

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

--- --



ĐỀ TÀI: “Hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas với ESP32”

Tên lớp học phần : Phát triển ứng dụng IoT - Nhóm 4

Mã lớp học phần: 2024-2025.2.TIN4024.004

Giáo viên hướng dẫn: Võ Việt Dũng

Sinh viên thực hiện: Hoàng Ngọc Bảo Minh - 21T1020140

HUẾ, THÁNG 04 NĂM 2025

Mục lục

Chương 1: Giới thiệu.....	1
1.1. Đặt vấn đề.....	1
1.2. Mục tiêu của đề tài.....	1
Chương 2: Nội dung và phương pháp thực hiện.....	1
2.1. Các nội dung thực hiện.....	1
2.2. Thiết kế hệ thống IoT.....	1
2.2.1. Sơ đồ logic.....	1
2.2.2. Giải thích chức năng linh kiện.....	1
2.2.3. Nguyên lý hoạt động.....	1
2.2.4. Mạch vật lý.....	1
Chương 3: Cài đặt hệ thống.....	1
3.1. Công cụ sử dụng.....	1
3.2. Các bước cài đặt.....	1
Chương 4: Kết quả thực hiện.....	1
4.1. Hình ảnh và giao diện.....	1
4.2. Phân tích kết quả.....	1
Chương 5: Kết luận và hướng phát triển.....	1
5.1. Các công việc đã thực hiện được.....	1
5.2. Hạn chế.....	1
5.3. Hướng phát triển.....	1

Chương 1: Giới thiệu

Hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas với ESP32

1.1. Đặt vấn đề

-Theo Cục Cảnh sát Phòng cháy, chữa cháy và Cứu nạn, cứu hộ (PCCC và CNCH), cháy nổ là một trong những tai nạn gây thiệt hại nghiêm trọng trong xã hội hiện nay. [1] Trong chín tháng đầu năm 2021, cả nước xảy ra 1.723 vụ cháy, làm 72 người thiệt mạng, 104 người bị thương và gây thiệt hại tài sản ước tính khoảng 332,91 tỷ đồng. Ngoài ra, còn xảy ra 18 vụ nổ, làm 10 người chết và 10 người bị thương (Cục Cảnh sát PCCC và CNCH, 2021). Lực lượng cảnh sát PCCC và CNCH đã trực tiếp xử lý 806 vụ tai nạn, cứu được 283 người và tìm thấy 459 thi thể nạn nhân, bàn giao cho cơ quan chức năng xử lý. Đồng thời, lực lượng này cũng đã hướng dẫn thoát nạn cho hàng nghìn người và trực tiếp cứu sống 323 người trong các vụ cháy. Những số liệu trên cho thấy cháy nổ là một vấn đề nghiêm trọng, không chỉ gây tổn thất về tài sản mà còn đe dọa đến tính mạng và an toàn xã hội.

-Trong số các nguyên nhân gây cháy, rò rỉ khí gas trong không gian bếp là một trong những nguyên nhân chủ yếu, đặc biệt khi việc sử dụng bếp gas ngày càng phổ biến trong sinh hoạt gia đình và sản xuất công nghiệp. Tuy nhiên, gas là chất dễ cháy và nguy hiểm, khi rò rỉ sẽ khó phát hiện nếu không có thiết bị cảnh báo kịp thời. Không những vậy, việc hít phải khí gas cũng ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe và tính mạng con người.

-Thực tế đã ghi nhận nhiều vụ tai nạn thương tâm do rò rỉ khí gas mà nguyên nhân chủ yếu là do người dùng không phát hiện kịp thời. Việc giám sát và phát hiện rò rỉ khí gas bằng phương pháp thủ công là không hiệu quả và không đảm bảo an toàn. Do đó, cần có một hệ thống cảnh báo tự động, hoạt động liên tục và đáng tin cậy để giúp người dân kịp thời xử lý các tình huống nguy hiểm.

-Hiện nay, nhiều gia đình đã lắp đặt các hệ thống báo cháy thông minh tích hợp công nghệ điều khiển nhà tự động. Tuy nhiên, những hệ thống này có giá thành cao, vượt ngoài khả năng chi trả của nhiều hộ gia đình, đặc biệt là những gia đình có thu nhập thấp – đối tượng lại thường có nguy cơ cao hơn do điều kiện sống chật chội và an toàn phòng cháy chưa được đảm bảo.

-Bên cạnh đó, các thiết bị cảnh báo rò rỉ khí gas độc lập hiện có trên thị trường thường không hỗ trợ cảnh báo từ xa. Điều này gây bất lợi nếu sự cố xảy ra khi chủ nhà không có mặt. Ngoài ra, các thiết bị phổ thông này còn gặp hiện tượng “cảnh báo giả”, làm giảm hiệu quả sử dụng và độ tin cậy của hệ thống. Trong khi đó, công nghệ IoT ngày nay đã phát triển mạnh, có khả năng giải quyết những hạn chế trên với chi phí thấp, dễ tiếp cận cho người dân.

-Với sự phát triển của công nghệ vi điều khiển và Internet vạn vật (IoT), việc xây dựng một hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas đơn giản, giá thành thấp nhưng hiệu quả cao là hoàn toàn khả thi. Trong đề tài này, nhóm nghiên cứu lựa chọn sử dụng ESP32 – một vi điều khiển có tích hợp kết nối WiFi/Bluetooth – kết hợp với cảm biến MQ-6 chuyên dụng để phát hiện khí gas, nhằm xây dựng một hệ thống cảnh báo khí gas rò rỉ hiệu quả, có thể dễ dàng triển khai trong các hộ gia đình, nhà bếp hoặc nhà máy.

-Nghiên cứu này hướng đến việc phát triển một hệ thống IoT hỗ trợ phòng chống cháy nổ do rò rỉ khí gas, đặc biệt phục vụ các hộ gia đình có thu nhập thấp. Thiết bị được thiết kế với chi phí rẻ, dễ lắp đặt, nhưng vẫn đảm bảo tính hiệu quả và đáng tin cậy. Hệ thống bao gồm một module phần cứng sử dụng ESP32 tích hợp cảm biến nhiệt độ và cảm biến khí gas, cùng với phần mềm được phát triển trên nền tảng mã nguồn mở Blynk. Nhằm tăng độ chính xác trong thu thập dữ liệu, thuật toán bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt được áp dụng để hiệu chỉnh sai số từ cảm biến.

