

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC HUẾ
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



TIỂU LUẬN
Đề tài :

Giám sát chất lượng không khí với ESP32 và cảm biến MQ

Khóa : K45 – Hệ chính quy
Giáo viên hướng dẫn : **VÕ VIỆT DŨNG**

Huế, 12 – 4 – 2025

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành nhiệm vụ được giao, ngoài sự nỗ lực học hỏi của bản thân còn có sự hướng dẫn, giảng dạy tận tình của thầy cô. Em xin gửi lời cảm ơn đến các thầy các cô khoa Công nghệ Thông tin đã trang bị cho em những kiến thức bổ ích.

Em cũng xin cảm ơn thầy Võ Việt Dũng đã hướng dẫn em trong suốt thời gian làm tiểu luận, cảm ơn thầy đã không ngần ngại chỉ dẫn và định hướng đi cho em để em có thể hoàn thành tốt bài tiểu luận của mình.

Với những trải nghiệm quý giá đó đã giúp em hoàn thành bài báo cáo tốt và còn là kinh nghiệm để em sau này làm việc tốt hơn.

Cuối cùng em xin gửi lời cảm ơn đến gia đình, bạn bè và các anh chị đã luôn ở bên động viên, hỗ trợ em trong quá trình học tập vừa qua.

Bài báo cáo của em có thể sẽ có những sai sót vì vốn kinh nghiệm còn hạn chế, kính mong được sự góp ý và đánh giá của quý thầy cô để bài báo cáo này được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Huế, ngày 12 tháng 4 năm 2025

Sinh viên

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	5
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ SỬ DỤNG	5
1. Tổng quan về ứng dụng	5
1.1 ESP32	5
1.2 Khả năng kết nối WiFi/Bluetooth.....	6
1.3 Lý do chọn ESP32 thay vì các vi điều khiển khác.....	7
2. Cảm biến MQ-135	7
2.1 Nguyên lý hoạt động của MQ-135.....	7
2.2 Cách cảm biến đo khí CO, CO2, amoniac, các chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC) ---	7
3. Cảm biến PMS5003	8
3.1 Nguyên lý hoạt động của cảm biến PMS5003.....	8
3.2 Đo các hạt bụi mịn PM2.5, PM10.....	8
3.3 Cách sử dụng cảm biến PMS5003 với ESP32.....	8
4. Các nền tảng IoT.....	9
4.1 ThingSpeak.....	9
4.2 Blynk.....	9
4.3 Telegram.....	9
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG.....	9
1. Sơ đồ hệ thống.....	9
2. Mô phỏng trên Wokwi.....	10
2.1 Giới thiệu mô phỏng.....	10
2.2 Mô tả kết nối trong mô phỏng.....	11
2.3 Cách thức hoạt động của hệ thống.....	11
2.3.1 Đọc dữ liệu từ cảm biến.....	11
2.3.2 Tính Toán AQI (Air Quality Index).....	12
2.4 Gửi dữ liệu qua giao diện web.....	12
2.5 Mô Tả và Cảnh Báo.....	13
3. Mô tả gửi dữ liệu cảm biến lên nền tảng Blynk	13

3.1 Tổng quan về Blynk-----	14
3.2 Mục đích sử dụng Blynk trong dự án-----	15
CHƯƠNG 3: ĐÁNH GIÁ ỨNG DỤNG THỰC TẾ-----	15
1. Ưu điểm của hệ thống-----	15
1.2. Dễ dàng triển khai và chi phí thấp-----	15
1.3. Theo dõi chất lượng không khí từ xa-----	15
2. Nhược điểm của hệ thống-----	16
2.1. Độ chính xác còn hạn chế-----	16
2.2. Yêu cầu hiệu chuẩn định kỳ-----	16
2.3 Các ứng dụng tiềm năng-----	16
3. Giám sát chất lượng không khí tại khu vực công cộng, nhà máy và bệnh viện-----	16
3.1. Cảnh báo ô nhiễm không khí-----	17
4. Đánh giá tổng kết-----	17
KẾT LUẬN -----	18
TÀI LIỆU THAM KHẢO -----	18

Lời mở đầu

- Giới thiệu đề tài

Ô nhiễm không khí đang là một vấn đề nghiêm trọng ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Đặc biệt, khí CO và bụi mịn PM2.5 có thể gây ra các bệnh về hô hấp, tim mạch nếu tiếp xúc trong thời gian dài. Để giám sát chất lượng không khí theo thời gian thực, chúng ta sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với cảm biến khí MQ-135 hoặc cảm biến bụi PMS5003.

