

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

---o0o---

**BÀI TIỂU LUẬN MÔN PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IOT**

*Tên đề tài:*

**HỆ THỐNG PHÁT HIỆN  
RÒ RỈ KHÍ GAS VỚI ESP32**



**Nhóm: 06**

*TP. Huế, tháng 04 năm 2025*

## Danh mục các từ viết tắt

- **LPG:** Liquefied Petroleum Gas (Khí dầu mỏ hóa lỏng)
- **IoT:** Internet of Things (Internet vạn vật)
- **ESP32:** Một loại vi điều khiển được phát triển bởi Espressif Systems, tích hợp Wi-Fi và Bluetooth
- **MQ-6:** Một loại cảm biến khí bán dẫn dùng để phát hiện khí gas dễ cháy như LPG, butane, propane, methane
- **PWM:** Pulse Width Modulation (Điều chế độ rộng xung)
- **ADC:** Analog-to-Digital Converter (Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số)
- **DAC:** Digital-to-Analog Converter (Bộ chuyển đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự)
- **GPIO:** General Purpose Input/Output (Công vào/ra chung cho các thiết bị ngoại vi)
- **Blynk:** Một nền tảng IoT giúp kết nối và điều khiển thiết bị qua điện thoại di động
- **Telegram:** Một ứng dụng nhắn tin, được tích hợp để gửi cảnh báo qua bot
- **Wi-Fi:** Wireless Fidelity (Mạng không dây)
- **BLE:** Bluetooth Low Energy (Bluetooth năng lượng thấp)
- **V1, V2, V3:** Các chân ảo trong Blynk để hiển thị và điều khiển thông tin liên quan đến nồng độ khí gas và trạng thái hệ thống

# MỤC LỤC

<b>I. Phần Mở đầu</b>	<b>1</b>
1. Giới thiệu	1
1.1. Tình trạng rò rỉ khí gas và sự cần thiết của việc phát hiện sớm	1
1.2. Hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas sử dụng ESP32 và MQ-6	1
1.3. Mục tiêu và phạm vi nghiên cứu	1
2. Tổng quan hệ thống (kèm sơ đồ khối)	2
2.1. Các thành phần chính	2
<b>II. Phần Nội dung</b>	<b>4</b>
1. Cơ sở lý thuyết	4
1.1. Ứng dụng IoT trong đời sống	4
1.2. Ứng dụng IoT trong an toàn khí gas	4
1.3. Vi điều khiển ESP32	5
1.4. Cảm biến MQ-6	5
2. Thiết kế và triển khai	6
2.1. Chi tiết phần cứng và phần mềm	6
2.2. Thiết kế mạch điện và kết nối	7
2.3. Gửi thông báo qua Wi-Fi (Blynk và Telegram)	8
3. Hướng cải tiến và phát triển trong tương lai	12
<b>III. Phần Kết luận</b>	<b>13</b>

## **I. Phần Mở đầu**

### **1. Giới thiệu**

#### **1.1. Tình trạng rò rỉ khí gas và sự cần thiết của việc phát hiện sớm**

Khí gas, đặc biệt là khí LPG (Liquefied Petroleum Gas), được sử dụng rộng rãi trong hộ gia đình và công nghiệp với vai trò là nguồn nhiên liệu chính cho nấu nướng và sưởi ấm. Tuy nhiên, khí gas có tính dễ cháy và dễ phát nổ khi bị rò rỉ, đặc biệt trong môi trường kín. Những vụ tai nạn do rò rỉ khí gas gây hậu quả nghiêm trọng về người và tài sản đã được ghi nhận nhiều nơi trên thế giới, trong đó có Việt Nam.

Việc phát hiện rò rỉ khí gas kịp thời là cực kỳ quan trọng để giảm thiểu nguy cơ cháy nổ, ngạt thở và thiệt hại vật chất. Chính vì vậy, nhu cầu phát triển các hệ thống giám sát và cảnh báo khí gas ngày càng trở nên cấp thiết, đặc biệt là các giải pháp có tính linh hoạt, dễ lắp đặt và chi phí hợp lý.

#### **1.2. Hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas sử dụng ESP32 và MQ-6**

Để đáp ứng nhu cầu trên, hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với cảm biến khí gas MQ-6 là một giải pháp hiệu quả. Cảm biến MQ-6 có khả năng phát hiện các khí dễ cháy như LPG, butan, propane, methane... Trong khi đó, ESP32 là một vi điều khiển mạnh mẽ tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, cho phép dễ dàng kết nối hệ thống với mạng để gửi cảnh báo từ xa.