1.2. Mục tiêu của đề tài

Đề tài này hướng đến việc thiết kế và xây dựng một hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas có độ chính xác cao, chi phí thấp và dễ dàng ứng dụng trong thực tế. Các mục tiêu cụ thể bao gồm:

1. **Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của cảm biến MQ-6**, từ đó đánh giá khả năng phát hiện các loại khí dễ cháy như LPG, butan và methane.
2. **Nghiên cứu cách lập trình và điều khiển vi điều khiển ESP32**, nhằm thu thập và xử lý tín hiệu từ cảm biến một cách nhanh chóng và chính xác.
3. **Xây dựng hệ thống cảnh báo rò rỉ khí gas bằng còi và đèn LED**, giúp người dùng có thể nhận biết ngay khi có nguy cơ rò rỉ khí xảy ra.
4. **Đề xuất khả năng mở rộng hệ thống**, bao gồm việc kết nối WiFi để gửi cảnh báo đến điện thoại hoặc hệ thống giám sát từ xa thông qua Internet.
5. **Thiết kế mô hình hoàn chỉnh**, đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, dễ triển khai, an toàn và phù hợp với điều kiện sử dụng trong hộ gia đình, nhà trọ hoặc những khu vực có nguy cơ rò rỉ khí gas.

Chương 2: Nội dung và phương pháp thực hiện

2.1. Các nội dung thực hiện

2.1.1 Tìm hiểu lý thuyết

-Để xây dựng hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas hiệu quả, việc tìm hiểu lý thuyết liên quan đến các thành phần phần cứng và nguyên lý hoạt động là điều cần thiết. Nội dung tìm hiểu tập trung vào các thành phần chính sau:

1. Cảm biến khí gas MQ-6:

- Cảm biến MQ-6 là một cảm biến bán dẫn có khả năng phát hiện sự hiện diện của khí gas dễ cháy như LPG, butan, propan, và một phần khí metan. MQ-6 hoạt động dựa trên sự thay đổi điện trở của vật liệu cảm biến khi tiếp xúc với khí gas trong không khí. Các thông số đáng chú ý gồm:

- Dải phát hiện: 200 – 10.000 ppm (tùy loại khí)
- Thời gian phản hồi nhanh (~10 giây)
- Cần thời gian làm nóng ban đầu (khoảng 20 giây) để hoạt động ổn định

2. Vi điều khiển ESP32:

ESP32 là một vi điều khiển tích hợp Wi-Fi và Bluetooth, có khả năng xử lý mạnh mẽ với 2 nhân CPU và nhiều chân I/O. Trong đề tài này, ESP32 đóng vai trò trung tâm xử lý tín hiệu từ cảm biến và gửi cảnh báo nếu phát hiện rò rỉ khí gas. Một số đặc điểm nổi bật:

- Tích hợp Wi-Fi giúp dễ dàng kết nối IoT
- Hỗ trợ nhiều giao tiếp như ADC, I2C, SPI, UART
- Có khả năng lập trình linh hoạt bằng Arduino IDE hoặc MicroPython

3. Nguyên lý hoạt động của hệ thống:

Khi cảm biến MQ-6 phát hiện khí gas trong không khí vượt ngưỡng cho phép, tín hiệu tương tự (analog) được gửi đến ESP32. Vi điều khiển sẽ xử lý tín hiệu và thực hiện các hành động như:

- Hiển thị mức độ khí gas (nếu có màn hình)
- Kích hoạt còi báo động hoặc đèn cảnh báo
- Gửi cảnh báo qua Wi-Fi (email, app, web server tùy mục tiêu thiết kế)

4. Các kiến thức nền tảng hỗ trợ:

- Nguyên lý cảm biến bán dẫn
- Xử lý tín hiệu analog bằng ADC của ESP32
- Kỹ thuật truyền dữ liệu qua Wi-Fi
- Lập trình nhúng và logic điều khiển

2.2. Thiết kế hệ thống IoT

2.2.1. Sơ đồ tổng quan của hệ thống

-Trong không gian bếp gia đình, khi khí gas rò rỉ ra môi trường đạt đến một nồng độ nhất định, chỉ cần xuất hiện một lửa, sự cố cháy nổ rất dễ xảy ra. Từ diễn tiến trên, một hệ thống phần cứng sử dụng vi điều khiển **ESP32** đã được xây dựng nhằm thu thập dữ liệu về nồng độ khí gas trong môi trường. Hệ thống sử dụng **cảm biến khí gas MQ-6**, một loại cảm biến phổ biến trên thị trường hiện nay, có khả năng phát hiện các loại khí dễ cháy như butan, propane và LPG. Vi điều khiển ESP32 không chỉ đóng vai trò xử lý dữ liệu mà còn hỗ trợ khả năng kết nối WiFi, cho phép mở rộng hệ thống theo hướng IoT để gửi cảnh báo từ xa .