Với xu hướng Internet of Things (IoT) phát triển mạnh mẽ, việc ứng dụng các thiết bị như ESP32 kết hợp với các cảm biến khí như MQ-135 hoặc PMS5003 cho phép thu thập dữ liệu chính xác và hiển thị trên giao diện web, từ đó giúp người dùng theo dõi tình trạng không khí một cách trực quan.

*** Cấu trúc của bài tiểu luận**

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, nội dung chính của bài tiểu luận bao gồm ba chương như sau:

CHƯƠNG 1: Tổng quan về công nghệ và thiết bị sử dụng

CHƯƠNG 2 : Thiết kế và triển khai hệ thống

CHƯƠNG 3 : Đánh giá và ứng dụng thực tế

CHƯƠNG 1: Tổng quan về công nghệ và thiết bị sử dụng

1. Tổng quan về ứng dụng

1.1 ESP32

Mô tả về ESP32:

ESP32 là một dòng vi điều khiển tiên tiến được phát triển bởi Espressif Systems. Đây là một trong những bộ vi điều khiển mạnh mẽ nhất dành cho các ứng dụng IoT (Internet of Things) nhờ khả năng kết nối WiFi và Bluetooth tích hợp sẵn.

ESP32 có cấu trúc bộ xử lý dual-core (hai lõi), giúp cải thiện tốc độ xử lý và khả năng đa nhiệm. Nó sử dụng kiến trúc Xtensa LX6 với tốc độ xung nhịp lên đến 240 MHz, bộ nhớ RAM từ 512 KB đến 8 MB, và hỗ trợ lưu trữ trên bộ nhớ flash ngoài.

- **Vi điều khiển ESP32**



Hình 1.1: Vi điều khiển ESP32

Một số đặc điểm nổi bật của ESP32:

- **Khả năng kết nối mạnh mẽ:** Tích hợp WiFi chuẩn 802.11 b/g/n và Bluetooth 4.2 (BLE) giúp ESP32 có thể dễ dàng giao tiếp với các thiết bị khác hoặc nền tảng đám mây.
- **Nhiều giao thức giao tiếp:** Hỗ trợ SPI, I2C, UART, PWM, ADC, DAC giúp kết nối với cảm biến và thiết bị ngoại vi một cách linh hoạt.
- **Tiêu thụ điện năng thấp:** Hỗ trợ nhiều chế độ tiết kiệm năng lượng, phù hợp với các ứng dụng IoT hoạt động liên tục

1.2 Khả năng kết nối WiFi/Bluetooth:

Với khả năng kết nối WiFi tích hợp, ESP32 có thể dễ dàng kết nối với internet hoặc mạng cục bộ để gửi và nhận dữ liệu từ các dịch vụ đám mây hoặc các nền tảng IoT. Tính năng Bluetooth của ESP32 giúp kết nối với các thiết bị di động hoặc các cảm biến Bluetooth, mở rộng khả năng ứng dụng của nó.

- **WiFi:** ESP32 có thể kết nối với mạng WiFi để truyền và nhận dữ liệu từ các máy chủ đám mây như ThingSpeak, Firebase hoặc MQTT. Điều này giúp nó trở thành lựa chọn lý tưởng cho các hệ thống giám sát thời gian thực.

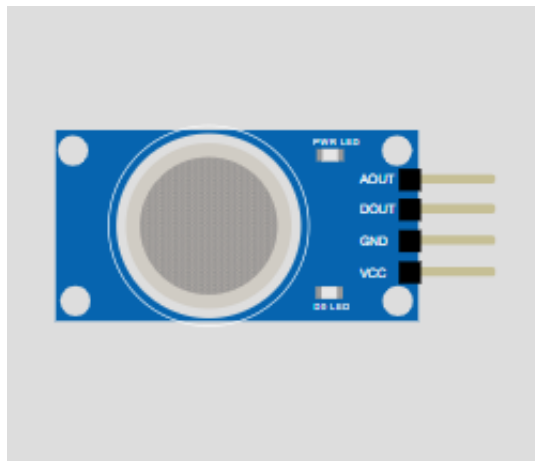
- **Bluetooth:** ESP32 hỗ trợ Bluetooth Classic và Bluetooth Low Energy (BLE). BLE cho phép truyền dữ liệu với mức tiêu thụ điện năng thấp, phù hợp cho các ứng dụng di động hoặc các thiết bị IoT sử dụng pin.

1.3 Lý do chọn ESP32 thay vì các vi điều khiển khác:

- **Arduino:** Arduino là vi điều khiển phổ biến và dễ sử dụng, nhưng thiếu khả năng kết nối WiFi/Bluetooth tích hợp, và hiệu suất xử lý hạn chế so với ESP32.
- **Raspberry Pi:** Raspberry Pi là một máy tính đơn board mạnh mẽ nhưng thường có chi phí cao và kích thước lớn hơn so với ESP32. Raspberry Pi không phải là lựa chọn tối ưu cho các ứng dụng yêu cầu tiết kiệm không gian và chi phí.

