-bit) và Arduino Uno (thường dùng chip ATmega328P).

* So sánh với Vi điều khiển 8-bit (8051, PIC)

Vi điều khiển 8-bit, như 8051 hay một số dòng PIC cũ, đã từng là nền tảng phổ biến trong các dự án nhúng đơn giản. Tuy nhiên, chúng bộc lộ nhiều hạn chế khi đối diện với yêu cầu của hệ thống giám sát hiện đại:

Tiêu chí	VDK 8-bit (8051/PIC)	STM32F103C 8T6	Ưu điểm của STM32
Kiến trúc Lõi	8-bit	32-bit (ARM Cortex-M3)	Xử lý dữ liệu nhanh hơn, hiệu quả hơn.
Tần số Hoạt động	Thường < 30 MHz	Lên đến 72 MHz	Tốc độ thực thi chương trình vượt trội.
Bộ nhớ Flash	Thường ≤ 64 KB	64 KB - 128 KB	Dung lượng bộ nhớ lớn hơn, chứa được code phức tạp hơn.
Khả năng Debug	Hạn chế (chủ yếu là mô phỏng)	Nâng cao (Giao thức SWD)	Gỡ lỗi dễ dàng, hỗ trợ phát triển chuyên nghiệp.
Ngoại vi I2C	Thường phải mô phỏng bằng phần mềm (Software I2C)	I2C cứng (Hardware I2C)	Giao tiếp I2C nhanh, ổn định và không chiếm dụng CPU.

Kết luận: Việc chuyển sang STM32F103C8T6 (32-bit) mang lại bước nhảy vọt về hiệu năng tính toán, cho phép hệ thống xử lý các tác vụ phức tạp như điều chỉnh ngưỡng (Adjust Threshold) nhanh chóng và đảm bảo việc đọc dữ liệu từ cảm biến tốc độ cao.

3.2 Phân tích lựa chọn Cảm biến và Giao thức

Việc lựa chọn cảm biến trong đề tài được thực hiện dựa trên tiêu chí độ chính xác, độ phân giải cao và sử dụng giao thức I2C để đơn giản hóa hệ thống dây dẫn và tối ưu hóa tài nguyên VDK.

3.2.1 Ưu điểm của Giao thức I2C

Việc sử dụng I2C cho cả SHT31 và BH1750 mang lại các lợi ích cốt lõi sau:

- Tiết kiệm chân I/O: Chỉ cần 2 chân (SDA, SCL) trên STM32 để giao tiếp với nhiều thiết bị Slave (cảm biến, LCD I2C) cùng lúc, giúp dành các chân I/O còn lại cho các nút nhấn, switch và các tính năng mở rộng sau này.
- Tốc độ ổn định: I2C là giao tiếp nối tiếp đồng bộ, đảm bảo tốc độ truyền dữ liệu cao và ổn định (lên đến 400 kbit/s trong chế độ Fast Mode).
- Khả năng mở rộng: Dễ dàng thêm các cảm biến hoặc thiết bị ngoại vi khác (miễn là không trùng địa chỉ I2C) mà không cần thay đổi phần cứng đáng kể.

3.2.2 Phân tích Lựa chọn Cảm biến SHT31

SHT31 được chọn thay vì các cảm biến nhiệt độ/độ ẩm phổ biến khác (ví dụ: DHT11/DHT22) nhờ các cải tiến vượt trội:

- Độ chính xác cao:
 - + Nhiệt độ: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
 - + Độ ẩm: $\pm 2\%\text{RH}$
- Độ phân giải: 14-bit.

- Giao tiếp I2C: Truyền dữ liệu kỹ thuật số đã được hiệu chuẩn (calibrated), loại bỏ nhiễu và độ trôi do lỗi chuyển đổi Analog-to-Digital bên ngoài.
- Tốc độ phản hồi: Nhanh và ổn định hơn so với các cảm biến DHT (vốn sử dụng giao thức 1-Wire độc quyền và chậm hơn).

