

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

Phách.....

**TÊN ĐỀ TÀI: GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ VỚI ESP32 VÀ  
CẢM BIẾN MQ**

**ĐO NỒNG ĐỘ KHÍ CO, BỤI PM2.5 BẰNG CẢM BIẾN MQ-135 HOẶC  
PMS5003, HIỂN THỊ DỮ LIỆU QUA GIAO DIỆN WEB**

**PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT - NHÓM 5**

**2024-2025.2.TIN4024.005**

**GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN: VÕ VIỆT DŨNG**

**HUẾ, THÁNG 4 NĂM 2025**

## Mục lục

1. Lý do chọn đề tài .....	3
2. Mục đích nghiên cứu .....	3
3. Nội dung nghiên cứu .....	4
II. PHẦN NỘI DUNG .....	6
1. Các khái niệm liên quan: .....	6
1.1. Ô nhiễm không khí .....	6
1.2. Các chất gây ô nhiễm không khí .....	6
1.3. Hệ thống giám sát chất lượng không khí .....	7
1.4. Vi điều khiển ESP32 .....	7
1.5. Cảm biến chất lượng không khí .....	8
1.6. IoT (Internet of Things) .....	9
1.7. Nền tảng IoT để hiển thị dữ liệu .....	10
1.8. Mô phỏng phần cứng với Wokwi .....	10
2. Phương pháp nghiên cứu .....	10
2.1. Phần cứng .....	11
2.2. Phần mềm .....	13
2.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống .....	13
2.4. Kiểm thử và đánh giá hệ thống .....	14
2.5. Kết luận .....	15
IV. Phần Kết luận .....	16
1. Kết luận .....	16
2. Nhận xét và Đánh giá .....	16
3. Kiến nghị và Định hướng Phát triển .....	17
4. Tổng kết .....	17
V. Tài liệu tham khảo .....	17

## **I. PHẦN MỞ ĐẦU**

### **1. Lý do chọn đề tài**

Ô nhiễm không khí là một trong những vấn đề môi trường nghiêm trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người và hệ sinh thái. Trong những năm gần đây, tình trạng ô nhiễm không khí ngày càng trở nên nghiêm trọng do sự gia tăng của phương tiện giao thông, hoạt động công nghiệp, đốt rác thải không kiểm soát và các hiện tượng tự nhiên như cháy rừng. Các chất ô nhiễm như bụi mịn PM2.5, PM10, khí CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> có thể gây ra nhiều bệnh về đường hô hấp, tim mạch và thậm chí ảnh hưởng đến hệ thần kinh.

Hiện nay, việc giám sát chất lượng không khí thường do các cơ quan môi trường thực hiện và sử dụng các trạm quan trắc chuyên nghiệp. Tuy nhiên, các trạm này có chi phí cao và không phổ biến ở mọi khu vực. Vì vậy, việc phát triển một hệ thống giám sát chất lượng không khí chi phí thấp, có thể triển khai ở nhiều địa điểm, giúp người dân dễ dàng theo dõi chất lượng không khí là rất cần thiết.

Với sự phát triển của công nghệ IoT, vi điều khiển ESP32 và các cảm biến khí như MQ-135, PMS5003 trở thành một giải pháp phù hợp để xây dựng hệ thống giám sát chất lượng không khí theo thời gian thực. Hệ thống này không chỉ giúp người dùng theo dõi nồng độ các chất ô nhiễm thông qua giao diện web mà còn có thể gửi cảnh báo đến điện thoại thông qua các nền tảng như ThingSpeak, Blynk hoặc Telegram.

Việc nghiên cứu và triển khai đề tài này không chỉ giúp nâng cao nhận thức về vấn đề ô nhiễm không khí mà còn đóng góp vào việc phát triển các giải pháp công nghệ phục vụ đời sống. Ngoài ra, dự án cũng có thể được mở rộng để tích hợp với các hệ thống nhà thông minh, cảnh báo sức khỏe, hoặc hỗ trợ nghiên cứu về môi trường.

### **2. Mục đích nghiên cứu**

Mục đích của nghiên cứu này là thiết kế và triển khai một hệ thống giám sát chất lượng không khí theo thời gian thực bằng cách sử dụng vi điều khiển

ESP32 và các cảm biến khí như MQ-135 hoặc PMS5003. Hệ thống này giúp đo lường nồng độ các chất ô nhiễm như khí CO, bụi mịn PM2.5 và cung cấp dữ liệu trực quan cho người dùng thông qua giao diện web hoặc ứng dụng IoT như ThingSpeak, Blynk, Telegram.