Do đó, ESP32 là lựa chọn lý tưởng vì nó nhỏ gọn, giá rẻ, tích hợp WiFi/Bluetooth và có hiệu suất mạnh mẽ, phù hợp với các ứng dụng IoT như giám sát chất lượng không khí.

2. Cảm biến MQ-135



Hình 1.2 : Cảm biến MQ-135

2.1 Nguyên lý hoạt động của MQ-135:

MQ-135 là một cảm biến khí được thiết kế để đo các loại khí như CO (carbon monoxide), CO₂ (carbon dioxide), amoniac (NH₃), các chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC), và các khí độc hại khác. Cảm biến sử dụng một dây điện trở được phủ bằng một lớp vật liệu nhạy cảm với khí. Khi các khí này tiếp xúc với lớp vật liệu, điện trở của nó thay đổi, và từ đó có thể đo được nồng độ của các khí này.

2.2 Cách cảm biến đo khí CO, CO₂, amoniac, các chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC):

Cảm biến MQ-135 hoạt động bằng cách đốt nóng một lớp vật liệu bên trong cảm biến,

tạo ra một phản ứng hóa học khi các khí độc hại đi qua. Dựa trên thay đổi điện trở, giá trị đo được sẽ được chuyển đổi thành nồng độ của các khí trong không khí. Thông thường, MQ-135 cần được hiệu chỉnh trước khi sử dụng để đảm bảo độ chính xác.

Ưu điểm và nhược điểm của cảm biến MQ-135:

Ưu điểm:

- Giá thành thấp, dễ sử dụng.
- Khả năng phát hiện nhiều loại khí độc hại, đặc biệt là CO, CO₂ và các chất VOC.
- Dễ dàng tích hợp vào các hệ thống IoT và giám sát chất lượng không khí.

Nhược điểm:

- Độ chính xác không cao, đặc biệt khi đo các nồng độ khí rất thấp.
- Thời gian hiệu chỉnh lâu và cần được thay đổi định kỳ để đảm bảo kết quả đo chính xác
- Có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường như nhiệt độ và độ ẩm.

3. Cảm biến PMS5003

3.1 Nguyên lý hoạt động của cảm biến PMS5003:

PMS5003 là một cảm biến đặc biệt dùng để đo các hạt bụi mịn trong không khí, bao gồm PM_{2.5} (bụi mịn có đường kính dưới 2.5 micromet) và PM₁₀ (bụi có đường kính dưới 10 micromet). Cảm biến hoạt động dựa trên phương pháp quang học, trong đó các hạt bụi trong không khí sẽ bị ánh sáng từ một đèn LED chiếu vào. Độ mạnh của ánh sáng phản xạ sẽ được đo và từ đó tính toán nồng độ bụi trong không khí.

3.2 Đo các hạt bụi mịn PM_{2.5}, PM₁₀:

Cảm biến PMS5003 cung cấp dữ liệu về nồng độ bụi mịn PM_{2.5} và PM₁₀ trong không khí theo đơn vị $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgram per cubic meter). Đây là các chỉ số quan trọng để đánh giá chất lượng không khí, vì bụi mịn có thể xâm nhập vào phổi và gây ra các vấn đề sức khỏe nghiêm trọng.

3.3 Cách sử dụng cảm biến PMS5003 với ESP32:

Cảm biến PMS5003 có giao tiếp I2C, cho phép ESP32 đọc dữ liệu từ cảm biến một cách

dễ dàng. Thông qua giao thức I2C, ESP32 có thể nhận được các giá trị đo được từ cảm biến và truyền tải lên nền tảng IoT hoặc hiển thị trực tiếp trên ứng dụng di động.

4. Các nền tảng IoT

4.1 ThingSpeak:

ThingSpeak là một nền tảng IoT mã nguồn mở, cho phép thu thập và phân tích dữ liệu từ các thiết bị IoT. ESP32 có thể kết nối với ThingSpeak để gửi dữ liệu về nồng độ khí CO, CO₂ và bụi mịn PM_{2.5}. Dữ liệu thu thập từ ESP32 có thể được lưu trữ và hiển thị dưới dạng đồ thị, giúp theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực.

4.2 Blynk:

Blynk là một nền tảng IoT phổ biến khác giúp kết nối ESP32 với ứng dụng di động. Bằng cách sử dụng Blynk, người dùng có thể dễ dàng hiển thị dữ liệu từ cảm biến lên giao diện di động, đồng thời nhận các thông báo hoặc cảnh báo khi chất lượng không khí vượt qua ngưỡng an toàn.

