

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC HUẾ
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



TIỂU LUẬN

PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT

Đề tài: Thiết kế hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm dựa trên ESP32

Giảng viên hướng dẫn : Võ Việt Dũng

Sinh viên thực hiện : Nguyễn Thanh Tân

Lớp : K45E

HUẾ, 2025

LỜI MỞ ĐẦU	5
1.NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG	6
1.1. Giới thiệu về ESP32 và cảm biến DHT11/DHT22	6
1.1.1. Vi điều khiển ESP32	6
1.1.2. Cảm biến DHT11 và DHT22	6
1.2. Mục tiêu của hệ thống	6
1.3. Yêu cầu hệ thống.....	7
1.3.1. Phần cứng.....	7
1.3.2. Phần mềm.....	7
1.4. Sơ đồ khối hệ thống	7
1.5. Lưu đồ thuật toán hệ thống	7
1.6. Thiết kế phần cứng	7
1.7. Thiết kế phần mềm	8
1.7.1. Môi trường phát triển	8
1.7.2. Cấu trúc chương trình	8
1.7.3. Quy trình lập trình	9
1.7.4. Khả năng mở rộng phần mềm.....	9
1.8. Tích hợp Blynk vào hệ thống.....	9

1.9. Kiểm tra và hiệu chỉnh.....	10
2.KẾT LUẬN – NHẬN XÉT – ĐÁNH GIÁ – KIẾN NGHỊ	10
2.1.Kết luận	10
2.2.Nhận xét.....	10
2.3.Đánh giá.....	11
2.4.Kiến nghị và hướng phát triển	11
2.5.Kết thúc	12
3. SƠ ĐỒ KẾT NỐI VÀ TRIỂN KHAI TRÊN WOKWI - GIAO DIỆN BLYNK DASHBOARD.....	13
3.1. Sơ đồ kết nối và triển khai trên Wokwi.....	13
3.1.1.Sơ đồ kết nối theo hình ảnh thực tế	13
3.1.2. Kết nối cảm biến DHT22	13
3.1.3. Kết nối màn hình 4-Digit Display (TM1637).....	13
3.1.4. Kết nối LED	14
3.1.5. Kết nối nút nhấn	14
3.2.Giao diện Blynk DashBoard	14
3.2.1. Thời gian hoạt động.....	14
3.2.2. Nhiệt độ (Nhiệt Độ).....	14
3.2.3. Độ ẩm (Do Am)	15
3.2.4. Công tắc điều khiển đèn (Đèn xanh, bảng đếm...)	15
3.3.Tổng kết.....	15
PHẦN KẾT LUẬN	16

Danh mục các từ viết tắt:

IoT (Internet of Things): Internet vạn vật – công nghệ kết nối các thiết bị với nhau qua mạng Internet.

ESP32: Vi điều khiển tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, do hãng Espressif Systems phát triển.

Wi-Fi (Wireless Fidelity): Công nghệ mạng không dây.

OLED (Organic Light Emitting Diode): Màn hình diode phát quang hữu cơ.

IDE (Integrated Development Environment): Môi trường phát triển tích hợp dùng để lập trình.

GPIO (General Purpose Input/Output): Các chân vào/ra dùng chung của vi điều khiển.

ADC (Analog to Digital Converter): Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số.

DAC (Digital to Analog Converter): Bộ chuyển đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự.

SPI (Serial Peripheral Interface): Giao tiếp nối tiếp giữa vi điều khiển và các thiết bị ngoại vi.

I2C (Inter-Integrated Circuit): Chuẩn giao tiếp giữa các vi mạch tích hợp.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter): Chuẩn truyền dữ liệu nối tiếp không đồng bộ.

BLE (Bluetooth Low Energy): Bluetooth năng lượng thấp, tiết kiệm điện năng.

Blynk: Nền tảng IoT hỗ trợ tạo ứng dụng điều khiển thiết bị từ xa bằng điện thoại.

LCD (Liquid Crystal Display): Màn hình tinh thể lỏng.