3.2.3 Phân tích Lựa chọn Cảm biến Ánh sáng BH1750

BH1750 là lựa chọn tối ưu cho việc đo cường độ sáng (Lux) so với các Photoresistor (Quang trở) đơn giản:

- Đo trực tiếp giá trị Lux: Cảm biến cung cấp giá trị ánh sáng trực tiếp theo đơn vị Lux, không cần hiệu chỉnh phức tạp bằng phần mềm như khi dùng quang trở.
- Độ phân giải và dải đo rộng: BH1750 có thể cung cấp độ phân giải lên đến 1 Lux và dải đo rộng, phù hợp cho việc giám sát cả môi trường trong nhà và ngoài trời (dù môi trường ngoài trời cần bảo vệ).
- Độ tuyến tính: Khác với quang trở có tính phi tuyến tính, BH1750 cung cấp kết quả đo tuyến tính và chính xác hơn trên toàn bộ dải đo.
- Giao tiếp I2C: Tương thích trực tiếp với bus I2C của SHT31, tối ưu hóa phần cứng.

4 Requirement

4.1 System Requirement

R1. Hệ thống phải là thiết bị giám sát môi trường tiêu thụ thấp và dễ mở rộng/ ghép nối

R1.1. Hệ thống phải giám sát được các chỉ số: nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng.

- R1.1.1 Hệ thống phải đo nhiệt độ với sai số tối thiểu $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

- R1.1.2. Hệ thống phải đo độ ẩm với sai số tối thiểu $\pm 5\%$

- R1.1.3. Hệ thống phải đo cường độ ánh sáng trong dải (1–50000 lux).

R1.2. Hệ thống phải sử dụng MCU có giao tiếp I2C, UART và SPI.

R1.3. Hệ thống phải được cấp nguồn qua USB 5V, và cấp nguồn ổn áp 3V3 cho linh kiện, dòng tiêu thụ tổng $< 50 \text{ mA}$.

R1.4. Hệ thống phải dễ ghép nối qua headers/ pads mở rộng:

- R1.4.1. Header nên cung cấp 3V3, GND, I2C, UART và các GPIO.

- R1.4.2. Headers/ pads hỗ trợ có thể gắn thêm module RTC ngoài, hoặc module tương thích Wi-fi.

R2. Hệ thống phải cung cấp hiển thị và cảnh báo âm thanh tích hợp

R2.1. Hệ thống phải có màn hình LCD 16x2 hiển thị từng chỉ số môi trường và giá trị ngưỡng cảnh báo.

R2.2. Hệ thống phải có các đèn LED để hiển thị và cảnh báo:

- R2.2.1. Sử dụng tối thiểu 3 LEDs (đỏ, vàng, xanh dương) để cảnh báo giá trị tương ứng của loại môi trường (nhiệt độ/ độ ẩm/ ánh sáng) đã vượt ngưỡng.

- R2.2.2. Sử dụng đèn LED để báo nguồn và chế độ hiện tại của mạch.

R2.3. Hệ thống phải có buzzer cảnh báo khi vượt ngưỡng hoặc gặp lỗi.

R3. Hệ thống phải có công tắc để chọn chế độ hiển thị và nút nhấn để chọn chỉ số hiển thị

R3.1. Sử dụng công tắc để chọn chế độ hiển thị.

- R3.1.1. Công tắc ON, mạch ở chế độ Auto, tự động chuyển màn hình hiển thị chỉ số sau mỗi 3s.

- R3.1.2. Công tắc OFF, mạch ở chế độ Manual, chuyển màn hình hiển thị theo nút nhấn điều khiển bởi người dùng.

R3.2. Hệ thống phải có nút nhấn để thay đổi chỉ số môi trường hiển thị.

- R3.2.1. Nút nhấn Next để chuyển sang chỉ số môi trường kế tiếp.

- R3.2.2. Nút nhấn Prev để chuyển về chỉ số môi trường trước đó.

R4. Tác vụ của hệ thống phải được phần mềm quản lý hiệu quả, rõ ràng và đáp ứng kịp thời.

R4.1. Hệ thống phải được quản lý theo kiến trúc bare-metal hoặc OS kernel.

R4.2. Các tác vụ được phân chia và đảm bảo yêu cầu cụ thể:

- R4.2.1. Task-Sensor phải đọc dữ liệu mỗi 1 giây qua I²C.