4.3 Telegram:

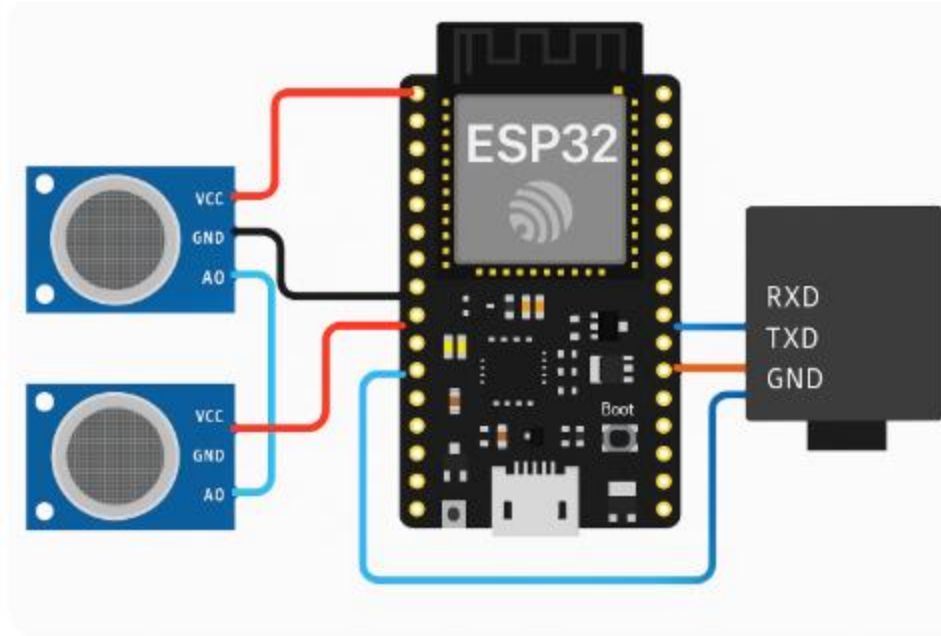
Telegram có thể được sử dụng để gửi cảnh báo đến người dùng khi mức độ ô nhiễm vượt quá ngưỡng cho phép. Thông qua bot Telegram, ESP32 có thể gửi tin nhắn tự động thông báo về tình trạng ô nhiễm không khí, giúp người dùng nhanh chóng nắm bắt thông tin và có biện pháp xử lý.

Chương 2: Thiết kế và triển khai hệ thống

1. Sơ đồ hệ thống

Sơ đồ hệ thống sẽ bao gồm các kết nối giữa ESP32, cảm biến MQ-135, PMS5003 và nền tảng IoT (ThingSpeak, Blynk, Telegram). Cảm biến MQ-135 sẽ kết nối với ESP32 qua các chân I/O để đo các khí như CO và CO₂, trong khi cảm biến PMS5003 sẽ cung cấp dữ liệu về bụi mịn PM_{2.5} và PM₁₀.

2. Mô phỏng trên Wokwi



Hình 2.1: Sơ đồ mô phỏng hệ thống giám sát chất lượng không khí trên Wokwi

2.1 Giới thiệu mô phỏng

Trong mô phỏng này, hệ thống giám sát chất lượng không khí được xây dựng trên nền tảng **Wokwi** – một công cụ giả lập phần cứng trực tuyến. Wokwi cho phép người dùng thử nghiệm, kiểm tra các kết nối và nguyên lý hoạt động của mạch điện tử mà không cần sử dụng phần cứng thật.

Hệ thống được mô phỏng bao gồm các thành phần chính:

- **ESP32:** Vi điều khiển trung tâm, chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu từ các cảm biến và xử lý, truyền dữ liệu lên web.
- **Cảm biến MQ-135:** Cảm biến khí dùng để phát hiện các loại khí độc như CO, CO₂ và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC).
- **Cảm biến PMS5003:** Cảm biến bụi mịn, chuyên dùng để đo nồng độ bụi PM2.5 và PM10 trong không khí (giả lập UART trong Wokwi do không có cảm biến thực).