Cụ thể, nghiên cứu nhằm đạt được các mục tiêu sau:

**Đánh giá chất lượng không khí:** Xây dựng hệ thống có khả năng đo lường và theo dõi nồng độ các chất gây ô nhiễm không khí, giúp người dùng nhận biết được mức độ ô nhiễm tại khu vực của họ.

**Tích hợp IoT để hiển thị dữ liệu từ xa:** Ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT) để gửi dữ liệu từ cảm biến lên các nền tảng trực tuyến, giúp người dùng có thể theo dõi thông tin mọi lúc, mọi nơi.

**Cảnh báo khi không khí ô nhiễm:** Thiết lập hệ thống cảnh báo qua Telegram, Blynk hoặc giao diện web để thông báo khi nồng độ khí độc hoặc bụi mịn vượt ngưỡng an toàn.

**Mô phỏng hệ thống trên Wokwi:** Xây dựng mô hình mô phỏng giúp kiểm tra hoạt động của hệ thống mà không cần phần cứng thực tế, hỗ trợ việc học tập và nghiên cứu.

**Nâng cao nhận thức về ô nhiễm không khí:** Giúp người dùng hiểu rõ hơn về chất lượng không khí, từ đó có biện pháp bảo vệ sức khỏe và cải thiện môi trường sống. Hệ thống này có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như giám sát chất lượng không khí trong nhà, khu công nghiệp, khu dân cư và hỗ trợ nghiên cứu khoa học về môi trường.

### **3. Nội dung nghiên cứu**

Nội dung nghiên cứu tập trung vào việc thiết kế, triển khai và đánh giá một hệ thống giám sát chất lượng không khí sử dụng vi điều khiển ESP32 và các cảm biến khí như MQ-135 hoặc PMS5003. Hệ thống sẽ đo lường nồng độ các chất ô nhiễm như khí CO, bụi mịn PM2.5 và hiển thị dữ liệu thông qua giao diện web hoặc các nền tảng IoT như ThingSpeak, Blynk, Telegram.

#### **3.1. Tổng quan về ô nhiễm không khí và hệ thống giám sát**

Tìm hiểu về ô nhiễm không khí, các nguồn gây ô nhiễm và tác động của khí độc, bụi mịn đến sức khỏe con người.

Khái quát về các phương pháp giám sát chất lượng không khí hiện nay.

Giới thiệu về công nghệ IoT và ứng dụng trong giám sát môi trường.

### **3.2. Lựa chọn phần cứng và phần mềm**

#### **Phần cứng:**

Vi điều khiển ESP32: Hỗ trợ kết nối WiFi, phù hợp với các ứng dụng IoT.

Cảm biến MQ-135: Đo khí CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, benzen, toluen.

Cảm biến PMS5003: Đo bụi mịn PM1.0, PM2.5, PM10.

Các linh kiện hỗ trợ: Nguồn điện, dây nối, màn hình OLED (nếu cần).

#### **Phần mềm:**

Arduino IDE: Viết mã và nạp chương trình cho ESP32.

Wokwi: Mô phỏng phần cứng và kiểm thử mã nguồn.

ThingSpeak/Blynk/Telegram: Hiển thị dữ liệu và gửi thông báo.

### **3.3. Thiết kế và xây dựng hệ thống**

Thiết kế sơ đồ kết nối giữa ESP32 và cảm biến khí.

Viết chương trình đọc dữ liệu từ cảm biến và xử lý thông tin.

Tích hợp kết nối WiFi và gửi dữ liệu lên nền tảng IoT.

Xây dựng giao diện theo thị dữ liệu theo thời gian thực

### **3.4. Mô phỏng và kiểm thử hệ thống trên Wokwi**

Mô phỏng hoạt động của ESP32 và các cảm biến trên Wokwi.

Kiểm tra độ chính xác của dữ liệu cảm biến (trường hợp không có cảm biến thật, sử dụng giá trị random để kiểm tra hoạt động hệ thống).

Gửi dữ liệu lên ThingSpeak/Blynk/Telegram và kiểm tra hiển thị.

### **3.5. Đánh giá kết quả và đề xuất cải tiến**

Đánh giá hiệu suất của hệ thống dựa trên độ chính xác của dữ liệu và tốc độ cập nhật thông tin.

Xác định các hạn chế, như sai số cảm biến, độ trễ khi gửi dữ liệu qua mạng.