LỜI MỞ ĐẦU

Trong thời đại công nghệ số phát triển mạnh mẽ, việc ứng dụng các thiết bị IoT (Internet of Things – Internet vạn vật) vào đời sống và sản xuất đang ngày càng phổ biến. Trong số đó, việc giám sát các yếu tố môi trường như nhiệt độ và độ ẩm đóng vai trò đặc biệt quan trọng, nhất là trong các lĩnh vực như nông nghiệp, kho bãi, y tế và quản lý tòa nhà. Để đảm bảo điều kiện môi trường luôn được duy trì trong giới hạn tối ưu, cần có những hệ thống giám sát đáng tin cậy, chính xác và có khả năng truyền dữ liệu từ xa.

ESP32, với khả năng xử lý mạnh mẽ, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, là một trong những nền tảng vi điều khiển lý tưởng cho các ứng dụng IoT. Việc tận dụng ESP32 trong các hệ thống giám sát môi trường không chỉ giúp giảm thiểu chi phí mà còn tăng tính linh hoạt và khả năng mở rộng cho hệ thống.

Từ nhu cầu thực tiễn và tiềm năng ứng dụng rộng rãi của công nghệ IoT, đề tài “**Thiết kế hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm sử dụng ESP32**” được thực hiện nhằm xây dựng một mô hình đơn giản, hiệu quả và dễ triển khai trong thực tế. Bài tiểu luận này trình bày chi tiết quá trình thiết kế, nguyên lý hoạt động, cấu hình phần cứng - phần mềm và những kết quả đạt được trong quá trình xây dựng hệ thống. Đồng thời, cũng đề xuất một số hướng phát triển và mở rộng nhằm nâng cao tính ứng dụng của hệ thống trong tương lai.

Mục tiêu cụ thể của đề tài gồm:

- Đo nhiệt độ và độ ẩm theo thời gian thực bằng cảm biến DHT11/DHT22.
- Hiển thị dữ liệu trực quan qua màn hình OLED hoặc giao diện web.
- Truyền dữ liệu không dây qua Wi-Fi, hỗ trợ theo dõi từ xa và lưu trữ đám mây.
- Phát triển chương trình điều khiển tối ưu, dễ bảo trì và mở rộng thêm các tính năng như cảnh báo vượt ngưỡng, điều khiển thiết bị.
- Làm nền tảng cho các ứng dụng IoT trong nông nghiệp thông minh, nhà kính, kho bảo quản và hệ thống nhà ở thông minh.

1. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

1.1. Giới thiệu về ESP32 và cảm biến DHT11/DHT22

1.1.1. Vi điều khiển ESP32

ESP32 là một vi điều khiển mạnh mẽ do Espressif Systems phát triển, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, phù hợp cho các ứng dụng IoT. Một số đặc điểm nổi bật:

- Xử lý lõi kép (Dual-core) với tốc độ lên đến 240 MHz.
- Hỗ trợ Wi-Fi 802.11 b/g/n và Bluetooth 4.2 (BLE).
- Bộ nhớ Flash lên đến 16MB, RAM 520KB.
- Nhiều cổng GPIO, ADC, DAC, SPI, I2C, UART hỗ trợ kết nối đa dạng.
- Tiêu thụ điện năng thấp, phù hợp cho các ứng dụng chạy bằng pin.

1.1.2. Cảm biến DHT11 và DHT22

-Cảm biến DHT11 và DHT22 là các module đo nhiệt độ và độ ẩm phổ biến trong các dự án IoT.

Thông số	DHT11	DHT22
Dải đo nhiệt độ	0°C – 50°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)	-40°C – 80°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$)
Dải đo độ ẩm	20% – 80% ($\pm 5\%$)	0% – 100% ($\pm 2\%$)
Tần số lấy mẫu	1Hz (mỗi giây)	0.5Hz (2 giây/lần)
Điện áp hoạt động	3V – 5.5V	3V – 5.5V
Giao tiếp	Digital (1-wire)	Digital (1-wire)

DHT11: Giá thành rẻ, phù hợp cho các ứng dụng không yêu cầu độ chính xác cao.

DHT22: Độ chính xác cao hơn, phù hợp cho các ứng dụng chuyên nghiệp.

1.2. Mục tiêu của hệ thống

- Giám sát nhiệt độ và độ ẩm liên tục theo thời gian thực.
- Hiển thị dữ liệu lên giao diện (LCD/web blynk dashboard/app blynk).
- Gửi cảnh báo nếu nhiệt độ/độ ẩm vượt ngưỡng cho phép.