- R4.2.2. Task-LCD cập nhật LCD 16×2 với chu kỳ 500 ms.

- R4.2.3. Task-Button xử lý nút nhấn và công tắc (Next, Prev, Auto).

- R4.2.4. Task-StatusLED để hiện thị LEDs kịp thời với độ trễ 500ms.

R5. Hệ thống phải nhỏ gọn và đảm bảo vận hành ổn định trong điều kiện phòng thí nghiệm cơ bản

R5.1. Hệ thống là loại PCB đơn giản (2 layer), kích thước gọn (10×10 cm).

R5.2. Hệ thống phải hoạt động ổn định trong điều kiện phòng lab (0–50 °C, 20–85

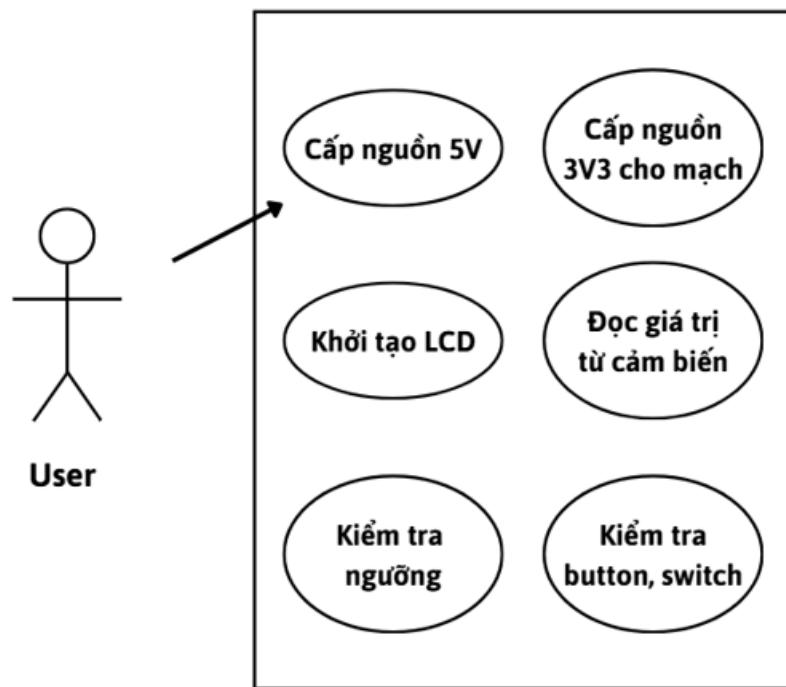
R5.3. Hệ thống phải chịu được rung lắc và thao tác cơ bản trong phòng thí nghiệm mà vẫn hoạt động ổn định.

4.2 Use Case Modelling

Use Case ID	Use case Name
UC01	Khởi động hệ thống
UC02	Thay đổi chỉ số môi trường hiển thị bằng nút nhấn
UC03	Chọn chế độ hiển thị bằng switch
UC04	Đóng ngắt hệ thống an toàn