Hệ thống còn được tích hợp còi báo động để cảnh báo tại chỗ và chức năng gửi thông báo đến người dùng thông qua nền tảng như Telegram hoặc ứng dụng di động, giúp tăng tính hiệu quả trong việc ứng phó kịp thời với các tình huống nguy hiểm.

#### **1.3. Mục tiêu và phạm vi nghiên cứu**

Mục tiêu của đề tài là xây dựng một hệ thống đơn giản nhưng hiệu quả có khả năng:

- Phát hiện khí gas rò rỉ trong không gian được giám sát
- Kích hoạt còi báo động khi phát hiện nguy hiểm

- Gửi thông báo cảnh báo đến người dùng thông qua Internet

Phạm vi nghiên cứu bao gồm:

- Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của cảm biến MQ-6
- Lập trình ESP32 để xử lý tín hiệu cảm biến và điều khiển các thiết bị ngoại vi
- Tích hợp tính năng kết nối Wi-Fi để gửi cảnh báo từ xa

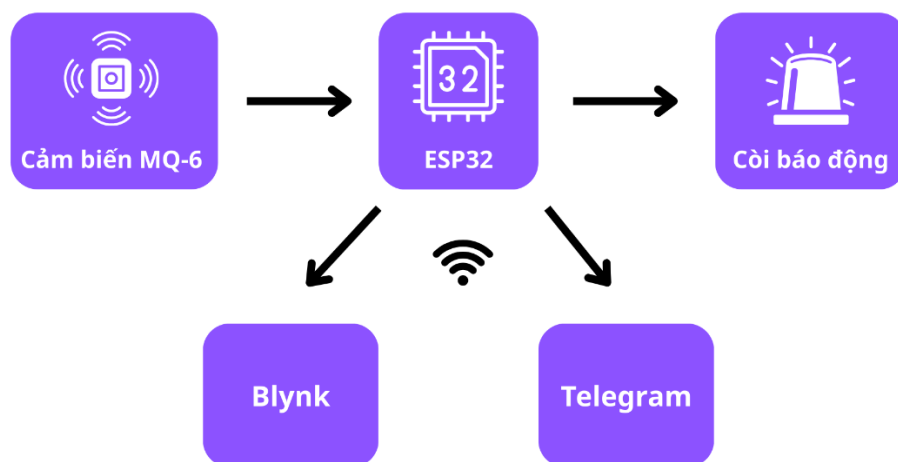
## 2. Tổng quan hệ thống (kèm sơ đồ khối)

### 2.1. Các thành phần chính

Hệ thống bao gồm các thành phần chính sau:

- **ESP32:** Vi điều khiển trung tâm xử lý dữ liệu từ cảm biến và điều khiển còi, gửi thông báo.
- **Cảm biến MQ-6:** Phát hiện nồng độ khí gas dễ cháy trong không khí.
- **Còi báo động (buzzer):** Phát âm thanh cảnh báo ngay khi phát hiện khí gas vượt ngưỡng cho phép.
- **Chức năng gửi thông báo:** Sử dụng kết nối Wi-Fi để gửi cảnh báo đến người dùng qua ứng dụng như Telegram hoặc email.
- **LED cảnh báo:** Phát sáng để cảnh báo trực quan khi có rò rỉ khí gas, hỗ trợ cảnh báo trong môi trường ồn ào.

### Sơ đồ khối hệ thống:



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống.

Hệ thống hoạt động theo nguyên lý sau:

- **Cảm biến MQ-6** liên tục đo nồng độ khí gas trong không khí và gửi tín hiệu tương tự (analog) về **ESP32**.
- **ESP32** đọc dữ liệu từ cảm biến, xử lý và so sánh với ngưỡng an toàn được thiết lập sẵn.
- Nếu nồng độ khí vượt ngưỡng, ESP32 sẽ thực hiện đồng thời các hành động sau:
  - **Kích hoạt còi báo động** để phát âm thanh cảnh báo tại chỗ.
  - **Bật đèn LED đỏ** để cảnh báo trực quan, giúp người dùng dễ dàng nhận biết tình trạng nguy hiểm.
  - **Gửi thông báo từ xa** đến người dùng qua Internet để kịp thời xử lý, thông qua ứng dụng như Telegram hoặc Blynk.
- Nếu nồng độ khí trở lại mức an toàn, ESP32 sẽ tắt còi, tắt LED đỏ và cập nhật trạng thái hệ thống, đảm bảo hệ thống trở lại hoạt động bình thường.