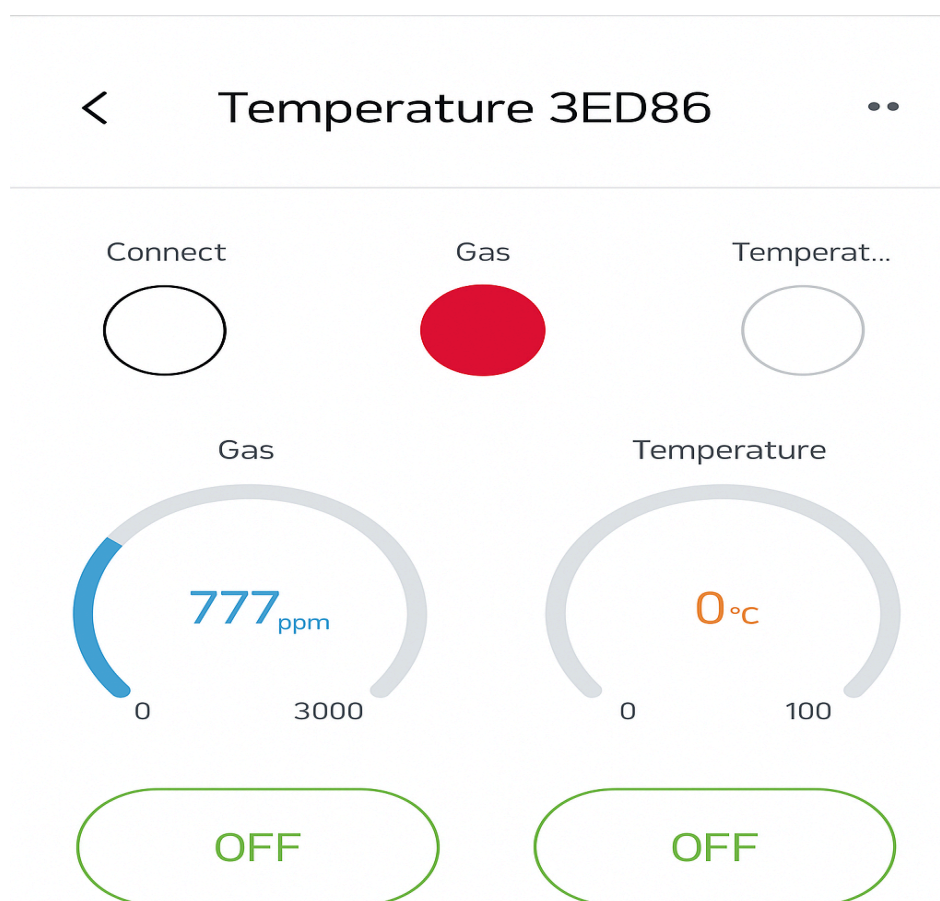
Hình 1. Sơ đồ tổng quan của hệ thống

-Nguyên tắc hoạt động của hệ thống được trình bày như Hình 1. Theo đó, hệ thống IoT cập nhật liên tục tín hiệu môi trường từ cảm biến gas bag cảm biến nhiệt. Khi một trong

hai thông số này vượt ngưỡng cần thiết, hệ thống sẽ gửi tin nhắn SMS trực tiếp đến điện thoại của gia chủ và bật còi để cảnh báo có sự cố. Cuối cùng, để đảm bảo an toàn, hệ thống sẽ tự động ngắt nguồn các thiết bị điện được đấu với Rơ le cấp nguồn của hệ thống.

2.2.2 Thiết kế hệ IoT trên công cụ Blynk

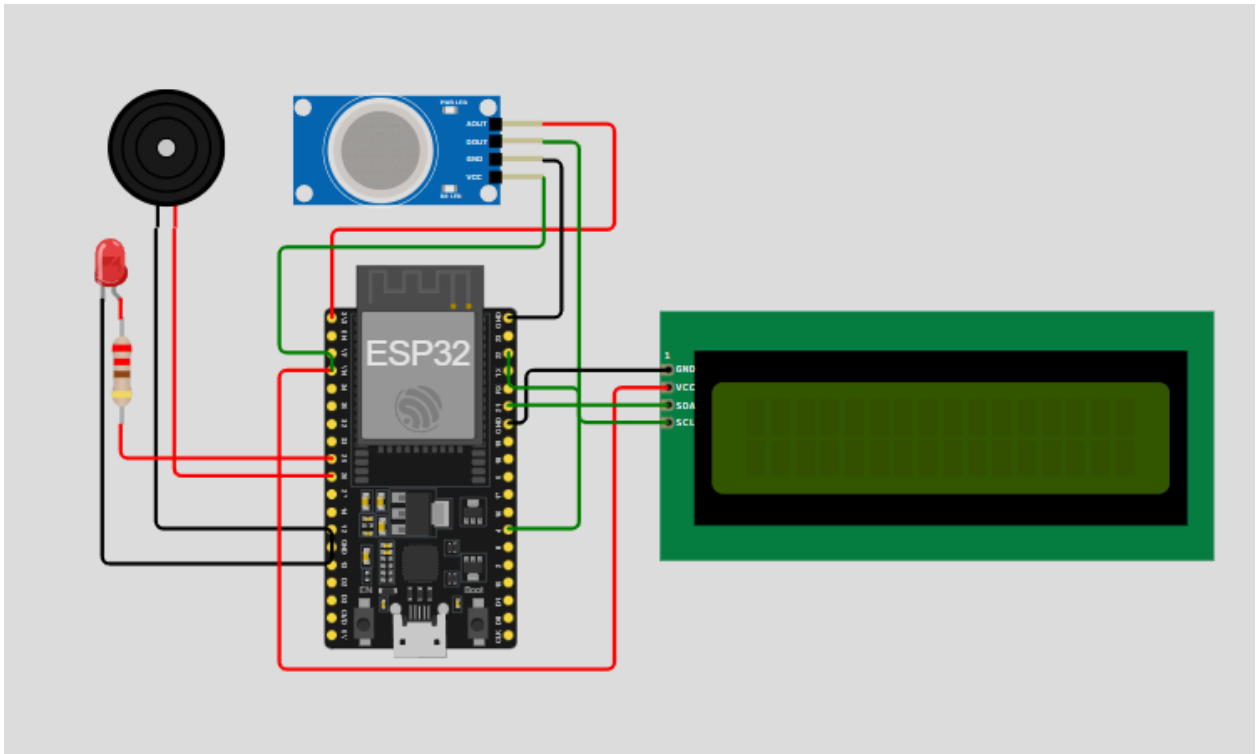
-Có nhiều phần mềm hỗ trợ các ứng dụng công nghệ IoT đơn giản. Trong nghiên cứu này, nhóm sử dụng phần mềm Blynk để thu thập dữ liệu từ các cảm biến, gửi thông tin cảnh báo và điều khiển ngắt nguồn điện. Ưu điểm chính của công cụ này là cho phép người lập trình có thể tùy chỉnh giao diện theo mong muốn mà không cần lập trình trực tiếp trên máy tính. Phần mềm Blynk bao gồm các chức năng cơ bản là: (i) Blynk App cho phép tạo các giao diện từ Widget có sẵn; (ii) Blynk Server cho phép truyền tải thông tin 2 chiều giữa server và phần cứng (Blynk Server có thể dùng công nghệ đám mây của Blynk hoặc có thể cài đặt trên máy cá nhân); (iii) Blynk Libraries là thư viện cung cấp kết nối phần cứng đến máy chủ, xử lý các lệnh đến và đi. Một giao diện trên điện thoại dùng công cụ Blynk được minh họa trên Hình 2.