Use Case Table

Minh họa cho usecase UC01 - Khởi động hệ thống



Hình 4: UC01 Diagram

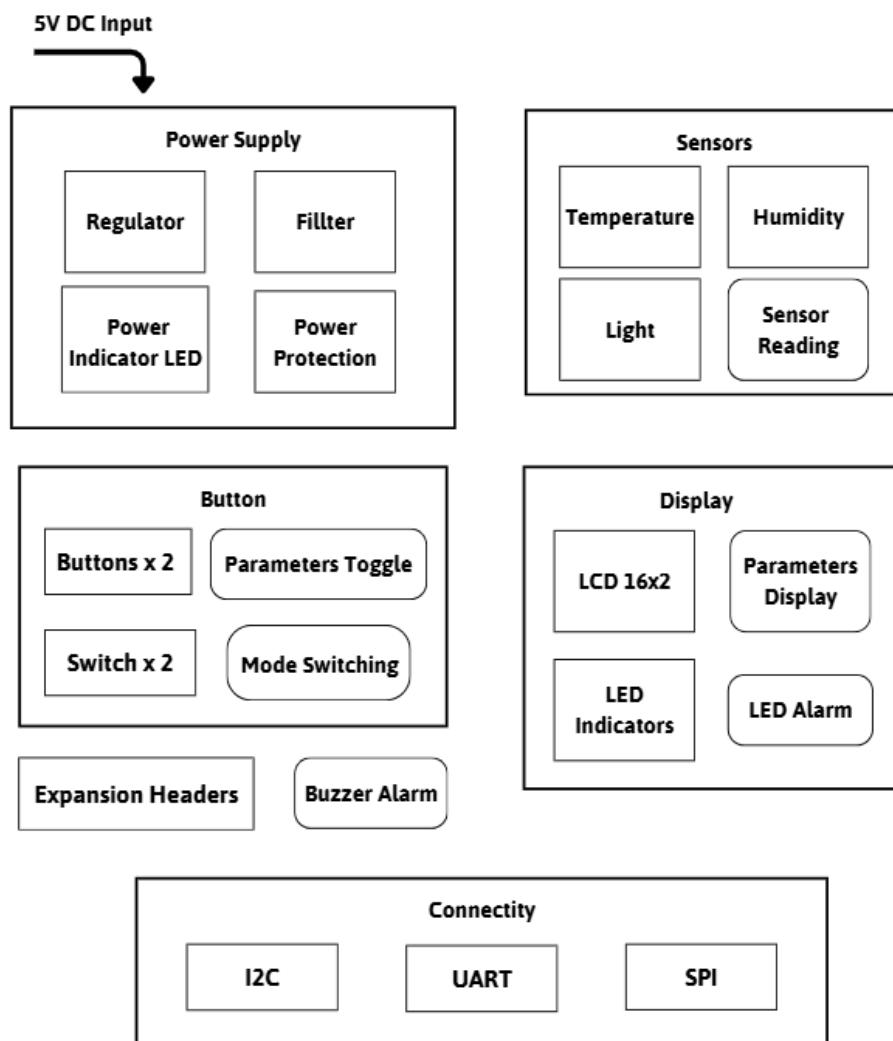
Use Case Name	Khởi tạo hệ thống
Use Case ID	UC01
Scope	Toàn bộ hệ thống giám sát môi trường.
Primary Actor(s)	User
Stakeholders and Interests	User: Mong muốn hệ thống khởi tạo các chức năng như (đọc cảm biến, hiển thị LCD, sẵn sàng chờ nút nhấn...)
Preconditions	Các linh kiện và đường mạch vẫn dùng được. Hệ thống đã được nạp phần mềm quản lý và ứng dụng.
Postconditions	Màn hình LCD hiện thị chỉ số và ngưỡng nhiệt độ trước. Màn hình thay đổi đối tượng khi nhấn nút (Next/Prev). Hệ thống thay đổi chế độ theo switch.
Main Flow of Events	<ol style="list-style-type: none"> 1. User cấp nguồn 5V vào hệ thống qua đầu nối nguồn. 2. User bấm công tắc nguồn để nối nguồn 5V vào mạch. 3. Hệ thống bắt đầu ổn áp và lấy nguồn 3V3 sử dụng. 4. Hệ thống bắt đầu khởi tạo LCD. 5. Hệ thống bắt đầu đọc giá trị từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng. 6. Hệ thống hiển thị giá trị cảm biến lên màn hình LCD.

Main Flow of Events	<p>7. User có thể bấm nút Next/ Prev để chuyển chỉ số đang hiển thị trên màn hình LCD.</p> <p>8. User có thể chuyển công tắc sang chế độ Auto, để màn hình tự động chuyển chỉ số tự động sau mỗi tối thiểu 3s.</p> <p>9. Hệ thống sẽ liên tục thực hiện song song các sự kiện 5, 6, 7, 8.</p>
Alternative Flow	User cấp nguồn nhưng không nhấn công tắc nguồn. Hệ thống vẫn ở trạng thái không có nguồn, không có ảnh hưởng đến hệ thống.
Exception Flow	<p>Ngắt nguồn đột ngột khi hệ thống chưa khởi tạo xong</p> <p>LCD chưa kịp hiển thị giá trị/ hiển thị sai rồi tắt. Gây hư hỏng vĩnh viễn các chức năng của các linh kiện người dùng cấp sai</p>
Includes	None
Extends	UC02, UC03
Special Requirements	None
Assumption	<p>User biết chính xác giá trị vào của hệ thống là 5V DC.</p> <p>User phân biệt được nút Nguồn với các nút khác.</p>
Notes	Hệ thống hoạt động trong môi trường phòng lab (0-50°C, 20-85)
Author	Dat Phan, Trac Nguyen
Date	10/10/2025