## **II. Phần Nội dung**

### **1. Cơ sở lý thuyết**

#### **1.1. Ứng dụng IoT trong đời sống**

Internet vạn vật (IoT – Internet of Things) là một mạng lưới các thiết bị được kết nối với Internet, có khả năng thu thập và trao đổi dữ liệu mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người. Trong đời sống hiện đại, IoT đã được ứng dụng rộng rãi vào nhiều lĩnh vực như: nhà thông minh, y tế, nông nghiệp, công nghiệp và giao thông.

Chẳng hạn, trong lĩnh vực nhà ở, người dùng có thể điều khiển thiết bị điện tử từ xa thông qua điện thoại thông minh. Trong y tế, thiết bị đeo tay IoT giúp theo dõi tình trạng sức khỏe bệnh nhân theo thời gian thực. Những tiện ích mà IoT mang lại không chỉ làm tăng tính tiện nghi mà còn góp phần nâng cao mức độ an toàn và hiệu quả trong sinh hoạt hàng ngày.

Một trong những ứng dụng nổi bật và thiết thực nhất của IoT trong đời sống hiện nay chính là đảm bảo an toàn khí gas, một vấn đề có tính cấp bách và sát sườn trong sinh hoạt lẫn sản xuất.

#### **1.2. Ứng dụng IoT trong an toàn khí gas**

Khí gas là nguồn năng lượng phổ biến, nhưng cũng tiềm ẩn nhiều nguy hiểm nếu xảy ra rò rỉ mà không được phát hiện kịp thời. Nhờ sự hỗ trợ của công nghệ IoT, việc giám sát và cảnh báo rò rỉ khí gas đã trở nên hiệu quả hơn rất nhiều.

Hệ thống giám sát sử dụng các cảm biến khí gas được kết nối với bộ xử lý trung tâm. Khi phát hiện nồng độ khí vượt ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ lập tức gửi cảnh báo đến người dùng, kích hoạt còi báo động, đồng thời có thể tự động ngắt van gas hoặc mở hệ thống thông gió. Một số hệ thống còn có khả năng ghi lại lịch sử đo đạc, phân tích dữ liệu để nâng cao hiệu quả dự đoán và bảo trì.

Để xây dựng một hệ thống như vậy, cần đến sự phối hợp giữa phần cứng và phần mềm – mà trong đó, vi điều khiển ESP32 đóng vai trò trung tâm trong việc thu thập và xử lý dữ liệu từ các cảm biến.

### 1.3. Vi điều khiển ESP32

ESP32 là một vi điều khiển hiệu suất cao do Espressif Systems phát triển, được sử dụng phổ biến trong các dự án IoT nhờ tích hợp nhiều tính năng mạnh mẽ trên một chip duy nhất. Về mặt kỹ thuật, ESP32 sử dụng bộ xử lý lõi kép Xtensa LX6 với tốc độ lên đến 240MHz, đi kèm với 520KB SRAM, hỗ trợ hàng loạt giao thức giao tiếp như UART, SPI, I2C, PWM, ADC và DAC. Ngoài ra, vi điều khiển còn có nhiều chân GPIO (General Purpose Input/Output) cho phép kết nối với đa dạng thiết bị ngoại vi và cảm biến.

Một trong những đặc điểm nổi bật của ESP32 là khả năng kết nối không dây: hỗ trợ chuẩn Wi-Fi 802.11 b/g/n và Bluetooth 4.2 (BLE), cho phép truyền tải dữ liệu trong thời gian thực mà không cần phần cứng bổ sung. Mức tiêu thụ điện năng thấp cũng giúp thiết bị hoạt động ổn định trong các hệ thống chạy bằng pin hoặc năng lượng tái tạo.

ESP32 là lựa chọn lý tưởng cho dự án giám sát khí gas vì nó vừa đủ mạnh để xử lý và phân tích dữ liệu từ cảm biến, vừa có thể gửi dữ liệu hoặc cảnh báo đến người dùng thông qua Internet. Ngoài ra, chi phí rẻ, cộng đồng hỗ trợ lớn và dễ lập trình khiến ESP32 rất phù hợp với sinh viên, nhà phát triển và các mô hình thử nghiệm.

### 1.4. Cảm biến MQ-6

MQ-6 là một loại cảm biến khí bán dẫn chuyên dùng để phát hiện các loại khí dễ cháy như LPG (liquefied petroleum gas), butane, propane và khí tự nhiên. Cảm biến này hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi điện trở của vật liệu bán dẫn oxit kim loại (thường là  $\text{SnO}_2$  – thiếc oxit) khi tiếp xúc với khí gas trong không khí.

Khi không có khí gas, điện trở của phần tử cảm biến tương đối cao. Tuy nhiên, khi khí gas xuất hiện, điện trở giảm xuống theo mức độ nồng độ khí, tạo ra sự thay đổi điện áp ở đầu ra. Tín hiệu này là dạng analog và có thể được đọc bởi chân ADC (Analog-to-Digital Converter) của vi điều khiển ESP32.