Hình 2. Giao diện Blynk của hệ thống

-Giao diện ứng dụng của nghiên cứu này (Hình 2) cung cấp hai chức năng đo nhiệt độ và nồng độ khí gas. Nhiệt độ có thang đo từ 0 đến 100 độ và nồng độ khí gas có thang đo từ 0 đến 9999 ppm. Hệ thống sẽ chớp đèn cảnh báo khi nhiệt độ hoặc nồng độ khí gas vượt ngưỡng đặt trước. Trong khi đó, vi điều khiển sẽ báo động bằng còi và ngắt nguồn các thiết bị điện gia đình để bảo vệ an toàn.

2.2.3 Mạch vật lý (Mô Ph2.2.3 Mạch vật lý (Mô Phỏng bằng Wokwi))



2.2.4. Giải thích chức năng linh kiện

- ESP32:

+Là vi điều khiển trung tâm, chịu trách nhiệm xử lý dữ liệu từ cảm biến và điều khiển các thiết bị ngoại vi như LCD, còi báo, LED.

+Hỗ trợ WiFi/Bluetooth nên có thể mở rộng hệ thống giám sát từ xa.

-Cảm biến MQ-6:

+Phát hiện sự hiện diện của các khí dễ cháy như LPG, butane, propane, methane, rượu, khói.

+Có hai ngõ ra:

AO (Analog Out): Tín hiệu tương tự phụ thuộc vào nồng độ khí.

DO (Digital Out): Tín hiệu số, mức HIGH hoặc LOW khi nồng độ vượt ngưỡng.

-LCD I2C (16x2):

+Hiển thị thông tin như mức độ khí gas phát hiện được hoặc cảnh báo.

+Giao tiếp thông qua giao thức I2C giúp giảm số lượng dây kết nối.

-LED:

+Hiển thị trực quan khi phát hiện rò rỉ khí gas (ON nếu phát hiện rò rỉ).

-Buzzer:

+Báo động âm thanh khi phát hiện khí gas rò rỉ.

2.2.4. Nguyên lý hoạt động

1. Cảm biến MQ6 liên tục đo nồng độ khí gas trong môi trường.

2. Khi phát hiện nồng độ khí vượt ngưỡng, MQ6 gửi tín hiệu **OUT** đến **ESP32**.

3. **ESP32** xử lý tín hiệu:

- Nếu khí gas ở mức nguy hiểm, **ESP32** kích hoạt LED và Buzzer để cảnh báo.
- Đồng thời có thể gửi dữ liệu lên **server/app** để người dùng giám sát từ xa.

4. Khi mức khí gas trở về an toàn, **ESP32** tắt cảnh báo.

Chương 3: Cài đặt hệ thống

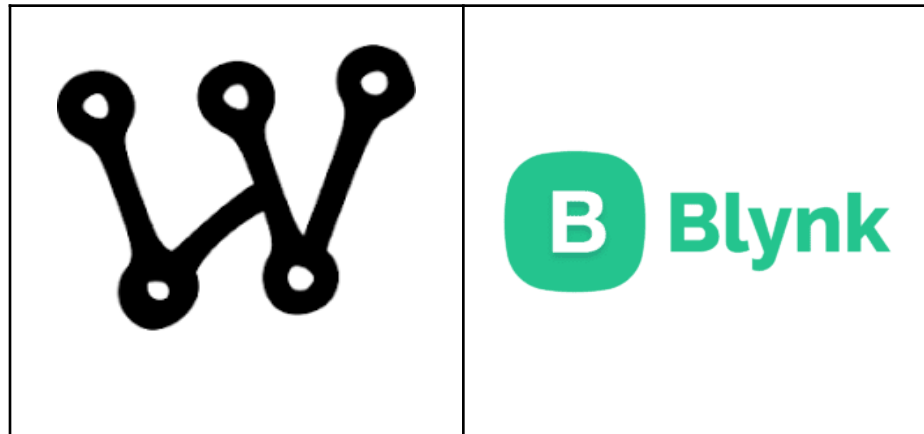
3.1. Công cụ sử dụng

-Phần cứng mô phỏng trên Wokwi:

- +ESP32 Dev Module
- +Cảm biến khí gas MQ-6
- +Màn hình LCD I2C 20x4
- +LED và Buzzer
- +Điện trở, dây nối

-Phần mềm:

- +Wokwi Simulator (<https://wokwi.com/>)
- +Ứng dụng Blynk (trên điện thoại hoặc web dashboard)
- +Thư viện Arduino hỗ trợ trên Wokwi: [Wire.h](#), [LiquidCrystal_I2C.h](#), [WiFi.h](#), [BlynkSimpleEsp32.h](#)



Hình 3. Ứng dụng Wokwi và Blynk

3.2. Các bước cài đặt

3.2.1. Thiết kế sơ đồ mạch trên Wokwi

-Vào trang <https://wokwi.com/>, chọn **New Project** → **ESP32 Project**

-Thêm các linh kiện:

+MQ-6 Sensor:

- VCC → 3.3V ESP32
- GND → GND
- AOUT → Chân GPIO36 (VP)
- DOUT → Không sử dụng

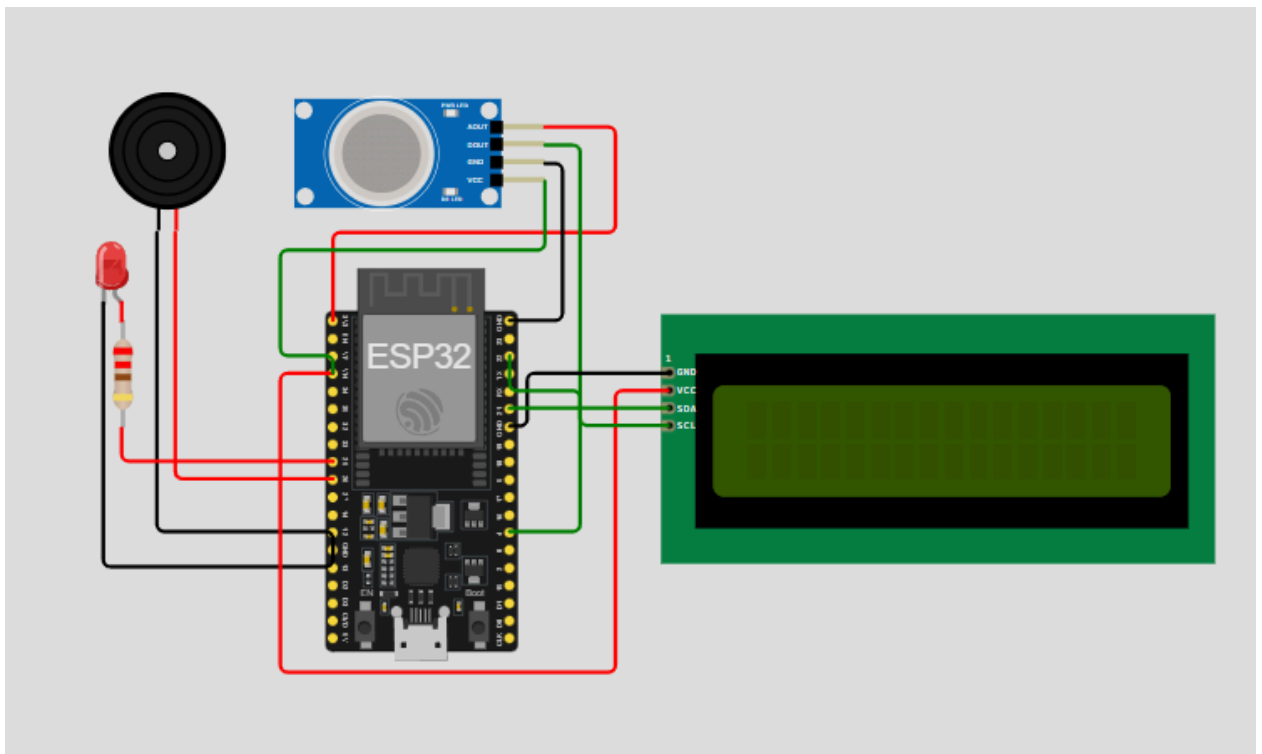
+LCD I2C:

- GND → GND
- VCC → 3.3V hoặc 5V
- SDA → GPIO21
- SCL → GPIO22

+LED và Buzzer:

- LED dương → GPIO25 qua điện trở
- Buzzer → GPIO26
- Cả hai âm cực nối GND

-Kết nối theo sơ đồ theo hình dưới:



3.2.2. Viết và nạp code trên Wokwi

- Nhúng các thư viện cần thiết.
- Chèn WiFi SSID, password và Auth Token của Blynk.
- Gửi dữ liệu cảm biến về app Blynk (qua `Blynk.virtualWrite()`).
- Hiển thị giá trị lên LCD I2C.
- Cảnh báo bằng LED và buzzer nếu nồng độ khí vượt ngưỡng.

3.2.3. Kết nối Blynk (Blynk IoT mới)

-Tạo dự án mới trên ứng dụng Blynk.

-Lấy Auth Token và thêm vào code Arduino.

-Thêm các widget:

- Gauge → hiển thị giá trị khí gas
- LED màu → báo có khí
- Nhiệt độ (nếu có cảm biến nhiệt)
- Button (nếu muốn điều khiển thủ công)

3.2.4. Mô phỏng và kiểm thử

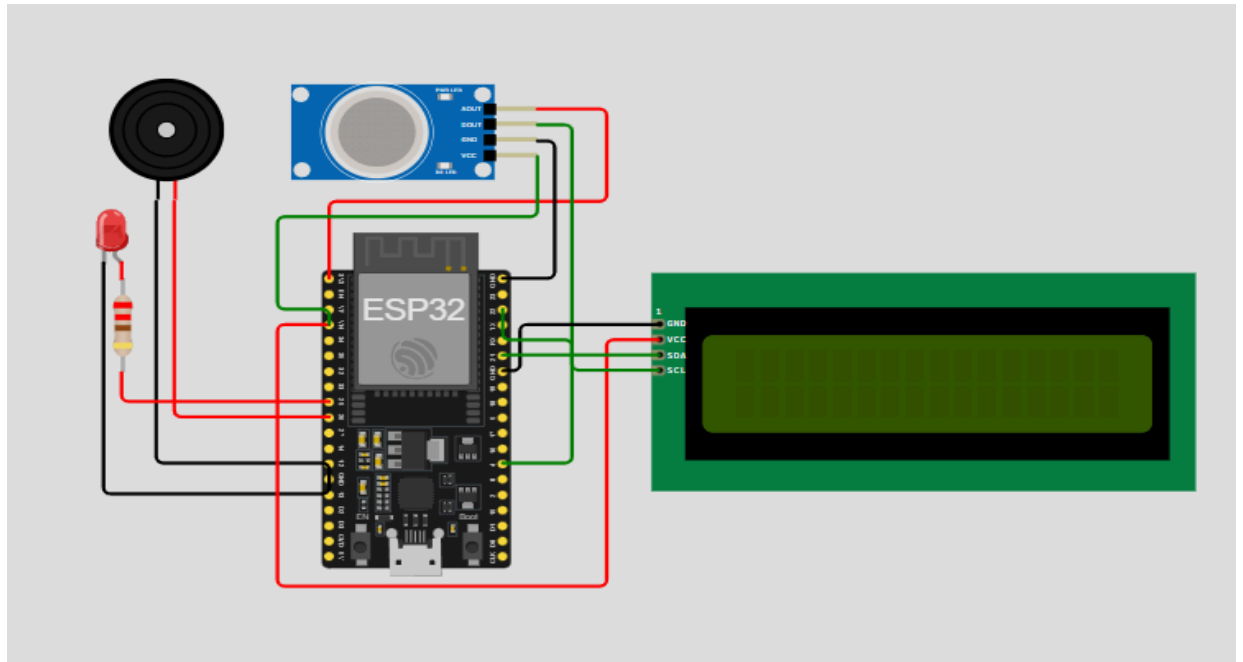
- Chạy mô phỏng trên Wokwi.
- Quan sát giá trị trên LCD, app Blynk.
- Dùng “Simulator Input” để mô phỏng đầu vào của cảm biến MQ-6.
- Đảm bảo các chức năng cảnh báo hoạt động đúng.