5 Design

5.1 Hardware Design

5.1.1 Block Diagram



Hình 5: Block Diagram

a) Khối nguồn cấp (Power Supply)

- 5V DC Input: Điểm tiếp nhận nguồn điện đầu vào cho toàn hệ thống (thường là 5V từ adapter hoặc cổng USB) -> Nguồn cấp cơ bản.
- Regulator (Bộ Điều chỉnh): Chuyển đổi và ổn định điện áp từ 5V xuống mức 3.3V cần thiết cho vi điều khiển STM32F103C8T6 và các cảm biến -> Đảm bảo điện áp hoạt động chính xác cho các linh kiện nhạy cảm (VD: 3.3V).
- Filter (Bộ Lọc): Lọc bỏ nhiễu cao tần và độ gợn sóng (ripple) từ nguồn cấp -> Tăng tính ổn định và độ tin cậy của dữ liệu đo lường.
- Power Protection: Bảo vệ mạch khỏi các sự cố về nguồn như quá áp, ngắn mạch hoặc phân cực ngược -> Đảm bảo an toàn và tuổi thọ cho các linh kiện điện tử.
- Power Indicator LED: Đèn báo trạng thái nguồn đã được cấp -> Hỗ trợ kiểm tra hoạt động cơ bản của mạch.

b) Khối Cảm biến (Sensors) - Temperature: Đo lường nhiệt độ môi trường xung quanh -> Cảm biến SHT31.

- Humidity: Đo lường độ ẩm tương đối của không khí -> Cảm biến SHT31.
- Light: Đo lường cường độ sáng môi trường (Lux) -> Cảm biến BH1750.
- Sensor Reading: Đại diện cho quá trình vi điều khiển gửi lệnh và đọc dữ liệu kỹ thuật số đã được hiệu chuẩn từ các cảm biến qua giao thức I2C -> Đảm bảo dữ liệu là kỹ thuật số và đã được xử lý sơ bộ.

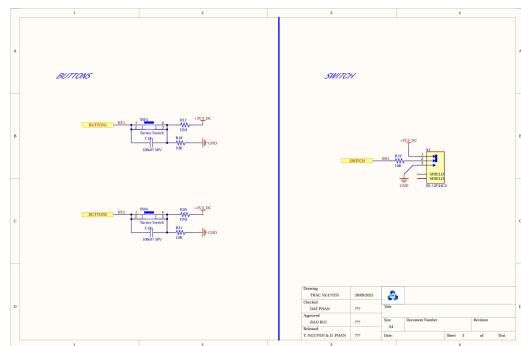
c) Khối Điều khiển Đầu vào (Button) - Switch: Công tắc chuyển đổi giữa các chế độ hoạt động chính -> Chuyển đổi giữa Chế độ Hiển thị (ON) và Chế độ Điều chỉnh (Adjust - OFF).

- Buttons x 2: Hai nút nhấn vật lý dùng để thực hiện các lệnh điều khiển -> Trong chế độ Hiển thị: thực hiện Parameters Toggle. Trong chế độ Điều chỉnh: thực hiện Tăng/Giảm giá trị ngưỡng.
- Mode Switching: Logic bên trong vi điều khiển để thay đổi trạng thái hoạt động dựa trên vị trí của Switch -> Quản lý logic điều khiển và cập nhật ngưỡng.