- Dễ lắp đặt, chi phí thấp, tiêu thụ năng lượng ít.

1.3. Yêu cầu hệ thống

1.3.1. Phần cứng

- **Vi điều khiển:** ESP32 (ESP32-WROOM-32).
- **Cảm biến:** DHT11 hoặc DHT22.
- **Màn hình hiển thị:** OLED 0.96 inch (tùy chọn).
- **Các linh kiện phụ:** Điện trở, dây nối, breadboard, nguồn cấp (pin hoặc USB).

1.3.2. Phần mềm

- **Arduino IDE** để lập trình ESP32.
- **Thư viện hỗ trợ:**
 - DHT sensor library (đọc dữ liệu từ cảm biến).
 - WiFi.h (kết nối Wi-Fi).
 - Adafruit_SSD1306 (hiển thị OLED, nếu có).

1.4. Sơ đồ khối hệ thống

[Cảm biến DHT] → [ESP32] → [Hiển thị OLED / Web Blynk Dashboard]

↑

[Kết nối Wi-Fi] → [Cloud / Mobile App]

1.5. Lưu đồ thuật toán hệ thống

- Khởi động ESP32 và kết nối Wi-Fi.
- Đọc dữ liệu từ cảm biến DHT.
- Hiển thị dữ liệu lên OLED (nếu có).
- Gửi dữ liệu lên server/web (nếu có kết nối Internet).
- Kiểm tra ngưỡng cảnh báo, nếu vượt ngưỡng → gửi thông báo.
- Lặp lại quy trình sau mỗi khoảng thời gian.

1.6. Thiết kế phần cứng

- Kết nối ESP32 với cảm biến DHT:

- Chân DATA của DHT → GPIO của ESP32 (VD: GPIO4).
- Nguồn 3.3V hoặc 5V.
- Kết nối màn hình OLED (nếu sử dụng) qua giao thức I2C.

1.7. Thiết kế phần mềm

1.7.1. Môi trường phát triển

- **Visual Studio Code:** là trình soạn thảo mã nguồn đa nền tảng, hỗ trợ nhiều tiện ích mở rộng, đặc biệt là khả năng lập trình nhúng thông qua các extension như PlatformIO, Arduino, hay ESP-IDF.
- **PlatformIO:** được tích hợp vào VS Code, hỗ trợ biên dịch, nạp chương trình và quản lý thư viện dễ dàng.

Thư viện sử dụng:

- Thư viện đọc dữ liệu cảm biến DHT (DHT.h).
- Thư viện hiển thị OLED (nếu dùng màn hình).
- Thư viện Wi-Fi của ESP32 để kết nối mạng.
- Thư viện cho giao diện giám sát (như Blynk, ESPAsyncWebServer, tùy ứng dụng).

1.7.2. Cấu trúc chương trình

Phần mềm được chia thành các khối chức năng chính:

- Khởi tạo hệ thống: bao gồm thiết lập các chân giao tiếp, khởi động cảm biến, Wi-Fi và các thư viện liên quan.
- Thu thập dữ liệu: đọc nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến định kỳ.
- Xử lý dữ liệu: kiểm tra ngưỡng nhiệt độ/độ ẩm, chuyển đổi định dạng hiển thị hoặc cảnh báo.
- Giao tiếp và hiển thị:
 - Gửi dữ liệu qua Wi-Fi đến điện thoại hoặc máy chủ (nếu sử dụng Blynk hoặc MQTT).
 - Hiển thị dữ liệu ra màn hình OLED (nếu có).

- Cảnh báo: nếu vượt ngưỡng cho phép, hệ thống có thể bật đèn LED, còi hoặc gửi thông báo đến người dùng.

1.7.3. Quy trình lập trình

- Viết mã bằng C/C++ trong các file .ino hoặc .cpp, tuân theo cấu trúc dự án của PlatformIO.
- Kiểm tra lỗi, biên dịch và nạp chương trình vào ESP32 thông qua cổng USB.
- Thực hiện kiểm thử thực tế để đảm bảo dữ liệu thu thập chính xác và hệ thống phản hồi đúng khi vượt ngưỡng.