2.2 Mô tả kết nối trong mô phỏng

Trong mô hình Wokwi, các thiết bị được kết nối với ESP32 như sau:

Kết nối cảm biến MQ-135:

Chân MQ-135	Chân ESP32	Chức năng
VCC	3.3V (hoặc 5V)	Cấp nguồn cho cảm biến
GND	GND	Nối đất
A0	GPIO34	Đọc giá trị analog (nồng độ CO)

Kết nối cảm biến bụi PMS5003 (UART giả lập):

Chân PMS5003 (giả lập)	Chân ESP32	Chức năng
TX	GPIO16 (RX)	Truyền dữ liệu từ cảm biến
RX	GPIO17 (TX)	Gửi tín hiệu (ít khi dùng)
GND	GND	Nối đất

Lưu ý: Trong Wokwi không có sẵn cảm biến PMS5003 nên ta sử dụng thiết bị UART giả lập và gửi giá trị ngẫu nhiên (random) để mô phỏng dữ liệu PM2.5 và PM10.

2.3 Cách thức hoạt động của hệ thống

2.3.1 Đọc dữ liệu từ cảm biến

- **MQ-135:**
 - ESP32 đọc tín hiệu analog từ chân A0 của cảm biến (qua GPIO34).
 - Dữ liệu được chuyển đổi thành nồng độ CO (ppm).
 - Có thể sử dụng công thức hoặc bảng tra để chuyển giá trị điện áp thành nồng độ khí.
- **PMS5003:**
 - Giao tiếp với ESP32 thông qua UART (TXD/RXD).
 - PMS5003 gửi liên tục dữ liệu về nồng độ bụi mịn PM2.5 và PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 - ESP32 phân tích và trích xuất dữ liệu để xử lý.

2.3.2 Tính Toán AQI (Air Quality Index)

- **Tính AQI từ CO:**
 - MQ-135 đo nồng độ khí CO (ppm) và giá trị này được chuyển đổi thành chỉ số AQI (0-500) bằng cách sử dụng hàm **map()** trong mã.

- AQI từ CO có thể được tính như sau:

$$AQI_{CO} = \text{map}(\text{CO_value}, 0, 1000, 0, 500);$$
- **Tính AQI từ PM2.5:**
 - Tương tự như AQI từ CO, AQI từ PM2.5 cũng được tính bằng cách sử dụng giá trị đọc được từ cảm biến PMS5003 và chuyển đổi nó thành chỉ số AQI.
- **Tính AQI tổng hợp:**
 - Chỉ số AQI cuối cùng được tính bằng cách lấy giá trị lớn nhất giữa AQI từ CO và AQI từ PM2.5. Điều này đảm bảo rằng chất lượng không khí xấu nhất sẽ được phản ánh.

$$AQI = \max(AQI_{CO}, AQI_{PM25});$$

2.4 Gửi dữ liệu qua giao diện web

- **ESP32 đóng vai trò là máy chủ web (Web Server):**
 - ESP32 chạy một **Web Server trên cổng 80**, hiển thị dữ liệu lên trình duyệt khi thiết bị truy cập vào địa chỉ IP của ESP32.
 - Dữ liệu hiển thị gồm: nồng độ CO, nồng độ PM2.5, chỉ số AQI tổng hợp và mô tả chất lượng không khí.
- **Giao diện có màu cảnh báo:**
 - **Màu sắc được dùng để phân loại mức độ ô nhiễm** theo chỉ số AQI:
 - **Xanh lá (Green):** $AQI \leq 50$ – Tốt
 - **Vàng (Yellow):** 51–100 – Hợp lý
 - **Cam (Orange):** 101–150 – Không tốt cho nhạy cảm
 - **Đỏ (Red):** 151–200 – Có hại
 - **Tím (Purple):** 201–300 – Rất có hại
 - **Nâu (Maroon):** >300 – Nguy hiểm