Đề xuất hướng cải tiến như hiệu chuẩn cảm biến, tích hợp thêm cảm biến khác, mở rộng khả năng lưu trữ và phân tích dữ liệu.

Hệ thống này có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như giám sát chất lượng không khí trong nhà, khu công nghiệp, khu dân cư và hỗ trợ nghiên cứu khoa học về môi trường.

## II. PHẦN NỘI DUNG

### 1. Các khái niệm liên quan:

Để hiểu rõ hơn về hệ thống giám sát chất lượng không khí sử dụng ESP32 và các cảm biến khí, ta cần tìm hiểu một số khái niệm liên quan sau:

#### 1.1. Ô nhiễm không khí

Ô nhiễm không khí là tình trạng xuất hiện các chất độc hại trong không khí với nồng độ cao, có thể gây hại đến sức khỏe con người, động vật và môi trường. Các nguồn gây ô nhiễm không khí có thể từ tự nhiên (cháy rừng, núi lửa) hoặc nhân tạo (khói bụi từ xe cộ, nhà máy, đốt rác thải).

#### 1.2. Các chất gây ô nhiễm không khí

**CO (Carbon Monoxide):** Khí không màu, không mùi, có thể gây ngộ độc nếu hít phải với nồng độ cao.

**CO<sub>2</sub> (Carbon Dioxide):** Là sản phẩm của quá trình đốt cháy nhiên liệu, có thể ảnh hưởng đến hệ sinh thái và biến đổi khí hậu.

**PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> (Particulate Matter):** Các hạt bụi mịn có kích thước nhỏ hơn 2.5μm và 10μm, có thể xâm nhập sâu vào phổi và gây bệnh hô hấp.

**NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> (Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide):** Các khí độc hại sinh ra từ hoạt động công nghiệp và giao thông, có thể gây viêm phổi và các bệnh về đường hô hấp.

### 1.3. Hệ thống giám sát chất lượng không khí

Hệ thống giám sát chất lượng không khí là một tập hợp các thiết bị điện tử có nhiệm vụ đo lường nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí và cung cấp dữ liệu theo thời gian thực để người dùng có thể theo dõi và đưa ra biện pháp phòng tránh.

### 1.4. Vi điều khiển ESP32

ESP32 là một vi điều khiển có tích hợp WiFi và Bluetooth, giúp dễ dàng kết nối với mạng Internet để truyền dữ liệu từ cảm biến lên các nền tảng IoT. Đây là một trong những vi điều khiển phổ biến trong các ứng dụng IoT vì hiệu suất cao, giá thành rẻ và khả năng kết nối không dây.

#### **Các tính năng của vi xử lý ESP32:**

**Wi-Fi (băng tần 2,4 GHz), Bluetooth:** ESP32 có thể hoạt động như một hệ thống độc lập hoàn chỉnh hoặc như một thiết bị phụ thuộc vào MCU máy chủ, giảm chi phí truyền thông trên bộ xử lý ứng dụng chính. ESP32 có thể giao tiếp với các hệ thống khác để cung cấp chức năng Wi-Fi và Bluetooth thông qua giao diện SPI / SDIO hoặc I2C / UART.

**Lõi CPU Xtensa® 32-bit LX6 hiệu suất cao kép:** ESP32 được tích hợp cao với các công tắc ăng-ten tích hợp, RF balun, bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại thu tiếng ồn thấp, bộ lọc và mô-đun quản lý nguồn. ESP32 bổ sung chức năng vô giá và tính linh hoạt cho các ứng dụng của bạn với yêu cầu tối thiểu về Bảng mạch in (PCB).

**Bộ đồng xử lý công suất cực thấp:** Được thiết kế cho các thiết bị di động, thiết bị điện tử đeo được và các ứng dụng IoT, ESP32 đạt được mức tiêu thụ điện năng cực thấp với sự kết hợp của một số loại phần mềm độc quyền. ESP32 cũng bao gồm các tính năng tiên tiến, chẳng hạn như cổng xung nhịp chi tiết, nhiều chế độ nguồn khác nhau và khả năng mở rộng công suất động.

**Nhiều thiết bị ngoại vi:** ESP32 có khả năng hoạt động đáng tin cậy trong môi trường công nghiệp, với nhiệt độ hoạt động từ  $-40^{\circ}\text{C}$  đến  $+125^{\circ}\text{C}$ . Được hỗ trợ bởi mạch hiệu chuẩn tiên tiến, ESP32 có thể loại bỏ các khuyết tật của mạch

bên ngoài một cách linh hoạt và thích ứng với những thay đổi trong điều kiện bên ngoài.