Cảm biến MQ-6 có một số đặc điểm nổi bật như:

- **Phạm vi độ nhạy:** có thể phát hiện khí gas ở nồng độ từ 200 ppm đến 10.000 ppm.
- **Thời gian đáp ứng nhanh:** chỉ vài giây sau khi tiếp xúc với khí.
- **Tích hợp bộ phận gia nhiệt:** giúp duy trì nhiệt độ hoạt động ổn định, đảm bảo độ nhạy và tuổi thọ của cảm biến.
- **Tín hiệu đầu ra ổn định** và có thể dễ dàng hiệu chỉnh bằng biến trở tích hợp trên module.

Khi tích hợp với ESP32, cảm biến MQ-6 đóng vai trò là "mắt thần" của hệ thống, liên tục giám sát nồng độ khí gas trong môi trường. Dữ liệu analog từ MQ-6 sẽ được ESP32 đọc, xử lý và so sánh với ngưỡng an toàn đã lập trình sẵn. Nếu vượt ngưỡng, hệ thống có thể kích hoạt còi báo động hoặc gửi cảnh báo qua Internet đến người dùng.

## 2. Thiết kế và triển khai

### 2.1. Chi tiết phần cứng và phần mềm

Phần cứng sử dụng:

- **ESP32 Dev Board:** Bộ vi điều khiển trung tâm, tích hợp Wi-Fi.
- **Cảm biến MQ-6:** Phát hiện khí gas (LPG, butan...).
- **Còi báo (buzzer):** Tạo cảnh báo âm thanh.
- **LED đỏ:** Cảnh báo nguy hiểm.
- **Dây nối (jumper wires)**

Phần mềm sử dụng:

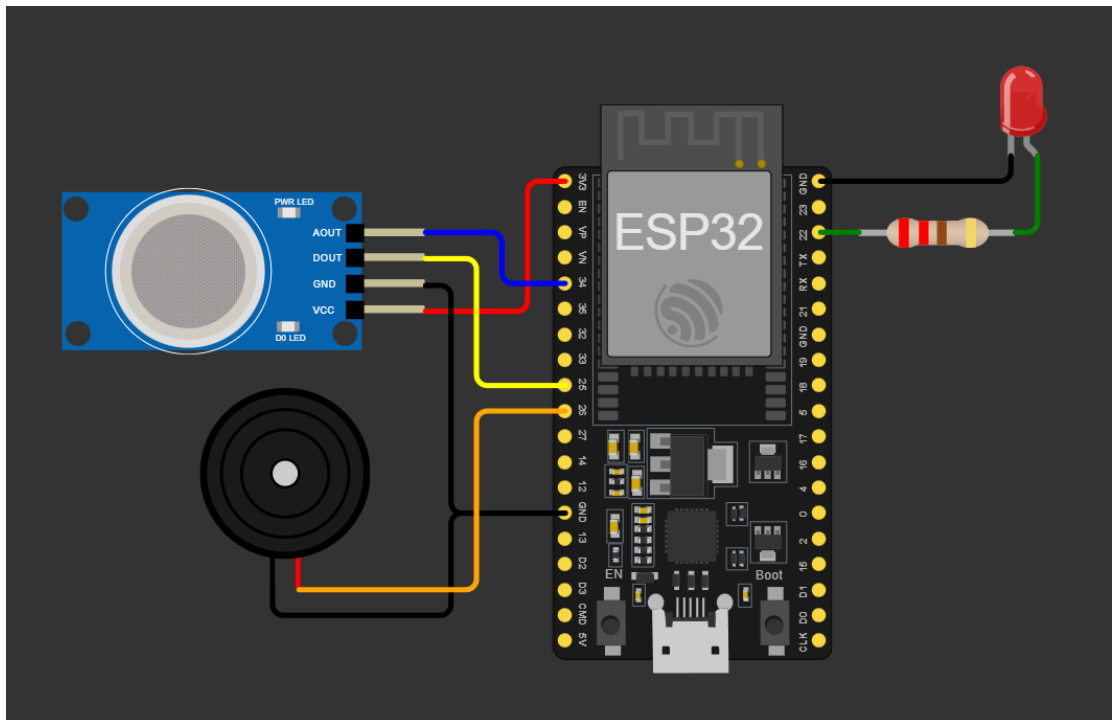
- **Visual Studio Code:** Môi trường phát triển tích hợp (IDE) được sử dụng để viết mã chương trình cho vi điều khiển ESP32 và nạp mã này lên thiết bị.