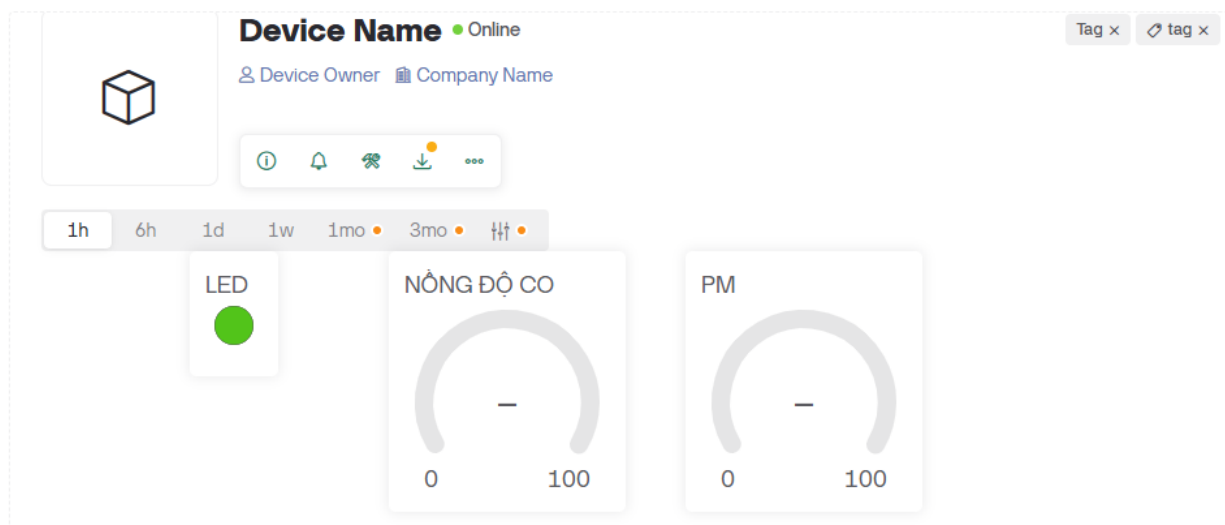
2.5 Mô Tả và Cảnh Báo

Hệ thống sẽ cảnh báo bằng văn bản hoặc biểu tượng màu sắc dựa trên giá trị AQI:

AQI	Mức độ ảnh hưởng	Màu hiển thị
0 – 50	Tốt	Xanh lá
51 – 100	Hợp lý	Vàng
101 – 150	Không khỏe cho nhạy cảm	Cam
151 – 200	Xấu	Đỏ
201 – 300	Rất xấu	Tím
> 300	Nguy hiểm	Nâu sẫm

3. Mô tả gửi dữ liệu cảm biến lên nền tảng Blynk

Web Dashboard



Hình 2.2: Giao diện Web Dashboard mô phỏng trên nền tảng Blynk

Trong dự án này, nền tảng **Blynk** được sử dụng để nhận và hiển thị dữ liệu đo từ cảm biến chất lượng không khí gắn trên **ESP32**. Hệ thống được lập trình để gửi các thông số như **nồng độ khí CO/VOC** (thu từ cảm biến **MQ-135**) và **bụi mịn PM2.5** (từ cảm biến **PMS5003**) lên **Blynk Cloud** thông qua kết nối WiFi.

Giao diện Web Dashboard (trên Blynk)

Dưới đây là hình ảnh minh họa giao diện Web Dashboard được thiết kế bằng Blynk:

Các thành phần chính trong Dashboard gồm:

- **Biểu tượng LED (LED Indicator):**

Dùng để hiển thị trạng thái hoạt động của thiết bị (Online/Offline). Khi thiết bị kết nối internet thành công, đèn LED sẽ sáng màu xanh lá.

- **Gauge “NỒNG ĐỘ CO”:**

Hiển thị **nồng độ khí CO/VOC** đo được từ cảm biến MQ-135. Thang đo từ 0 đến 100 (có thể thay đổi theo chuẩn ppm nếu cần). Dữ liệu cập nhật theo thời gian thực, giúp người dùng theo dõi chất lượng không khí.

- **Gauge “PM”:**

Hiển thị **nồng độ bụi mịn PM2.5** thu được từ cảm biến PMS5003. Thang đo cũng từ 0 đến 100 (hoặc có thể quy đổi $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Giá trị này là chỉ số quan trọng để đánh giá độ ô nhiễm trong không khí.

Cơ chế hoạt động

1. ESP32 thu thập dữ liệu từ các cảm biến được gắn trên bo mạch.
2. Dữ liệu này được xử lý (hoặc giả lập bằng random nếu không có cảm biến mô phỏng).
3. Thông qua WiFi, ESP32 gửi dữ liệu lên **Blynk Cloud** qua các **Virtual Pin** đã được cấu hình.
4. Dashboard của Blynk hiển thị dữ liệu lên các widget như **Gauge** và **LED** để người dùng dễ quan sát.

(Tuỳ chọn) Cảnh báo vượt ngưỡng

Người dùng có thể thiết lập cảnh báo bằng cách:

- Cài đặt giới hạn ngưỡng ô nhiễm (ví dụ: $\text{CO} > 50$, $\text{PM2.5} > 35$).
- Khi giá trị vượt ngưỡng, Blynk có thể gửi **thông báo qua app, email, hoặc Telegram** (nếu được tích hợp).

3.1 Tổng quan về Blynk

Blynk là một nền tảng phát triển IoT cho phép người dùng điều khiển và giám sát các thiết bị phân cứng như ESP32, Arduino... thông qua ứng dụng di động hoặc giao diện web.

Một số tính năng nổi bật:

- Giao diện trực quan, dễ kéo thả để thiết kế ứng dụng di động.
- Kết nối nhanh với thiết bị qua Internet (WiFi).
- Hỗ trợ gửi nhận dữ liệu từ cảm biến và điều khiển thiết bị từ xa.
- Có thể tạo dashboard để theo dõi thời gian thực và nhận cảnh báo.