### **1.5. Cảm biến chất lượng không khí**

**Cảm biến MQ-135:** Cảm biến khí có thể đo nồng độ CO, NH<sub>3</sub>, benzen, alcohol và một số khí độc hại khác trong không khí.

#### **Các Tính năng của cảm biến MQ-135**

- Phạm vi phát hiện rộng
- Phản hồi nhanh và độ nhạy cao
- Cuộc sống ổn định và lâu dài
- Điện áp hoạt động là + 5V
- Phát hiện / đo NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, rượu, Benzen, khói, CO<sub>2</sub>, v.v.
- Điện áp đầu ra tương tự: 0V đến 5V
- Điện áp đầu ra kỹ thuật số: 0V hoặc 5V (TTL Logic)
- Thời gian làm nóng trước 20 giây
- Có thể được sử dụng như một cảm biến kỹ thuật số hoặc tương tự
- Độ nhạy của chân kỹ thuật số có thể được thay đổi bằng cách sử dụng chiết áp

**Cảm biến PMS5003:** Cảm biến PMS5003 là một thiết bị dùng để đo lường chất lượng không khí, cụ thể là các hạt bụi trong không khí, thường dùng trong các ứng dụng giám sát môi trường hoặc điều khiển hệ thống lọc không khí. Cảm biến này có khả năng đo lường các hạt bụi với các kích thước khác nhau như PM1.0, PM2.5 và PM10.

Tính năng của Cảm biến PMS5003:

**Đo bụi mịn:** Cảm biến PMS5003 có thể đo các hạt bụi với kích thước PM1.0, PM2.5, và PM10. Đây là các chỉ số quan trọng để đánh giá chất lượng không khí.



**Kết nối đơn giản:** Thường sử dụng giao tiếp UART (TTL), giúp dễ dàng kết nối với các vi điều khiển hoặc thiết bị khác.

**Dễ dàng sử dụng:** Cảm biến được thiết kế để dễ dàng tích hợp vào các dự án DIY hoặc các hệ thống tự động hoá.

**Độ chính xác cao:** Cảm biến PMS5003 có độ chính xác khá cao trong việc đo lường các hạt bụi, đặc biệt là trong môi trường nhà ở và văn phòng.

**Tiết kiệm năng lượng:** Thiết bị tiêu tốn năng lượng thấp, rất phù hợp cho các ứng dụng sử dụng lâu dài.

## 1.6. IoT (Internet of Things)

IoT là công nghệ cho phép các thiết bị kết nối với nhau và chia sẻ dữ liệu qua Internet. Trong hệ thống giám sát chất lượng không khí, IoT giúp gửi dữ liệu từ cảm biến lên các nền tảng như ThingSpeak, Blynk hoặc Telegram để người dùng có thể theo dõi từ xa.

### Các tính năng của IoT

**Giám sát và Điều khiển Từ xa:** IoT giúp người dùng có thể giám sát và điều khiển các thiết bị từ xa qua internet. Ví dụ, bạn có thể điều khiển hệ thống điều hòa, đèn, cửa, hoặc thậm chí là máy giặt qua điện thoại thông minh.

**Tự động hóa:** IoT giúp tự động hóa các quá trình trong nhà thông minh hoặc các ngành công nghiệp. Ví dụ, hệ thống đèn tự động bật/tắt khi có người vào hoặc ra khỏi phòng, hoặc hệ thống tưới cây tự động dựa trên độ ẩm đất.

**Thu thập và Phân tích Dữ liệu:** Các thiết bị IoT có khả năng thu thập dữ liệu liên tục từ môi trường xung quanh và gửi nó về các hệ thống phân tích. Dữ liệu này có thể giúp đưa ra các quyết định thông minh hơn trong các lĩnh vực như y tế, sản xuất, giao thông, v.v.

**An ninh và Giám sát:** IoT giúp cải thiện an ninh thông qua các thiết bị giám sát như camera an ninh, cảm biến chuyển động, cảm biến nhiệt độ, v.v. Những thiết bị này có thể cảnh báo người dùng nếu có hành động bất thường xảy ra.

**Giao thông Thông minh:** IoT giúp cải thiện quản lý giao thông thông qua các cảm biến, đèn giao thông thông minh, và xe tự lái. Ví dụ, cảm biến có thể báo hiệu tình trạng giao thông và tối ưu hóa lưu lượng xe để tránh tắc nghẽn.