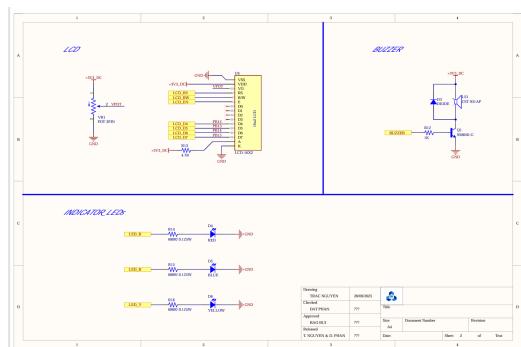
- Parameters Toggle: Chức năng cho phép người dùng chuyển qua lại giữa màn hình hiển thị Nhiệt độ, Độ ẩm và Ánh sáng khi ở chế độ Hiển thị -> Tăng tính linh hoạt trong việc xem dữ liệu.
- d) Khối Hiển thị Đầu ra (Display) - LCD 16x2: Màn hình hiển thị chính -> Xuất các giá trị đo được và trạng thái hoạt động/chế độ của hệ thống.
 - Parameters Display Hiển thị các thông số đo lường (Nhiệt độ, Độ ẩm, Lux) và các giá trị ngưỡng đang được điều chỉnh -> Cung cấp phản hồi thị giác trực tiếp cho người dùng.
 - LED Indicators: Các đèn LED báo hiệu trạng thái hoặc chế độ hoạt động hiện tại (ví dụ: đang ở chế độ Điều chỉnh) -> Cảnh báo trạng thái.
 - LED Alarm: Đèn LED sáng lên khi một hoặc nhiều thông số đo được vượt quá giới hạn ngưỡng đã cài đặt -> Cung cấp cảnh báo thị giác về sự cố môi trường.
 - Buzzer Alarm: Thiết bị phát ra âm thanh -> Cung cấp cảnh báo âm thanh khi các thông số vượt ngưỡng.
- e) Khối Kết nối (Connectivity) - I2C: Giao thức nối tiếp 2 dây (SCL, SDA) -> Giao tiếp chính với SHT31 và BH1750, đảm bảo việc thu thập dữ liệu kỹ thuật số.
 - UART: Giao thức nối tiếp không đồng bộ -> Có thể dùng để gỡ lỗi (Debugging) hoặc truyền dữ liệu đến máy tính/module truyền thông không dây (mở rộng).
 - SPI: Giao thức nối tiếp tốc độ cao, đồng bộ -> Dự phòng cho việc kết nối các thiết bị ngoại vi tốc độ cao khác (ví dụ: thẻ nhớ SD hoặc module hiển thị khác).
- f) Khối Hỗ trợ Khác - Expansion Headers: Các chân I/O không sử dụng được đưa ra ngoài -> Dùng cho việc mở rộng hệ thống (ví dụ: kết nối Module Relay để điều khiển thiết bị).