1.7.4. Khả năng mở rộng phần mềm

- Hệ thống được thiết kế theo hướng modular (có cấu trúc mô-đun) nên dễ dàng mở rộng với các tính năng khác như lưu dữ liệu lên đám mây, bổ sung giao diện web, hoặc điều khiển thiết bị từ xa.
- Có thể tích hợp thêm các cảm biến khác (ánh sáng mặt trời, rò rỉ khí gas, chuyển động hồng ngoại, hệ thống đóng rèm cửa...) chỉ với một vài thay đổi nhỏ trong chương trình.

1.8. Tích hợp Blynk vào hệ thống

Blynk là một nền tảng IoT giúp tạo giao diện giám sát và điều khiển thiết bị từ xa thông qua ứng dụng điện thoại (iOS/Android).

Cách tích hợp Blynk:

- Tạo tài khoản và dự án trên Blynk:

- Tải ứng dụng **Blynk IoT** từ App Store/CH Play.

- Tạo dự án mới, chọn thiết bị là **ESP32**.
- Ghi lại **Auth Token** được gửi qua email.

- Cài đặt thư viện Blynk trong Arduino IDE:

Vào **Tools > Manage Libraries**, tìm và cài **Blynk**.

- Trên ứng dụng Blynk:

- Kéo 2 **gauge widgets**, gán vào V0 và V1.
- Bạn có thể thêm **thông báo (notification)** nếu nhiệt độ vượt ngưỡng.

1.9. Kiểm tra và hiệu chỉnh

- Kiểm tra kết nối phần cứng.
- Hiệu chỉnh ngưỡng cảnh báo nhiệt độ/độ ẩm phù hợp.
- Tối ưu code để giảm tiêu thụ năng lượng (nếu chạy bằng pin).

2.KẾT LUẬN – NHẬN XÉT – ĐÁNH GIÁ – KIẾN NGHỊ

2.1.Kết luận

- Hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm dựa trên ESP32 đã được thiết kế và triển khai thành công, đáp ứng các mục tiêu ban đầu đề ra:
- Đo lường chính xác nhiệt độ và độ ẩm thông qua cảm biến DHT11/DHT22.
- Hiển thị dữ liệu trực quan trên màn hình OLED hoặc giao diện web.
- Kết nối không dây qua Wi-Fi, cho phép giám sát từ xa.
- Cảnh báo tự động khi nhiệt độ/độ ẩm vượt ngưỡng an toàn.
- Chi phí thấp, dễ triển khai, phù hợp với nhiều ứng dụng thực tế như nông nghiệp, nhà thông minh, phòng lab.
- Hệ thống đã chứng minh tính khả thi và hiệu quả trong việc giám sát môi trường, đồng thời mở ra hướng phát triển cho các dự án IoT phức tạp hơn.

2.2.Nhận xét

Ưu điểm:

- **Độ chính xác cao** (đặc biệt khi sử dụng DHT22).
- **Tích hợp dễ dàng** với các nền tảng IoT như Blynk, Thingspeak.
- **Tiết kiệm năng lượng**, có thể chạy bằng pin trong thời gian dài.
- **Giao diện đơn giản**, dễ sử dụng cho người dùng.
- Nhờ tích hợp Blynk, người dùng có thể giám sát dữ liệu từ xa qua smartphone.
- Giao diện thân thiện, dễ tùy biến, không cần lập trình app riêng.

Hạn chế:

- **DHT11 có độ chính xác thấp** hơn so với DHT22.
- **Phụ thuộc vào kết nối Wi-Fi**, nếu mất kết nối sẽ không gửi được dữ liệu.
- **Chưa có cơ chế lưu trữ dữ liệu offline** (nếu không có Internet).
- Blynk yêu cầu kết nối Internet ổn định.
- Phiên bản miễn phí giới hạn số lượng widget và thiết bị.

2.3.Đánh giá

Hiệu quả về mặt kỹ thuật:

- ESP32 xử lý tốt việc thu thập và truyền dữ liệu.
- Cảm biến DHT hoạt động ổn định trong điều kiện môi trường thông thường.

Khả năng ứng dụng thực tế:

- Phù hợp với các hệ thống giám sát nhỏ và vừa.
- Có thể mở rộng để điều khiển các thiết bị khác (quạt, máy phun sương).

Tính kinh tế:

- Chi phí linh kiện thấp, dễ tiếp cận.