**Y tế và Chăm sóc Sức khỏe:** IoT ứng dụng trong y tế giúp theo dõi sức khỏe bệnh nhân từ xa, ví dụ như đo huyết áp, đường huyết, nhịp tim, v.v., và gửi thông tin về bác sĩ để theo dõi và điều trị kịp thời.

**Quản lý Năng Lượng:** IoT giúp giảm lãng phí năng lượng thông qua các hệ thống thông minh điều chỉnh việc sử dụng điện, nước, gas tự động dựa trên các yếu tố như nhu cầu và thời gian trong ngày.

**Ứng dụng trong Nông nghiệp:** IoT được sử dụng để giám sát và cải thiện sản xuất nông nghiệp như hệ thống tưới tiêu thông minh, giám sát chất lượng đất, và theo dõi sự phát triển của cây trồng.

**Tiết kiệm Chi phí và Tăng Năng Suất:** IoT giúp giảm chi phí vận hành và tăng hiệu quả sản xuất bằng cách giám sát liên tục các hoạt động trong các nhà máy hoặc kho bãi, tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên.

### 1.7. Nền tảng IoT để hiển thị dữ liệu

**ThingSpeak:** Một nền tảng lưu trữ và hiển thị dữ liệu từ xa, cho phép tạo biểu đồ theo thời gian thực.

**Blynk:** Một ứng dụng điều khiển IoT trên điện thoại, giúp hiển thị dữ liệu cảm biến một cách trực quan.

**Telegram:** Một ứng dụng nhắn tin có thể được sử dụng để gửi cảnh báo khi chất lượng không khí vượt mức an toàn.

### 1.8. Mô phỏng phần cứng với Wokwi

Wokwi là một công cụ mô phỏng phần cứng cho ESP32, giúp kiểm tra chương trình và hoạt động của các cảm biến mà không cần phần cứng thực tế. Đây là một giải pháp hữu ích để phát triển và thử nghiệm hệ thống trước khi triển khai trên thiết bị thật.

Việc nắm vững các khái niệm trên giúp ta hiểu rõ hơn về hệ thống giám sát chất lượng không khí và các công nghệ liên quan, từ đó có thể thiết kế và triển khai hệ thống một cách hiệu quả.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện nghiên cứu và xây dựng hệ thống giám sát chất lượng không khí, chúng tôi sử dụng phương pháp kết hợp giữa phần cứng và phần mềm. Hệ thống được thiết kế dựa trên vi điều khiển ESP32 cùng với các cảm biến đo chất lượng không khí như MQ-135 và PMS5003. Dữ liệu thu thập từ các cảm biến sẽ được xử lý và hiển thị trên các nền tảng IoT như ThingSpeak, Blynk hoặc Telegram. Ngoài ra, để đảm bảo quá trình phát triển và thử nghiệm diễn ra thuận lợi, chúng tôi sử dụng công cụ mô phỏng Wokwi để kiểm tra hoạt động của hệ thống trước khi triển khai trên phần cứng thực tế.

## 2.1. Phần cứng

Hệ thống giám sát chất lượng không khí được xây dựng dựa trên các linh kiện điện tử chính sau:

**ESP32:** Đây là vi điều khiển có tích hợp WiFi và Bluetooth, giúp dễ dàng kết nối với mạng Internet để gửi dữ liệu thu thập từ cảm biến lên các nền tảng hiển thị. ESP32 có hiệu suất cao, tiêu thụ điện năng thấp và hỗ trợ nhiều giao thức giao tiếp như I2C, SPI, UART, giúp kết nối dễ dàng với các cảm biến khí.

### Hình minh hoạt esp32



**Cảm biến MQ-135:** Là cảm biến khí có khả năng đo nồng độ của nhiều loại khí độc trong không khí như CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, benzen, toluen, và một số hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC). MQ-135 hoạt động dựa trên sự thay đổi điện trở khi tiếp

xúc với các khí độc hại. Giá trị điện trở này sẽ được vi điều khiển ESP32 đọc và xử lý để hiển thị nồng độ khí tương ứng.

#### Hình minh hoạ MQ-135



**Cảm biến PMS5003:** Đây là cảm biến đo bụi mịn với độ chính xác cao, có thể đo các hạt bụi có kích thước PM1.0, PM2.5 và PM10. Cảm biến sử dụng nguyên lý tán xạ laser để phát hiện và đếm số lượng hạt bụi có trong không khí, sau đó truyền dữ liệu đến vi điều khiển để phân tích và hiển thị kết quả.