Chương 4: Kết quả thực hiện

4.1 Hình ảnh và giao diện

4.1.1 Giao diện mô phỏng phần cứng trên Wokwi

Hình dưới đây mô tả sơ đồ kết nối giữa ESP32 với cảm biến MQ-6, màn hình LCD, đèn LED và còi báo động trên nền tảng Wokwi:

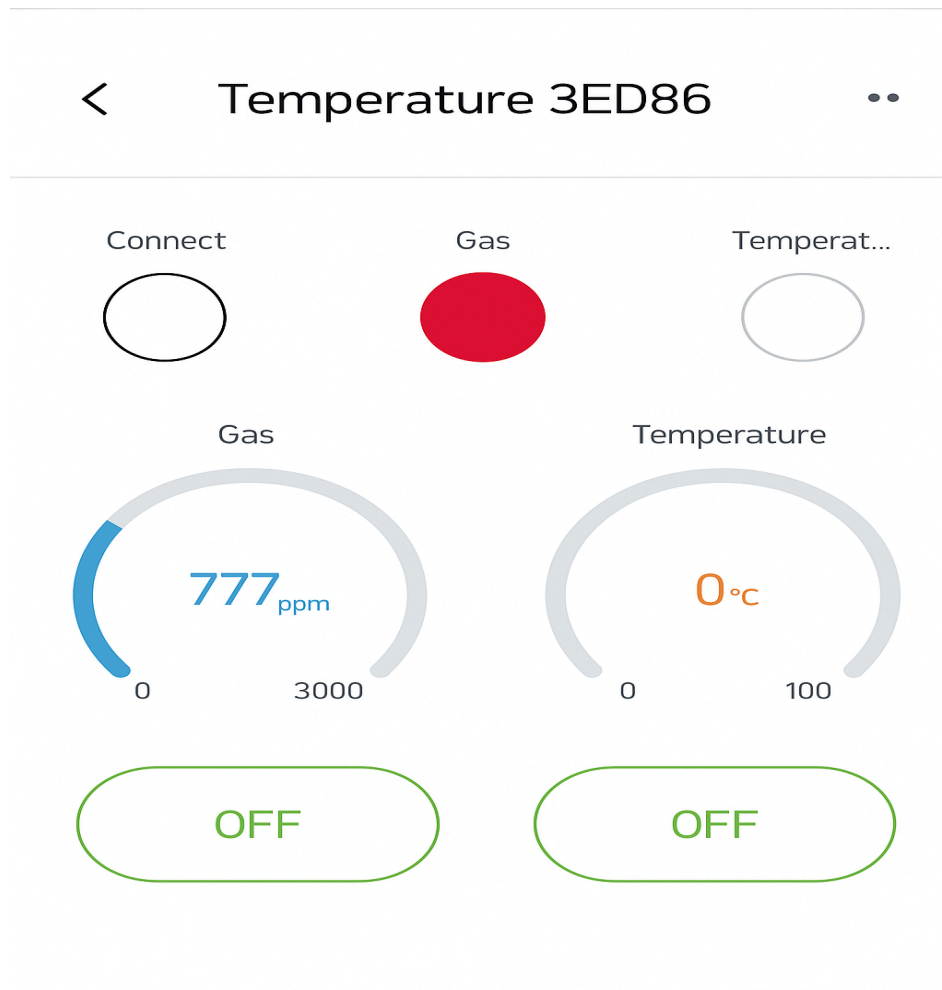


4.1.2 Giao diện giám sát trên ứng dụng Blynk

-Ứng dụng Blynk được sử dụng để hiển thị và giám sát từ xa. Một số thành phần hiển thị gồm:

- +Chỉ số nồng độ khí gas (ppm)
- +Trạng thái cảm biến (Gas Detected)
- +Nhiệt độ (nếu có cảm biến nhiệt độ)
- +Cảnh báo màu đỏ khi phát hiện khí
- +Công tắc điều khiển từ xa

-Ví dụ về giao diện:

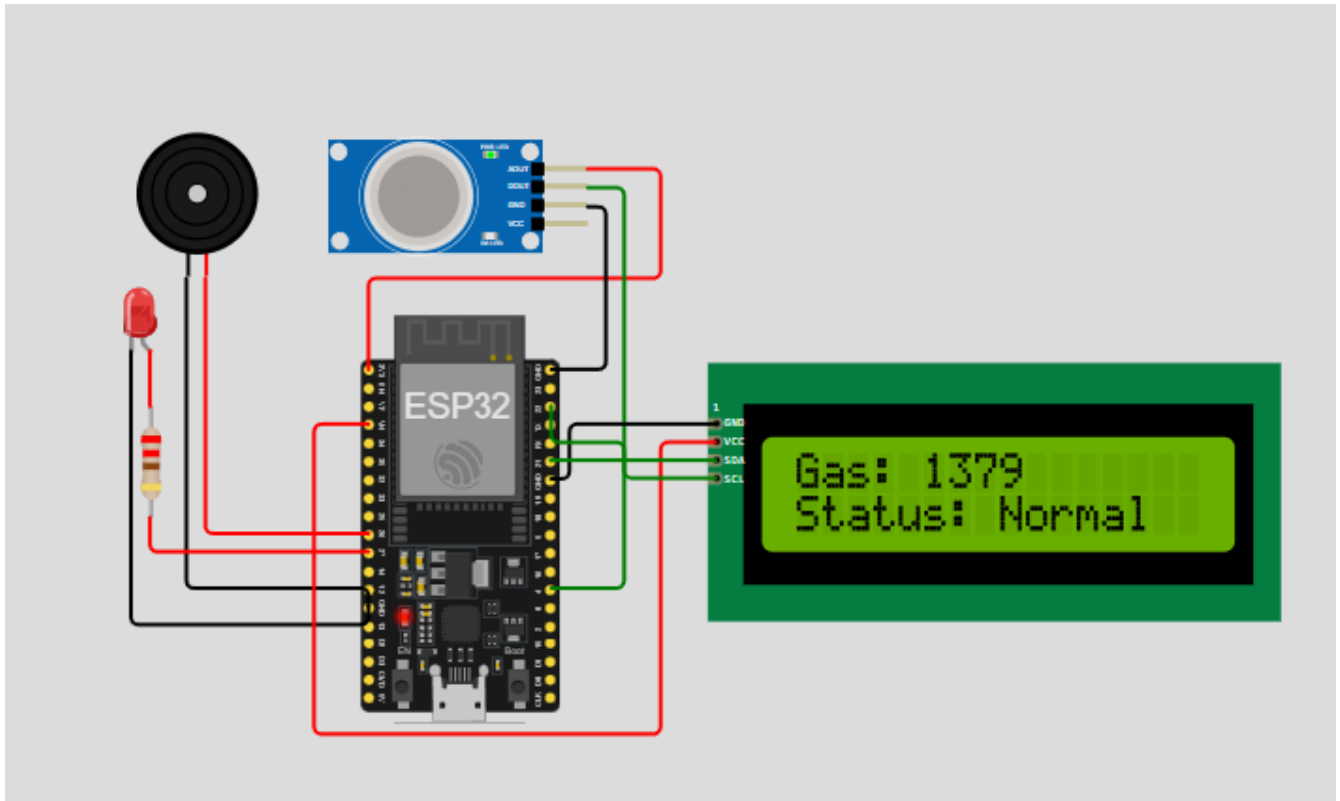


4.2. Phân tích kết quả

-Hệ thống đã được mô phỏng và kiểm tra hoạt động theo các trường hợp sau:

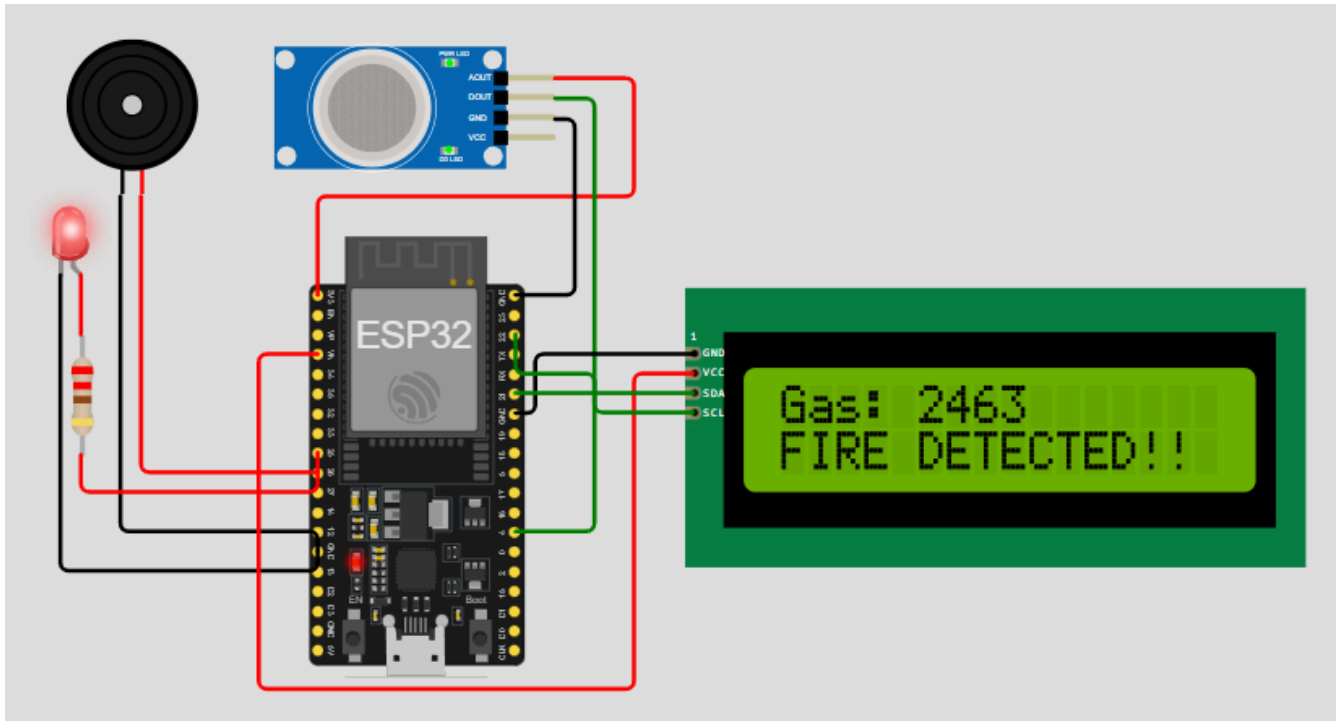
4.2.1 Trạng thái bình thường (không có khí gas)

- Giá trị nồng độ khí nằm trong mức an toàn (dưới 300 ppm).
- Đèn LED và còi không hoạt động.
- Ứng dụng Blynk hiển thị chỉ số thấp, trạng thái "Normal".
- Dưới đây là hình ảnh ví dụ:



4.2.2 Khi phát hiện khí gas (ví dụ > 700 ppm)

- Cảm biến MQ-6 trả về giá trị cao (ví dụ: 777 ppm).
- Đèn LED bật sáng màu đỏ.
- Còi phát ra âm thanh cảnh báo.
- Trên ứng dụng Blynk, màu sắc chuyển sang đỏ, hiện cảnh báo "**FIRE DETECTED!!!**".
- Nút điều khiển trên app vẫn có thể bật/tắt còi từ xa (nếu được lập trình).
- Dưới đây là hình ảnh ví dụ:



4.2.3 Khả năng giám sát từ xa

- Dữ liệu được cập nhật theo thời gian thực.
- Ứng dụng Blynk cho phép người dùng theo dõi tình trạng môi trường dù không có mặt tại chỗ.
- Có thể mở rộng để gửi thông báo qua email/SMS nếu cần.

Chương 5: Kết luận và hướng phát triển

5.1. Các công việc đã thực hiện được

-Sau quá trình tìm hiểu, nghiên cứu và thực hiện, hệ thống phát hiện rò rỉ khí gas sử dụng ESP32 và cảm biến MQ-6 kết hợp với nền tảng giám sát từ xa qua Blynk đã được xây dựng và mô phỏng thành công. Cụ thể, các công việc đã thực hiện bao gồm:

+Tìm hiểu kiến thức lý thuyết liên quan đến cảm biến khí MQ-6, vi điều khiển ESP32, nguyên lý hoạt động của các module hiển thị và phát cảnh báo (LCD, LED, Buzzer).