5.1.2 Schematic

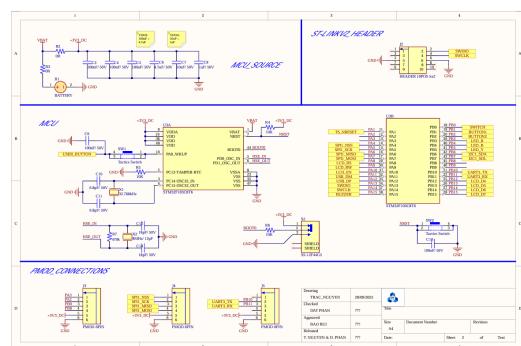
- Nút nhấn - Hiển thị - MCU



Hình 6: Nút nhấn

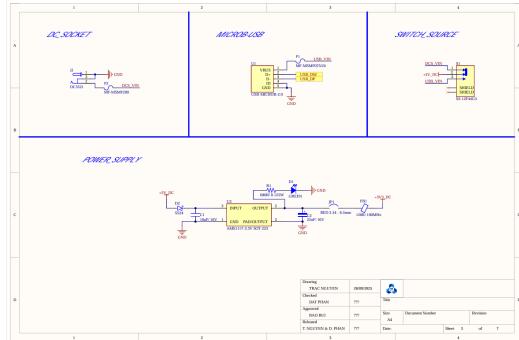


Hình 7: Hiển thị

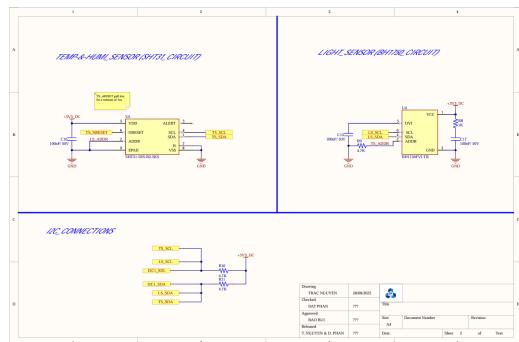


Hình 8: MCU

- Nguồn:
- Cảm biến



Hình 9: Nguồn

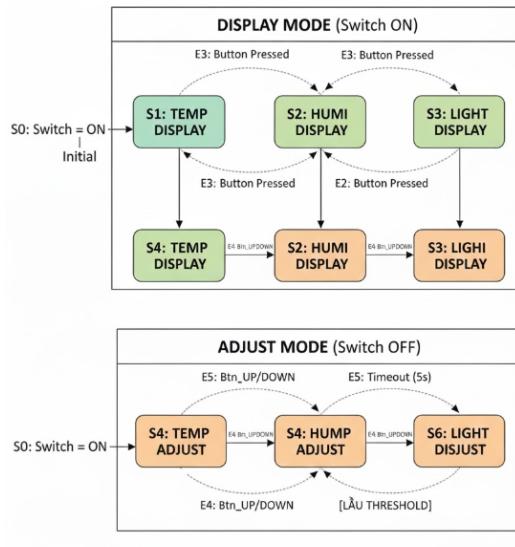


Hình 10: Cảm biến

5.2 Software Design

5.2.1 State Machine Design

State Machine of project:



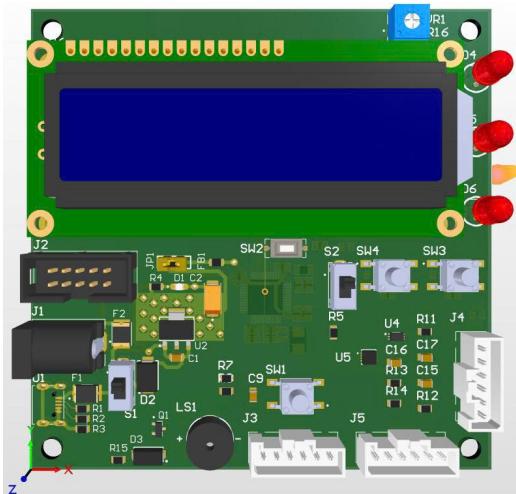
Hình 11: Trạng thái máy

5.2.2 Code

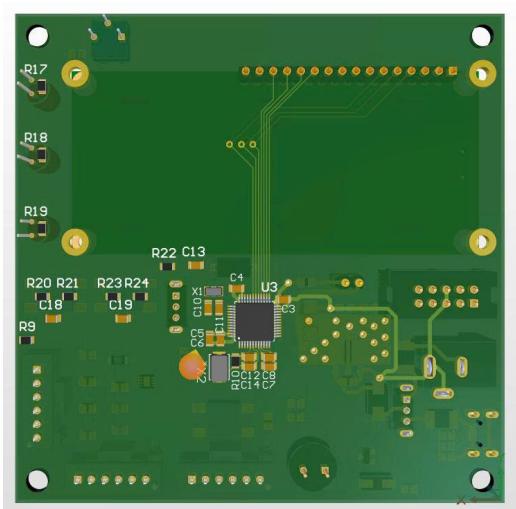
Trình bày trong source code kèm theo

5.3 PCB Design

Design:



Hình 12: Mặt trước



Hình 13: Mặt sau

6 Kết luận và hướng phát triển

6.1 Kết luận

Đề tài "Hệ thống Giám sát Môi trường sử dụng STM32F103C8T6 với giao thức I2C và chức năng Điều chỉnh Ngưỡng" đã được hoàn thành

thành công, đạt được các mục tiêu đã đề ra. Hệ thống đã thể hiện tính ổn định, độ chính xác cao và tính linh hoạt trong vận hành.