#### Hình minh hoạ PMS5003



**Các linh kiện hỗ trợ khác:** Ngoài các linh kiện chính, hệ thống còn sử dụng một số linh kiện bổ trợ như để hiển thị dữ liệu trực tiếp trên thiết bị, nguồn cấp điện cho ESP32, dây kết nối và module chuyển đổi tín hiệu nếu cần thiết.

## 2.2. Phần mềm

Để lập trình và điều khiển hệ thống, chúng tôi sử dụng các công cụ phần mềm sau:

**Wokwi:** Đây là công cụ mô phỏng phần cứng cho ESP32, giúp kiểm tra hoạt động của cảm biến và chương trình mà không cần phần cứng thực tế. Trong trường hợp cảm biến không có sẵn trong Wokwi, chúng tôi sẽ sử dụng các giá trị ngẫu nhiên để mô phỏng dữ liệu đo đạc nhằm kiểm tra luồng hoạt động của hệ thống.

**Arduino IDE:** Là môi trường lập trình được sử dụng để viết mã và nạp chương trình cho ESP32. Arduino IDE hỗ trợ nhiều thư viện dành cho ESP32 và các cảm biến khí, giúp việc triển khai hệ thống trở nên đơn giản và nhanh chóng.

**ThingSpeak:** Một nền tảng IoT cho phép lưu trữ và hiển thị dữ liệu cảm biến lên đám mây. ThingSpeak giúp người dùng theo dõi dữ liệu theo thời gian thực thông qua biểu đồ trực quan, đồng thời có thể thiết lập cảnh báo khi chất lượng không khí vượt ngưỡng an toàn.

**Blynk:** Là một ứng dụng IoT trên điện thoại, giúp hiển thị dữ liệu cảm biến một cách trực quan. Người dùng có thể theo dõi các chỉ số chất lượng không khí ngay trên điện thoại và nhận thông báo khi phát hiện mức độ ô nhiễm cao.

**Telegram:** Là một ứng dụng nhắn tin có thể được tích hợp để gửi cảnh báo khi chất lượng không khí xuống mức nguy hiểm. Hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn đến người dùng nếu phát hiện nồng độ khí độc hoặc bụi mịn vượt quá giới hạn cho phép.

## 2.3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống

Hệ thống giám sát chất lượng không khí hoạt động theo các bước sau:

**Thu thập dữ liệu từ cảm biến:** ESP32 sẽ liên tục đọc giá trị từ cảm biến MQ-135 để đo nồng độ khí CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, benzen và các khí độc hại khác. Cảm biến PMS5003 sẽ đo lượng bụi mịn PM2.5 và PM10 trong không khí. Nếu hệ thống

được mô phỏng trên Wokwi và không có cảm biến thực tế, các giá trị sẽ được tạo ngẫu nhiên để kiểm tra hoạt động của hệ thống.

**Xử lý và hiển thị dữ liệu:** Dữ liệu thu được từ cảm biến sẽ được xử lý bằng ESP32 và hiển thị trực tiếp trên màn hình OLED (nếu có). Đồng thời, ESP32 sẽ gửi dữ liệu lên các nền tảng IoT như ThingSpeak hoặc Blynk để hiển thị theo thời gian thực.

**Gửi cảnh báo khi phát hiện ô nhiễm:** Hệ thống sẽ liên tục so sánh giá trị đo được với ngưỡng an toàn. Nếu nồng độ khí độc hoặc bụi mịn vượt quá mức cho phép, ESP32 sẽ gửi cảnh báo đến người dùng thông qua Telegram hoặc Blynk.

**Lưu trữ và phân tích dữ liệu:** Dữ liệu thu thập từ cảm biến sẽ được lưu trữ trên nền tảng đám mây như ThingSpeak để theo dõi lịch sử chất lượng không khí. Người dùng có thể phân tích xu hướng ô nhiễm theo thời gian để có các biện pháp phòng tránh phù hợp.