3.2 Mục đích sử dụng Blynk trong dự án

Trong dự án "Giám sát chất lượng không khí sử dụng ESP32", nền tảng Blynk được dùng để:

- Hiển thị dữ liệu đo được từ cảm biến MQ-135 (nồng độ CO/VOC) và PMS5003 (bụi mịn PM2.5).
- Theo dõi chất lượng không khí **trực tiếp trên điện thoại hoặc qua nền tảng web dashboard**.
- (Tuỳ chọn) Tạo cảnh báo khi giá trị vượt ngưỡng ô nhiễm.

Chương 3: Đánh giá và ứng dụng thực tế

1. Ưu điểm của hệ thống

1.2. Dễ dàng triển khai và chi phí thấp

- Chi phí linh kiện hợp lý: ESP32 và các cảm biến như MQ-135, PMS5003 có giá thành rẻ so với các thiết bị giám sát chất lượng không khí chuyên dụng. Điều này giúp giảm chi phí tổng thể của hệ thống.
- Lắp đặt đơn giản: Hệ thống có thể được lắp ráp nhanh chóng chỉ với vài linh kiện cơ bản mà không cần sử dụng các thiết bị đo đạc đắt tiền.
- Phù hợp cho nhiều đối tượng: Do chi phí thấp, hệ thống có thể được sử dụng không chỉ cho các tổ chức lớn mà còn dành cho cá nhân, hộ gia đình hoặc trường học để theo dõi chất lượng không khí tại nhà.

1.3. Theo dõi chất lượng không khí từ xa

- **Kết nối không dây:** Hệ thống sử dụng ESP32 với kết nối WiFi/Bluetooth giúp truyền dữ liệu lên các nền tảng IoT như ThingSpeak, Blynk hoặc Telegram mà không cần dây cáp phức tạp.
- **Truy cập dữ liệu mọi lúc, mọi nơi:** Người dùng có thể theo dõi nồng độ CO₂, bụi mịn PM2.5, và các khí độc hại khác trên điện thoại, máy tính bảng hoặc trình duyệt web.
- **Cảnh báo theo thời gian thực:** Khi nồng độ khí độc vượt quá mức an toàn, hệ thống có thể gửi thông báo đến điện thoại qua ứng dụng hoặc Telegram, giúp người dùng nhanh chóng có biện pháp bảo vệ sức khỏe.

2. Nhược điểm của hệ thống

2.1. Độ chính xác còn hạn chế

- **Cảm biến giá rẻ có sai số cao:** Các cảm biến như MQ-135 và PMS5003 tuy có chi phí thấp nhưng độ chính xác còn hạn chế so với các thiết bị chuyên dụng. Các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm hay áp suất đều có thể ảnh hưởng đến kết quả đo.
- **Giới hạn dải đo:** Một số cảm biến chỉ hoạt động chính xác trong một khoảng giá trị nhất định. Ví dụ, MQ-135 cho kết quả không đáng tin cậy khi đo nồng độ CO₂ dưới 400 ppm.

2.2. Yêu cầu hiệu chuẩn định kỳ

- **Cần hiệu chuẩn thường xuyên:** Để đảm bảo độ chính xác, cảm biến MQ-135 cần được hiệu chuẩn định kỳ, thường là trong môi trường không khí sạch hoặc bằng cách so sánh với thiết bị đo chuẩn.
- **Suy giảm độ nhạy theo thời gian:** Sau một thời gian sử dụng, cảm biến có thể giảm hiệu suất hoạt động, ảnh hưởng đến độ tin cậy của dữ liệu và có thể cần thay thế.

2.3 Các ứng dụng tiềm năng

3. Giám sát chất lượng không khí tại khu vực công cộng, nhà máy và bệnh viện

- **Khu vực công cộng:** Hệ thống có thể được triển khai tại các địa điểm đông người như trường học, công viên, bến xe hoặc trung tâm thương mại để theo dõi mức độ ô nhiễm và kịp thời đưa ra khuyến cáo cho người dân.
- **Nhà máy và khu công nghiệp:** Trong môi trường công nghiệp, hệ thống giúp giám sát liên tục nồng độ khí độc phát sinh từ hoạt động sản xuất, từ đó cảnh báo nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe cho công nhân.
- **Bệnh viện:** Với yêu cầu nghiêm ngặt về chất lượng không khí, đặc biệt trong các phòng hồi sức, phòng mổ, hệ thống sẽ giúp theo dõi và duy trì môi trường trong lành, giảm nguy cơ nhiễm trùng cho bệnh nhân.