+Sử dụng nền tảng Wokwi để thiết kế và mô phỏng mạch điện tử, giúp tiết kiệm chi phí phần cứng và thuận tiện trong quá trình kiểm thử, sửa lỗi.

+Viết chương trình điều khiển ESP32 bằng ngôn ngữ Arduino, có thể:

- Đọc giá trị analog từ cảm biến MQ-6.
- So sánh với ngưỡng nguy hiểm để kích hoạt cảnh báo.
- Hiển thị dữ liệu lên màn hình LCD.
- Gửi dữ liệu đến ứng dụng Blynk để theo dõi từ xa.

+Thiết kế giao diện người dùng (UI) trên ứng dụng Blynk trực quan, dễ theo dõi, gồm biểu đồ, đồng hồ đo (gauge), cảnh báo bằng màu sắc, và công tắc điều khiển từ xa (nếu cần).

+Kiểm tra các tình huống mô phỏng, bao gồm cả trường hợp không có khí và khi có khí gas bị rò rỉ, từ đó đánh giá khả năng phản hồi và hoạt động của hệ thống.

-Kết quả cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, có thể phát hiện nhanh và đưa ra cảnh báo rõ ràng khi có rò rỉ khí gas, đồng thời người dùng có thể theo dõi từ xa qua điện thoại, mang lại tính ứng dụng cao trong thực tế.

5.2. Hạn chế

-Mặc dù hệ thống đã thực hiện đúng yêu cầu ban đầu, nhưng vẫn còn một số mặt hạn chế cần được cải thiện trong các phiên bản sau:

- +Chỉ mới mô phỏng trên Wokwi, chưa được triển khai trên phần cứng thật nên chưa thể đánh giá được các yếu tố như độ trễ, độ bền, sự nhiễu điện từ hoặc khả năng hoạt động lâu dài.
- +Giá trị cảm biến MQ-6 mang tính tương đối, bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ ẩm và môi trường xung quanh nếu không được hiệu chuẩn đúng cách. MQ-6 cũng không phân biệt được cụ thể loại khí nào mà chỉ phát hiện được sự hiện diện của một số khí dễ cháy.
- +Chưa có tính năng lưu trữ dữ liệu hoặc phân tích lịch sử đo để đánh giá xu hướng rò rỉ khí theo thời gian.
- +Thiếu hệ thống thông báo khẩn cấp nâng cao, chẳng hạn như gửi email, SMS hoặc thông báo đẩy (push notification) khi xảy ra sự cố.
- +Giao diện Blynk tuy dễ dùng nhưng bị giới hạn tùy biến, chưa thể cá nhân hóa hoàn toàn theo yêu cầu sử dụng đặc thù trong từng môi trường (như công nghiệp, dân dụng...).

5.3. Hướng phát triển

-Để nâng cao hiệu quả sử dụng và ứng dụng thực tế của hệ thống, trong tương lai có thể mở rộng và cải tiến theo các hướng sau:

- +Triển khai hệ thống trên phần cứng thực tế, với hộp bảo vệ, nguồn nuôi ổn định và kiểm tra tại môi trường thật như nhà bếp, nhà hàng, kho chứa nhiên liệu,...
- +Hiệu chuẩn cảm biến MQ-6 chính xác hơn, kết hợp với các cảm biến bổ trợ như DHT11/DHT22 (nhiệt độ/độ ẩm), hoặc cảm biến khói để tăng độ tin cậy khi phát hiện cháy nổ.
- +Tích hợp hệ thống thông báo tự động, như gửi tin nhắn SMS, email hoặc thông báo trên Zalo khi có rò rỉ khí, nhờ đó người dùng có thể phản ứng kịp thời.

- +Lưu trữ và phân tích dữ liệu đo qua cloud (Google Sheets, Firebase, Thingspeak...), giúp quản lý và phân tích xu hướng rõ ràng, phát hiện các bất thường trong dài hạn.
- +Xây dựng ứng dụng giám sát riêng bằng các nền tảng như Flutter, Android Studio để tăng khả năng tùy chỉnh và hỗ trợ nhiều tính năng hơn Blynk.
- +Tự động hóa phản ứng, ví dụ như kích hoạt quạt hút, đóng van gas tự động, hoặc phát loa cảnh báo cục bộ khi phát hiện rò rỉ.

Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt:

- [1] Cục cảnh sát PCCC và CNCH. (2021). Thông cáo báo chí về tình hình cháy, nổ 9 tháng đầu năm 2021 và một số hoạt động kỷ niệm 60 năm ngày truyền thống lực lượng Cảnh sát PCCC và CNCH, 20 năm ngày toàn dân PCCC. <http://canhsatpccc.gov.vn/ArticlesDetail/tabid/193/cateid/1172/id/10151/language/viVN/Default.aspx>. (truy cập 12/2021).
- [2] TS. Doãn Văn Thanh, ThS. Nguyễn Thị Lan (2014). "Giáo trình Kỹ thuật cảm biến", NXB Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.
- [3] Dương Thanh Long, Phạm Quang Huy, Bùi Văn Minh (2019). "Lập Trình Điều Khiển Xa Với ESP8266, ESP32 Và Arduino"-NXB Thanh Niên.
- [4] PGS.TS. Lê Văn Doanh (2006). "Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển"-NXB Khoa học và Kỹ thuật.

Tiếng Anh:

- [5] Alani, S., Mahmood S. N., Attaallah, S. Z., Mhmood, H. S., Khudhur, Z. A., & Dhannoon, A. A. (2021). IoT based implemented comparison analysis of two well-known network platforms for smart home automation. Inter. Journal of Electrical & Computer Engineering, 11(1), 442-450. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i1>
- [6] Ana, M. C. I., & Carmela, V. (2017). Design of a smart gas detection system in areas of natural gas storage. IEEE Inter. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 5954-5957. DOI: 10.1109/IGARSS.2017.8128365.
- [7] Dallas Semiconductors. (2021). DS18B20 digital thermometer Datasheet. Dallas Semiconductors Corporation, 1-27. [Online]. Available: www.dalsemi.com
- [8] Durani, H., Sheth, M., Vaghasia, M., & Kotech, S. (2018). Smart automated home application using IoT with Blynk app. Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 393-397. DOI: 10.1109/ICICCT.2018.8473224.