2.4.Kiến nghị và hướng phát triển

Để nâng cao hiệu quả và mở rộng ứng dụng của hệ thống, một số kiến nghị được đề xuất:

a) Về phần cứng:

- Thay thế DHT11 bằng DHT22 hoặc cảm biến chuyên dụng (như BME280) để tăng độ chính xác.
- Bổ sung module SIM (4G/NB-IoT) để giám sát ở khu vực không có Wi-Fi.
- Tích hợp thêm cảm biến ánh sáng, CO2 để mở rộng chức năng giám sát.

b) Về phần mềm:

- Phát triển ứng dụng di động (Android/iOS) để theo dõi dữ liệu từ xa.
- Lưu trữ dữ liệu trên thẻ SD khi mất kết nối Internet.
- Xây dựng thuật toán dự đoán xu hướng nhiệt độ/độ ẩm dựa trên AI.
- Tích hợp **nền tảng Blynk hoặc MQTT** để giám sát từ xa.
- Phát triển **dashboard web riêng** thay vì dùng app sẵn có.
- Gửi cảnh báo qua **Telegram, email hoặc SMS**.

c) Về ứng dụng thực tế:

- Triển khai trong nhà kính thông minh để tự động điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm.
- Ứng dụng trong kho bảo quản (dược phẩm, nông sản) để đảm bảo chất lượng.
- Tích hợp vào hệ thống nhà thông minh (Smart Home) để kiểm soát môi trường sống.

2.5.Kết thúc

Hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm dựa trên ESP32 là một giải pháp IoT thiết thực, có tính ứng dụng cao trong nhiều lĩnh vực. Với những ưu điểm về chi phí, hiệu suất và khả năng mở rộng, hệ thống này có tiềm năng trở thành nền tảng cho các dự án công nghệ trong tương lai.

Hướng phát triển tiếp theo:

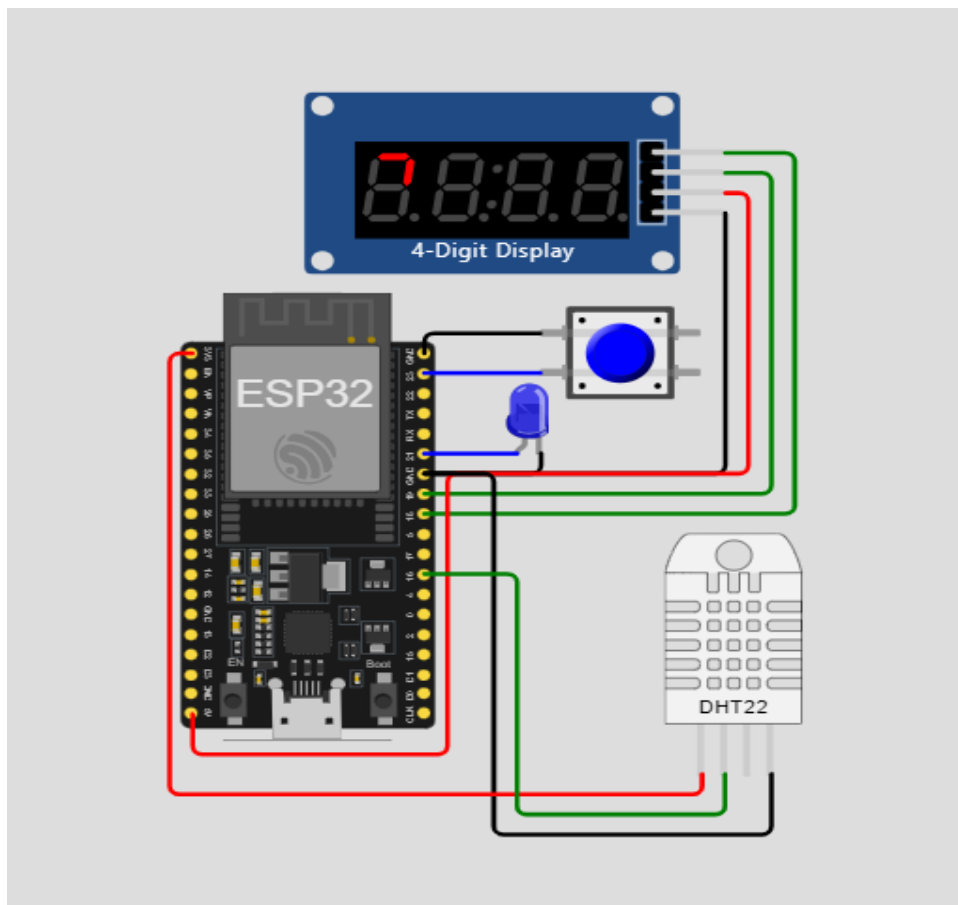
Nghiên cứu tích hợp học máy (Machine Learning) để dự đoán biến động môi trường.