3.1. Cảnh báo ô nhiễm không khí

- **Phát hiện ô nhiễm sớm:** Trong trường hợp xảy ra sự cố môi trường như cháy rừng, khói bụi đô thị hoặc rò rỉ hóa chất, hệ thống có thể phát hiện nhanh và gửi cảnh báo sớm để người dân có biện pháp bảo vệ.
- **Tích hợp hệ thống cảnh báo cộng đồng:** Có thể kết hợp với các hình thức cảnh báo như loa phát thanh, tin nhắn SMS hoặc ứng dụng điện thoại để lan truyền thông tin đến người dân nhanh chóng và hiệu quả.
- **Hỗ trợ quản lý nhà nước và cơ quan môi trường:** Dữ liệu thu thập được từ hệ thống có thể giúp chính quyền địa phương và các tổ chức bảo vệ môi trường đánh giá tình trạng ô nhiễm, từ đó xây dựng chính sách kiểm soát hiệu quả hơn.

4. Đánh giá tổng kết

Qua quá trình triển khai và thử nghiệm, hệ thống giám sát chất lượng không khí sử dụng ESP32 và các cảm biến giá rẻ như MQ-135, PMS5003 đã chứng minh được nhiều ưu điểm vượt trội như chi phí thấp, dễ dàng triển khai, và khả năng theo dõi dữ liệu từ xa linh hoạt. Mặc dù vẫn còn tồn tại một số hạn chế về độ chính xác và yêu cầu hiệu chuẩn định kỳ, hệ thống vẫn đáp ứng tốt nhu cầu giám sát cơ bản và cảnh báo sớm trong các môi trường không yêu cầu tiêu chuẩn quá cao.

Với tính ứng dụng rộng rãi trong các khu vực công cộng, hộ gia đình, nhà máy hay bệnh viện, hệ thống hứa hẹn là một giải pháp khả thi cho các cá nhân và tổ chức có nhu cầu

theo dõi chất lượng không khí với chi phí tiết kiệm. Đây là bước khởi đầu quan trọng trong việc ứng dụng công nghệ IoT để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và nâng cao nhận thức về môi trường sống.

KẾT LUẬN

Đề tài “*Giám sát chất lượng không khí với ESP32 và cảm biến MQ*” đã xây dựng thành công một hệ thống IoT đơn giản nhưng hiệu quả, sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với cảm biến MQ-135 và PMS5003 để đo nồng độ khí độc hại (CO) và bụi mịn PM2.5 trong không khí. Dữ liệu sau khi thu thập được xử lý và hiển thị trực quan thông qua giao diện web, giúp người dùng dễ dàng theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực. Hệ thống cho thấy ưu điểm nổi bật về chi phí thấp, dễ triển khai và khả năng giám sát từ xa linh hoạt. Mặc dù độ chính xác của cảm biến còn phụ thuộc vào điều kiện môi trường và cần được hiệu chuẩn định kỳ, nhưng hệ thống vẫn đáp ứng tốt nhu cầu giám sát cơ bản và cảnh báo sớm, đặc biệt phù hợp với các ứng dụng trong hộ gia đình, trường học hay khu dân cư.

Đề tài là một ví dụ thực tiễn trong việc ứng dụng công nghệ IoT để bảo vệ sức khỏe cộng đồng, góp phần nâng cao nhận thức về chất lượng môi trường sống và tạo tiền đề cho các giải pháp thông minh hơn trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Espressif Systems. (2022). *ESP32 Technical Reference Manual*. Retrieved from < https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf >
2. Seeed Studio. (n.d.). *Grove – Gas Sensor (MQ135) – Datasheet and User Manual*. Retrieved from < https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ135/ >
3. Plantower. (2016). *PMS5003 Series Data Manual*. Retrieved from < <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3686/PMS5003+Series+Data+Manual.pdf> >
4. Wokwi. (n.d.). *Wokwi IoT Simulator – ESP32 and Arduino Online Simulator*. Retrieved from < <https://docs.wokwi.com/> >

- 5 Blynk IoT Platform. (n.d.). *Blynk Documentation*. Retrieved from < <https://docs.blynk.io/> >
- 6 U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2022). *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*. Retrieved from: < <https://www.airnow.gov/> >
7. Nguyễn Văn A. (2023). *Ứng dụng IoT trong giám sát môi trường*. Báo cáo kỹ thuật Đại học Bách Khoa Hà Nội.
8. Trần Thị B. (2022). *Hệ thống giám sát bụi mịn sử dụng ESP32 và cảm biến PMS5003*. Kỷ yếu Hội nghị CNTT và IoT – ĐHQG TP.HCM.