- **Blynk** (truy cập qua website [blynk.cloud](https://blynk.cloud) và ứng dụng Blynk IoT trên **điện thoại**): Được sử dụng để giám sát trạng thái hoạt động của hệ thống và hiển thị nồng độ khí gas theo thời gian thực. Ngoài ra, Blynk còn hỗ trợ gửi thông báo cảnh báo khi phát hiện có rò rỉ khí gas.
- **Telegram**: Ứng dụng nhắn tin được tích hợp thông qua một bot được tạo bằng BotFather để gửi các thông báo cảnh báo đến người dùng khi phát hiện rò rỉ khí gas.

## 2.2. Thiết kế mạch điện và kết nối

Hệ thống được mô phỏng trên nền tảng **Wokwi**, sử dụng các linh kiện chính: **ESP32**, cảm biến khí gas **MQ-6**, **buzzer**, **LED đỏ**, và **điện trở 220Ω**. Mạch được kết nối theo sơ đồ khối đã nêu và cụ thể như sau:

*Sơ đồ mạch*



Hình 2. Thiết kế mạch điện

*Mô tả kết nối phần cứng:*

Thiết bị	ESP32 Pin	Chức năng
MQ-6: VCC	3V3	Cấp nguồn 3.3V cho cảm biến
MQ-6: GND	GND	Nối đất
MQ-6: AOUT	GPIO34	Đọc tín hiệu analog từ cảm biến
Buzzer: cực (+)	GPIO26	Kích hoạt âm thanh cảnh báo
Buzzer: cực (-)	GND	Nối đất
LED đỏ: cực (+)	GPIO22	Phát sáng khi có khí gas
LED đỏ: cực (-)	GND (qua điện trở 220Ω)	Giảm dòng điện qua LED

#### **Giải thích hoạt động:**

- **MQ-6** liên tục đo nồng độ khí gas và gửi tín hiệu analog đến chân GPIO34.
- Khi **ESP32** phát hiện giá trị vượt ngưỡng:
  - Bật **buzzer** tại chân GPIO26 để phát cảnh báo âm thanh.
  - Bật **LED đỏ** tại chân GPIO22 để cảnh báo trực quan.
  - Gửi thông báo từ xa qua **Blynk** và **Telegram**

#### **2.3. Gửi thông báo qua Wi-Fi (Blynk và Telegram)**

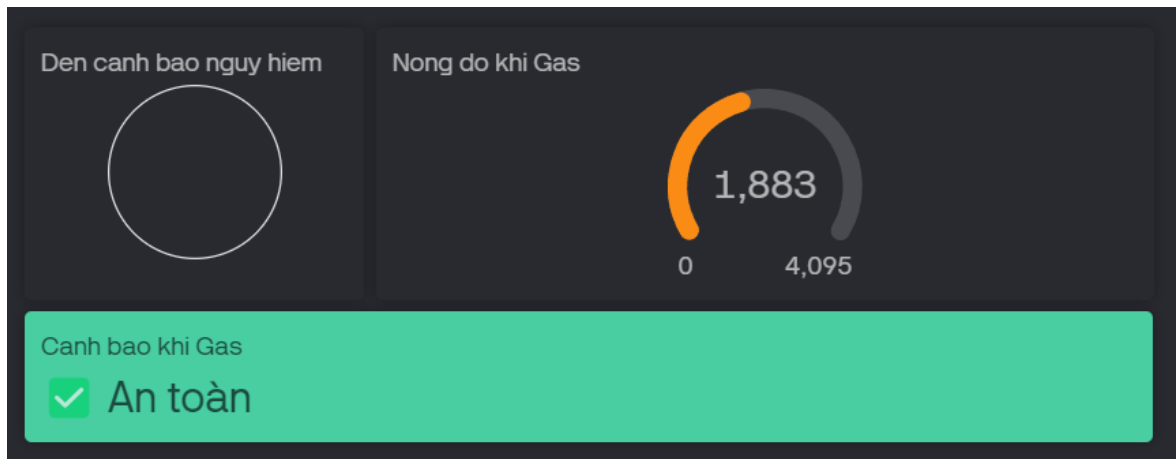
Hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas này sử dụng kết nối Wi-Fi của ESP32 để gửi thông tin và cảnh báo đến người dùng thông qua Blynk và Telegram.