Kết hợp với robot hoặc drone để giám sát ở quy mô lớn (ví dụ: cánh đồng, nhà xưởng).

3. SƠ ĐỒ KẾT NỐI VÀ TRIỂN KHAI TRÊN WOKWI - GIAO DIỆN BLYNK DASHBOARD

3.1. Sơ đồ kết nối và triển khai trên Wokwi

3.1.1. Sơ đồ kết nối theo hình ảnh thực tế



Sơ đồ wokwi của hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm dựa trên ESP32

3.1.2. Kết nối cảm biến DHT22

- Chân VCC (DHT22) → 3.3V (ESP32)
- Chân GND (DHT22) → GND (ESP32)
- Chân Data (DHT22) → Chân D15 (ESP32)

3.1.3. Kết nối màn hình 4-Digit Display (TM1637)

- Chân VCC (TM1637) → 3.3V (ESP32)
- Chân GND (TM1637) → GND (ESP32)

- Chân DIO (TM1637) → Chân D23 (ESP32)
- Chân CLK (TM1637) → Chân D22 (ESP32)

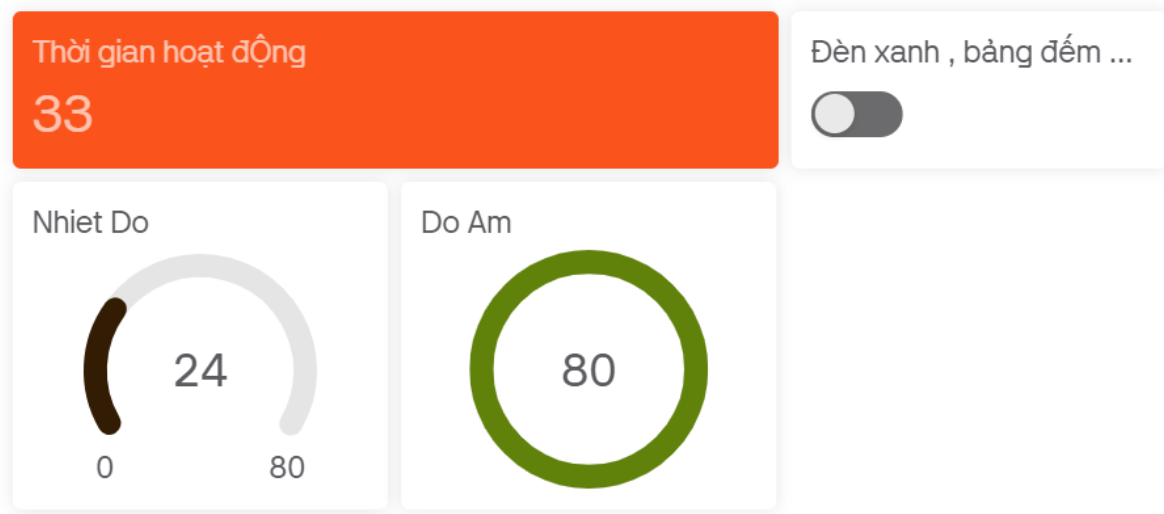
3.1.4. Kết nối LED

- **Cực dương (anode) LED → Chân D21 (ESP32)** (*qua điện trở - không hiển thị rõ trong hình nhưng nên có điện trở $\sim 220\Omega$*)
- **Cực âm (cathode) LED → GND**

3.1.5. Kết nối nút nhấn

- Một chân nút nhấn → Chân D19 (ESP32)
- Chân còn lại → GND

3.2. Giao diện Blynk DashBoard



Giao diện Blynk Dashboard thể hiện gửi dữ liệu lên đám mây

3.2.1. Thời gian hoạt động

- Hiển thị số 33 là số giây hệ thống đã hoạt động.
- Khung màu cam nổi bật, dùng để nhấn mạnh thời gian hoạt động liên tục.