6.1.1 Những thành tựu đạt được

- Tối ưu hóa Hiệu năng và Chi phí: Hệ thống đã tận dụng được sức mạnh của vi điều khiển STM32F103C8T6 (32-bit) để quản lý đồng thời giao tiếp I2C tốc độ cao với các cảm biến và xử lý logic điều khiển phức tạp, trong khi vẫn duy trì chi phí linh kiện thấp.

- Đảm bảo Độ chính xác Đo lường: Việc sử dụng bộ đôi cảm biến kỹ thuật số cao cấp SHT31 (Nhiệt độ, Độ ẩm) và BH1750 (Ánh sáng) đã loại bỏ lỗi từ quá trình chuyển đổi tương tự, cung cấp dữ liệu môi trường chính xác và đáng tin cậy.

- Thiết lập Giao diện Người dùng Linh hoạt:

+ Hệ thống đã triển khai thành công hai chế độ hoạt động: Chế độ Hiển thị (chuyển đổi màn hình bằng nút nhấn) và Chế độ Điều chỉnh Nguồn (Adjust).

+ Tính năng Điều chỉnh Nguồn trực tiếp qua nút nhấn, kết hợp với cơ chế Timeout 5 giây và lưu trữ giá trị nguồn (sử dụng bộ nhớ Flash/EEPROM của MCU), đã nâng cao đáng kể tính tùy biến và tiện lợi cho người dùng tại hiện trường.

- Hoàn thiện Phần cứng và Phần mềm: Đã xây dựng hoàn chỉnh sơ đồ nguyên lý, thiết kế mạch in (PCB) và phát triển phần mềm nhúng (firmware) ổn định, quản lý hiệu quả các khối GPIO, I2C, và Timer.

6.1.2 Hạn chế của đề tài

Mặc dù đạt được nhiều thành tựu, hệ thống vẫn còn một số điểm cần cải thiện:

- Giao diện Hiển thị: Màn hình LCD 1602 chỉ cung cấp khả năng hiển thị văn bản giới hạn, chưa trực quan (ví dụ: không thể hiển thị đồ thị hoặc biểu tượng).

- Phạm vi Giám sát: Hệ thống chỉ thực hiện giám sát tại chỗ (local monitoring), chưa có khả năng truyền dữ liệu từ xa (remote monitoring).

- Hạn chế về Bộ nhớ Lưu trữ: Việc lưu trữ nguồn cảnh báo trong bộ nhớ Flash nội bộ của STM32 có số lần ghi/xóa giới hạn.

6.2 Hướng phát triển của đề tài

Để nâng cao hiệu quả và tính ứng dụng của hệ thống, các hướng phát triển sau đây được đề xuất:

6.2.1 Cải tiến Giao tiếp và Khả năng Giám sát từ xa

- Tích hợp Module Truyền thông: Bổ sung module kết nối không dây (ví dụ: ESP8266 hoặc SIM800L) sử dụng giao tiếp UART của STM32 để truyền dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm, và cường độ sáng lên nền tảng Internet of Things (IoT) như ThingSpeak, Firebase, hoặc máy chủ cá nhân.

- Phát triển Ứng dụng: Xây dựng ứng dụng di động (Mobile App) hoặc giao diện web để người dùng có thể giám sát dữ liệu và nhận cảnh báo (push notification) khi các thông số vượt ngưỡng.

6.2.2 Nâng cấp Giao diện và Cảnh báo

- Nâng cấp Màn hình Hiển thị: Thay thế LCD 1602 bằng màn hình đồ họa (ví dụ: OLED hoặc TFT LCD) để hiển thị dữ liệu trực quan hơn, bao gồm biểu đồ lịch sử hoặc thanh trạng thái.

- Tích hợp Cơ chế Điều khiển: Mở rộng hệ thống để không chỉ cảnh báo mà còn có khả năng tự động điều khiển các thiết bị ngoại vi (ví dụ: sử dụng Module Relay để bật quạt, máy bơm hoặc đèn chiếu sáng) dựa trên các ngưỡng đã được thiết lập.