#### **Kết nối ESP32 với mạng Wi-Fi:**

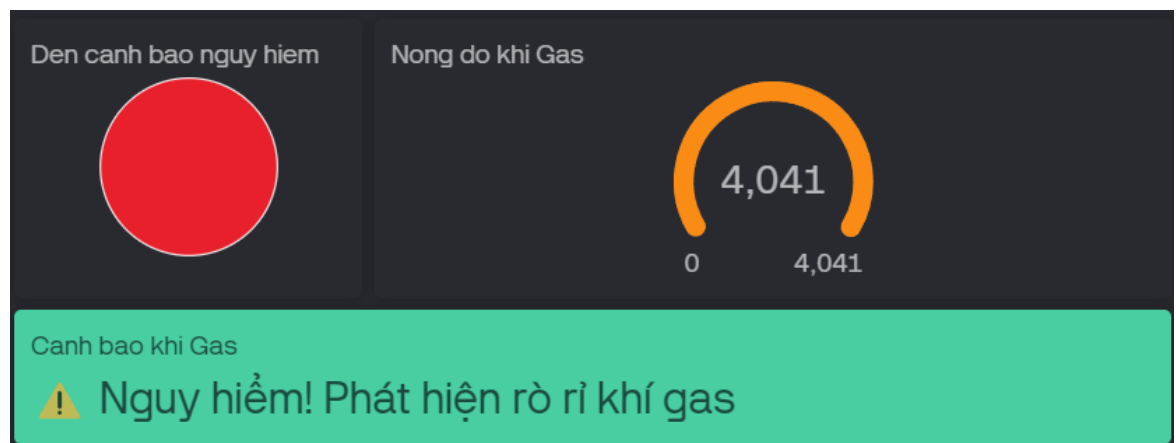
ESP32 được cấu hình để kết nối với mạng Wi-Fi cục bộ.

Sau khi kết nối thành công, nó có thể giao tiếp với internet để gửi dữ liệu đến các nền tảng Blynk và Telegram.

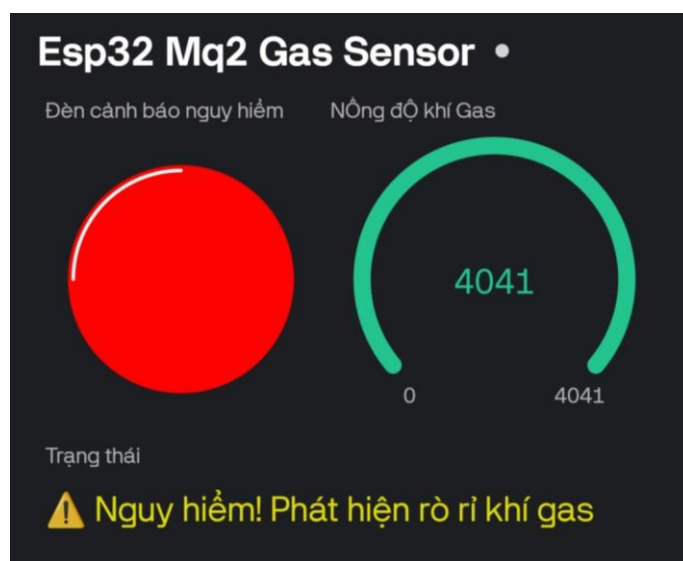
### Tích hợp với Blynk:



Hình 3. Giao diện website Blynk hiển thị: Trạng thái an toàn



Hình 4. Giao diện website Blynk hiển thị: Cảnh báo nguy hiểm



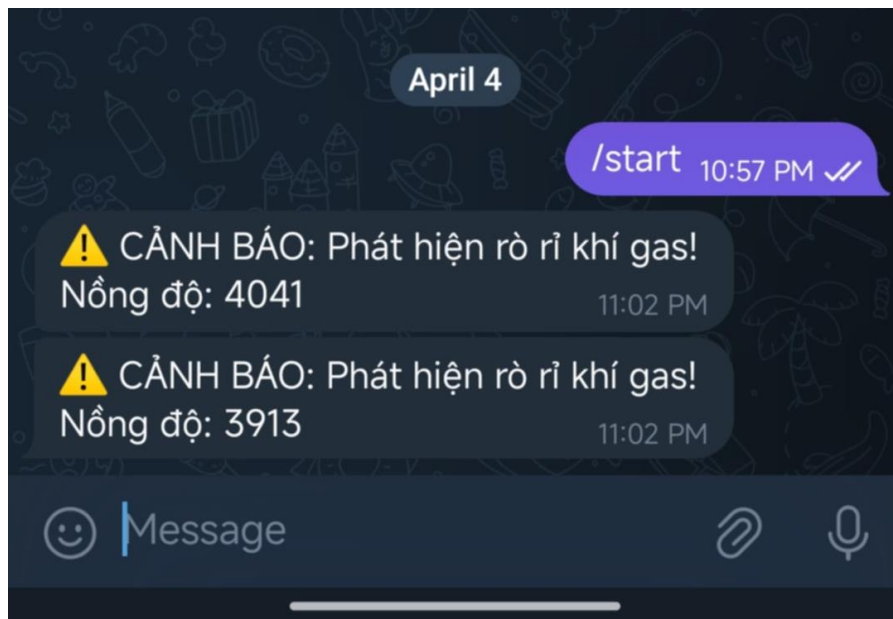
Hình 5. Giao diện ứng dụng Blynk trên điện thoại