3.2.2. Nhiệt độ (Nhiệt Do)

- Giá trị hiện tại: **24°C**

- Dạng hiển thị hình vòng (gauge chart), có thang đo từ 0 đến 80°C.

3.2.3. Độ ẩm (Do Am)

- Giá trị hiện tại: **80%**
- Dạng gauge chart với vòng tròn đầy màu xanh lá.

3.2.4. Công tắc điều khiển đèn (Đèn xanh, bảng đếm...)

- Công tắc hiện đang **OFF**
- Có thể dùng để bật/tắt LED hoặc khởi động bộ đếm hiển thị trên màn hình 7 đoạn.

3.3. Tổng kết

- Dữ liệu cảm biến nhiệt độ và độ ẩm từ DHT22 trên mạch ESP32 được gửi lên dashboard này.
- LED xanh (trên sơ đồ) có thể được điều khiển qua công tắc ảo trên giao diện này.
- Màn hình 4-digit có thể hiển thị thời gian hoạt động giống như phần "Thời gian hoạt động" ở trên dashboard.

PHẦN KẾT LUẬN

Đề tài “Thiết kế hệ thống giám sát nhiệt độ và độ ẩm sử dụng ESP32” đã đạt được các mục tiêu đề ra, bao gồm việc xây dựng thành công một hệ thống giám sát đơn giản, chi phí thấp nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả trong việc đo lường và theo dõi điều kiện môi trường theo thời gian thực. Việc tích hợp cảm biến DHT22 với vi điều khiển ESP32 cho phép thu thập dữ liệu môi trường chính xác và ổn định, trong khi khả năng kết nối không dây thông qua Wi-Fi giúp nâng cao tính tiện lợi và khả năng giám sát từ xa.

Thông qua việc sử dụng nền tảng Blynk hoặc giao diện web, người dùng có thể theo dõi thông số môi trường mọi lúc, mọi nơi, đồng thời hệ thống còn có khả năng mở rộng thêm các tính năng cảnh báo hoặc điều khiển thiết bị điện phù hợp với từng ứng dụng cụ thể.

Trong quá trình thực hiện đề tài, người viết đã tích lũy thêm nhiều kiến thức thực tiễn về phần cứng, lập trình nhúng, truyền thông mạng và triển khai hệ thống IoT. Mặc dù còn tồn tại một số hạn chế về phạm vi đo đạc, khả năng mở rộng hoặc tính năng cảnh báo nâng cao, nhưng mô hình này đã bước đầu chứng minh được tính khả thi và tiềm năng ứng dụng trong thực tế.

Trong tương lai, hệ thống có thể được phát triển thêm các chức năng như lưu trữ dữ liệu lên nền tảng đám mây để phân tích, tích hợp AI để dự báo môi trường hoặc kết hợp nhiều cảm biến hơn để phục vụ cho các nhu cầu giám sát phức tạp hơn. Qua đó, đề tài không chỉ mang lại giá trị học thuật mà còn là bước đệm để phát triển các giải pháp công nghệ phục vụ sản xuất và đời sống.

Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý thầy cô, đặc biệt là giảng viên hướng dẫn đã tận tình chỉ dẫn, góp ý và đồng hành cùng em trong suốt quá trình thực hiện đồ án. Em cũng xin cảm ơn gia đình, bạn bè và tất cả những ai đã động viên, hỗ trợ em để có thể hoàn thành đề tài này một cách tốt nhất. Em rất mong nhận được thêm những ý kiến đóng góp quý báu để đề tài ngày càng hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Nguyễn Văn Cường (2021). *Lập trình ESP32 với Arduino và IoT*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
2. Trần Minh Hoàng (2020). *Ứng dụng ESP32 trong giám sát môi trường*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 6, tr. 55-59.
3. Nguyễn Thị Hạnh (2022). *Hệ thống nhà kính thông minh sử dụng cảm biến DHT22*, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM, Luận văn tốt nghiệp.

Tiếng Anh

4. Espressif Systems (2022). *ESP32 Technical Reference Manual*, [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
5. Adafruit (n.d.). *DHT22 Temperature-Humidity Sensor Datasheet*, [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/dht>
6. Blynk IoT (2023). *Quickstart Guide to Blynk 2.0 and ESP32 Integration*, [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en/getting-started>