## **2.4. Kiểm thử và đánh giá hệ thống**

Sau khi hoàn thành việc thiết kế và triển khai, hệ thống sẽ được kiểm thử bằng cách:

**Mô phỏng trên Wokwi** để kiểm tra hoạt động của chương trình mà không cần phần cứng thực tế.

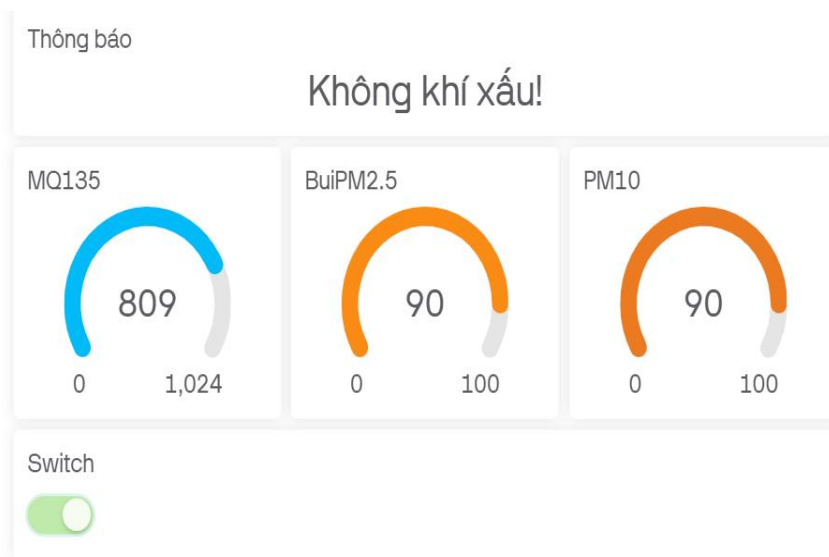
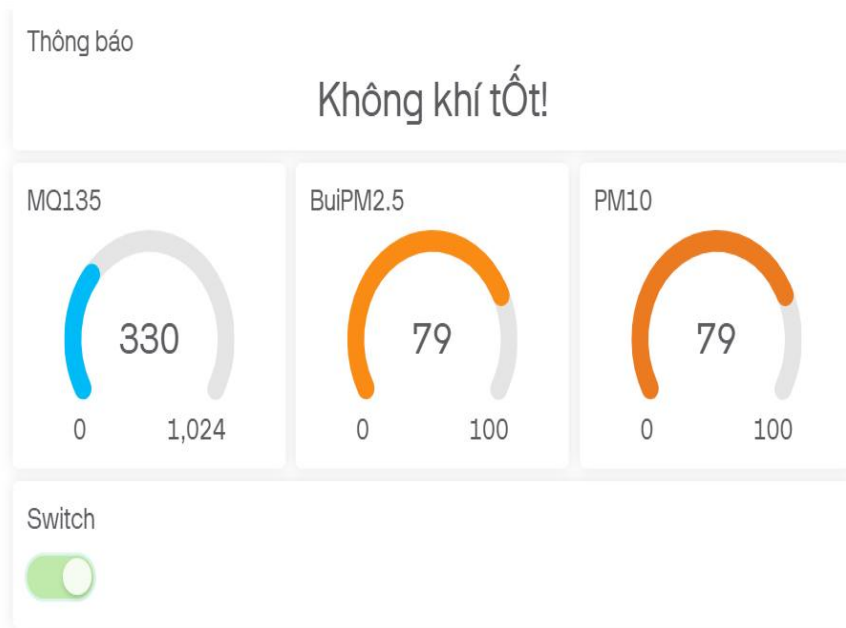
**Kiểm tra với các cảm biến thật** bằng cách kết nối ESP32 với MQ-135 và PMS5003 để thu thập dữ liệu thực tế.

**Đánh giá độ chính xác của dữ liệu** bằng cách so sánh kết quả đo được với các thiết bị đo chuyên dụng (nếu có).

**Kiểm tra khả năng gửi dữ liệu lên nền tảng IoT**, đảm bảo hệ thống có thể hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.

**Kiểm tra tính ổn định của hệ thống**, bao gồm khả năng kết nối WiFi liên tục, mức tiêu thụ điện năng và độ trễ khi gửi dữ liệu.

Hình ảnh minh họa qua web



Khi Đo nồng độ khí CO, bụi PM2.5 bằng MQ-135 trên 500 thì sẽ báo là không khí xấu, dưới 500 thì là không khí tốt.

## 2.5. Kết luận

Phương pháp nghiên cứu kết hợp giữa lý thuyết và thực tiễn, sử dụng cả phần cứng và phần mềm để triển khai hệ thống giám sát chất lượng không khí. Bằng cách áp dụng công nghệ IoT và vi điều khiển ESP32, hệ thống có thể theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực, cung cấp thông tin hữu ích cho người

dùng và đưa ra cảnh báo khi cần thiết. Việc sử dụng Wokwi giúp giảm chi phí phần cứng trong giai đoạn phát triển, trong khi việc kết nối với ThingSpeak, Blynk và Telegram giúp hệ thống trở nên linh hoạt và dễ dàng mở rộng

## **IV. Phần Kết luận**

### **1. Kết luận**

Hệ thống giám sát chất lượng không khí sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với các cảm biến khí MQ-135 và PMS5003 đã được nghiên cứu, thiết kế và triển khai thành công. Hệ thống có thể đo được các chỉ số quan trọng về chất lượng không khí như nồng độ khí độc ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , benzen) và bụi mịn ( $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ). Dữ liệu được thu thập và gửi lên các nền tảng IoT Blynk và Telegram, giúp người dùng theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực.