Blynk được sử dụng để hiển thị nồng độ khí gas, trạng thái an toàn và cung cấp cảnh báo trực quan thông qua đèn màu.

- **Dữ liệu cảm biến được gửi đến ứng dụng Blynk:** ESP32 thu thập dữ liệu từ cảm biến MQ-6 và xử lý để có được giá trị nồng độ khí gas và xác định trạng thái an toàn/nguy hiểm. Thông tin này sau đó được gửi qua kết nối Wi-Fi đến ứng dụng Blynk, được gán vào các chân ảo cụ thể.
- **Cấu hình hiển thị và cảnh báo trong Blynk:**
  1. **Nồng độ khí gas (V1):** Một widget **Gauge** trong ứng dụng Blynk sẽ được liên kết với **chân ảo V1** để hiển thị giá trị nồng độ khí gas đo được (ví dụ: theo đơn vị ppm).
  2. **Trạng thái khí gas (V2):** Một widget **Label** sẽ được liên kết với **chân ảo V2** để hiển thị trạng thái bằng văn bản:
    - Khi nồng độ an toàn, hiển thị: "An toàn".
    - Khi nồng độ vượt ngưỡng, hiển thị: "⚠ Nguy hiểm! Phát hiện rò rỉ khí gas".
  3. **Đèn cảnh báo nguy hiểm (V3):** Một widget **LED** trong ứng dụng Blynk sẽ được liên kết với **chân ảo V3**. ESP32 sẽ gửi trạng thái đến chân ảo này để điều khiển màu sắc của đèn:
    - **Giá trị gửi đến V3 là BẬT (1):** Đèn LED trong ứng dụng Blynk sẽ hiển thị **màu đỏ**, cảnh báo nguy hiểm.
    - **Giá trị gửi đến V3 là TẮT (0):** Đèn LED trong ứng dụng Blynk sẽ **không hiển thị màu** (hoặc hiển thị màu mặc định là tắt), cho biết trạng thái an toàn.
- **Chân ảo:** Các chân ảo sau được sử dụng trong Blynk:
  - **V1:** Giá trị nồng độ khí gas (số).

- **V2:** Trạng thái khí gas (chuỗi văn bản: "An toàn" hoặc "⚠ Nguy hiểm! Phát hiện rò rỉ khí gas").
- **V3:** Trạng thái đèn cảnh báo nguy hiểm (0 cho tắt/an toàn, 1 cho đỏ/nguy hiểm).

#### Tích hợp với Telegram:



Hình 6. Giao diện ứng dụng Telegram gửi cảnh báo về khi nguy hiểm

Telegram được sử dụng như một kênh bổ sung để gửi thông báo cảnh báo.

- **Tạo và sử dụng Telegram bot:** Một Telegram bot được tạo thông qua BotFather. ESP32 sử dụng API của Telegram Bot để gửi tin nhắn cảnh báo.
- **Gửi tin nhắn/cảnh báo đến Telegram bot:** Khi phát hiện rò rỉ, ESP32 sẽ gửi một yêu cầu qua internet đến API của Telegram Bot, bao gồm API Token của bot và ID của người dùng hoặc nhóm nhận tin nhắn. Nội dung tin nhắn chứa thông tin về cảnh báo và nồng độ khí gas.
- **Định dạng thông báo:** Các thông báo được gửi qua Telegram sẽ có định dạng sau:  
(⚠ CẢNH BÁO: Phát hiện rò rỉ khí gas! Nồng độ: [Giá trị nồng độ]).

### 3. Hướng cải tiến và phát triển trong tương lai

Mặc dù hệ thống hiện tại đã đáp ứng được nhu cầu phát hiện rò rỉ khí gas và cảnh báo cơ bản, tuy nhiên để hệ thống trở nên hoàn thiện và có khả năng ứng dụng rộng rãi hơn trong thực tế, một số hướng cải tiến và phát triển trong tương lai có thể được đề xuất như sau:

- **Tích hợp thêm cảm biến khác:**

Bổ sung cảm biến nhiệt độ, độ ẩm (như DHT11/DHT22) hoặc cảm biến khói (MQ-2) giúp hệ thống đánh giá tình huống toàn diện hơn, đặc biệt trong các không gian kín hoặc môi trường có nguy cơ cháy nổ cao.