Ngoài ra, việc sử dụng Wokwi để mô phỏng giúp giảm thiểu chi phí phần cứng trong giai đoạn phát triển và thử nghiệm. Hệ thống có khả năng tự động cảnh báo khi chất lượng không khí xuống dưới mức an toàn, mang lại lợi ích thiết thực trong việc bảo vệ sức khỏe người dùng.

### **2. Nhận xét và Đánh giá**

**Ưu điểm:** Hệ thống có khả năng theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực, cung cấp dữ liệu trực quan và dễ hiểu. ESP32 là vi điều khiển mạnh mẽ, tích hợp WiFi giúp truyền dữ liệu lên nền tảng IoT một cách nhanh chóng và ổn định. Các cảm biến MQ-135 và PMS5003 có độ chính xác tương đối cao, giúp đánh giá chất lượng không khí một cách đáng tin cậy. Hệ thống có thể mở rộng bằng cách bổ sung thêm các cảm biến khác như cảm biến nhiệt độ, độ ẩm hoặc cảm biến đo  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ . Việc sử dụng Wokwi giúp tiết kiệm chi phí và thử nghiệm hệ thống trước khi triển khai thực tế.

**Hạn chế:** Cảm biến MQ-135 cần thời gian làm nóng để đạt được độ chính xác cao nhất, có thể ảnh hưởng đến kết quả đo trong giai đoạn đầu hoạt động. PMS5003 hoạt động tốt trong môi trường kín nhưng có thể bị ảnh hưởng bởi độ ẩm và các yếu tố môi trường khác. Kết nối Internet không ổn định có thể



gây gián đoạn việc gửi dữ liệu lên nền tảng IoT. Việc đo lường không thể thay thế các thiết bị chuyên dụng được chứng nhận bởi cơ quan môi trường.

### 3. Kiến nghị và Định hướng Phát triển

**Nâng cao độ chính xác của cảm biến:** Tích hợp thuật toán hiệu chỉnh để bù sai số của các cảm biến dựa trên môi trường thực tế. Kết hợp nhiều loại cảm biến khác nhau để có kết quả đo chính xác hơn.

**Mở rộng phạm vi giám sát:** Thiết kế hệ thống sử dụng nhiều cảm biến đặt ở các vị trí khác nhau để có cái nhìn tổng quan về chất lượng không khí trong một khu vực rộng lớn. Sử dụng mạng LoRa hoặc NB-IoT để truyền dữ liệu trong phạm vi lớn hơn thay vì WiFi.

**Cải thiện giao diện hiển thị dữ liệu:** Phát triển một ứng dụng di động chuyên biệt để hiển thị dữ liệu thay vì sử dụng các nền tảng Blynk. Xây dựng trang web hiển thị dữ liệu theo dạng biểu đồ và bản đồ trực quan.

**Tích hợp thêm các tính năng thông minh:** Phát triển hệ thống cảnh báo nâng cao, gửi thông báo qua email hoặc tin nhắn SMS khi chất lượng không khí vượt ngưỡng nguy hiểm. Tích hợp với hệ thống nhà thông minh, tự động bật máy lọc không khí hoặc điều chỉnh quạt thông gió khi chất lượng không khí xuống thấp.

### 4. Tổng kết

Hệ thống giám sát chất lượng không khí dựa trên ESP32 và các cảm biến khí đã mang lại những kết quả khả quan. Tuy vẫn còn một số hạn chế, hệ thống có tiềm năng lớn trong việc nâng cao nhận thức về môi trường và bảo vệ sức khỏe người dân. Việc tiếp tục nghiên cứu, cải tiến và mở rộng hệ thống sẽ giúp tạo ra một giải pháp hoàn thiện hơn, ứng dụng được trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ giám sát môi trường đô thị đến bảo vệ sức khỏe cá nhân.

### V. Tài liệu tham khảo

<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> [dùng ở phần 1.4. Vi điều khiển ESP32]