- **Hiển thị giá trị trực tiếp bằng màn hình OLED:**

Lắp thêm màn hình OLED nhỏ để hiển thị các thông số như nồng độ khí gas, nhiệt độ, độ ẩm... giúp người dùng dễ dàng theo dõi tại chỗ mà không cần mở ứng dụng.

- **Gửi dữ liệu lên nền tảng IoT như ThingSpeak:**

Lưu trữ và phân tích dữ liệu cảm biến theo thời gian thực giúp theo dõi xu hướng, phát hiện rò rỉ định kỳ và dễ dàng quản lý từ xa qua Internet.

- **Mở rộng hệ thống cảnh báo:**

Ngoài còi báo và Telegram, hệ thống có thể gửi cảnh báo qua Blynk, email hoặc tích hợp chức năng tắt van gas tự động để tăng tính an toàn.

### **III. Phần Kết luận**

Trong tiểu luận này, chúng tôi đã trình bày một hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với cảm biến MQ-6, có khả năng cảnh báo người dùng thông qua còi báo động và gửi thông tin qua Internet bằng các nền tảng như Telegram hoặc Blynk. Hệ thống được mô phỏng trên nền tảng Wokwi, cho phép kiểm chứng nguyên lý hoạt động và thiết kế mạch điện mà không cần phần cứng thực tế.

Kết quả cho thấy hệ thống có khả năng nhận biết nồng độ khí gas vượt ngưỡng và phản hồi nhanh chóng, đảm bảo cảnh báo sớm để giảm thiểu rủi ro. Việc sử dụng ESP32 – một thiết bị hỗ trợ kết nối Wi-Fi tích hợp – giúp hệ thống dễ dàng mở rộng và kết nối với các nền tảng IoT phổ biến.

Hệ thống không chỉ đơn giản, chi phí thấp mà còn dễ triển khai trong thực tế, từ hộ gia đình đến các cơ sở kinh doanh nhỏ. Trong tương lai, hệ thống có thể được cải tiến bằng cách tích hợp thêm nhiều loại cảm biến khác, sử dụng nền tảng đám mây để lưu trữ và phân tích dữ liệu, hoặc tự động điều khiển các thiết bị liên quan (như tắt van gas khi phát hiện rò rỉ).

Nhìn chung, đây là một hướng ứng dụng IoT thiết thực và đầy tiềm năng trong việc nâng cao an toàn và phòng tránh tai nạn do rò rỉ khí gas, góp phần vào quá trình xây dựng các hệ thống nhà thông minh trong kỷ nguyên công nghệ



## Tài liệu tham khảo

- [1] PGS Việt Nam. *Khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG) là gì?*. Truy cập tại: <https://pgs.com.vn/vi/khi-dau-mo-hoa-long-lpg-la-gi>. Truy cập ngày 01/04/2025.
- [2] Amazon Web Services (AWS). *Internet of Things (IoT) là gì?*. Truy cập tại: <https://aws.amazon.com/vi/what-is/iot/>. Truy cập ngày 02/04/2025.
- [3] Dientutuonglai.com. *ESP32 là gì?*. Truy cập tại: <https://dientutuonglai.com/esp32-la-gi.html>. Truy cập ngày 03/04/2025.
- [4] Dientunhattung.com. *Cảm biến MQ-6 - Cảm biến khí propan và butan*. Truy cập tại: <https://dientunhattung.com/san-pham/cam-bien-mq6-cam-bien-khi-propan-va-butan/>. Truy cập ngày 04/04/2025.
- [5] Wokwi.com. *Wokwi Online Simulator*. Truy cập tại: <https://wokwi.com/>. Truy cập ngày 05/04/2025.
- [6] Dienthongminhesmart.com. *Blynk IoT và ESP32*. Truy cập tại: <https://dienthongminhesmart.com/lap-trinh-esp32/blynk-iot-va-esp32/>. Truy cập ngày 06/04/2025.
- [7] Iotzone.vn. *Cách dùng ESP32 + Telegram điều khiển đèn LED với Arduino IDE*. Truy cập tại: <https://www.iotzone.vn/esp32/cach-dung-esp32-telegram-dieu-khien-den-led-voi-arduino-ide/>. Truy cập ngày 07/04/2025.
- [8] Blynk Cloud. *Blynk IoT Platform*. Truy cập tại: <https://sgp1.blynk.cloud/>. Truy cập ngày 07/04/2025.