

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN VIỄN THÔNG

-----o0o-----



THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG

TRẠM GIÁM SÁT DỮ LIỆU NÔNG NGHIỆP
BẰNG ESP32 QUA WIFI
SMART FARM

SVTH: Phan Tấn Sang
MSSV: 2112182

TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2025

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc đến Thầy Bùi Quốc Bảo, người đã tận tình hướng dẫn, góp ý chuyên môn và định hướng thực hiện đề tài trong suốt quá trình em thực hiện đồ án. Sự tận tâm và kiến thức quý báu mà thầy truyền đạt là nền tảng giúp em hoàn thành tốt đề tài này.

Bên cạnh đó, em cũng xin gửi lời cảm ơn đến các anh/chị khóa trước và bạn bè đã chia sẻ tài liệu, hỗ trợ kỹ thuật và động viên em trong suốt quá trình thực hiện đồ án.

Cuối cùng, em xin cảm ơn gia đình đã luôn là chỗ dựa tinh thần vững chắc, luôn ủng hộ và động viên em trong suốt thời gian học tập và thực hiện đề tài.

Do thời gian và kinh nghiệm còn hạn chế, đồ án chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý, chỉ dẫn từ quý thầy cô để em có thể rút kinh nghiệm và hoàn thiện hơn trong tương lai.

Tp. Hồ Chí Minh, Ngày 9 tháng 12 năm 2025

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	I
MỤC LỤC.....	II
DANH MỤC HÌNH VẼ	IV
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI.....	1
1.1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG.....	1
1.2. GIỚI THIỆU VỀ ĐỀ TÀI.....	1
1.2.1. Tìm hiểu nguyên lý, lý thuyết về hệ thống giám sát và điều khiển trong nông nghiệp.....	1
1.2.2. Nghiên cứu và lựa chọn phần cứng phù hợp	2
1.2.3. Thiết kế và lập trình bộ điều khiển trung tâm (ESP32)	2
1.2.4. Thiết kế giao diện giám sát và điều khiển trên nền tảng Blynk.....	3
1.2.5. Lắp ráp hệ thống, chạy thử và đánh giá.....	3
1.3. LÝ THUYẾT LIÊN QUAN.....	3
1.3.1. Các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến cây trồng và vai trò hệ thống giám sát nông nghiệp thông minh	3
1.3.2. Phần cứng – Cảm biến DHT11, cảm biến độ ẩm đất, ESP32 và sơ đồ kết nối.....	4
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ MÔ HÌNH	6
2.1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU BÀI TOÁN.....	6
2.1.1. Mục tiêu thiết kế.....	6
2.1.2. Yêu cầu về kỹ thuật.....	6
2.2. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG	8
2.2.1. Phân tích thiết kế.....	8
2.2.2. Tính toán và vẽ sơ đồ mạch chi tiết	14
2.3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM	19
2.3.1. Yêu cầu đặt ra.....	19

2.3.2. Phân tích các yêu cầu để đưa ra phương pháp thực hiện chương trình	20
2.3.3. Các phần mềm sử dụng trong việc viết và thực thi chương trình.....	21
2.3.4. Lưu đồ giải thuật và giải thích	22
CHƯƠNG 3. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ	26
3.1. KẾT QUẢ THỰC HIỆN.....	26
3.2. Nhận xét và phân tích về kết quả thu được	34
3.2.1. Nhận xét	34
3.2.2. Phân tích.....	34
3.2.3. Đánh giá	35
3.3. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	35
3.3.1. Kết luận	35
3.3.2. Hướng phát triển	36
TÀI LIỆU THAM KHẢO	38

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1. Block diagram	9
Hình 2.2. Khối cảm biến	10
Hình 2.3. Khối MCU.....	10
Hình 2.4. Mạch nguyên lý còi.....	11
Hình 2.5. Mạch nguyên lý nút nhấn.....	11
Hình 2.6. KIT WIFI ESP-32 ESP-WROOM-32S	12
Hình 2.7 ESP32 IOT Shield	12
Hình 2.8. Cảm biến độ ẩm đất đầu chống rỉ	13
Hình 2.9. Cảm biến nhiệt độ độ ẩm DHT11	13
Hình 2.10. Module Relay Mini 1 Kênh	14
Hình 2.11. Màn hình OLED 1.3 inch SH110x	14
Hình 2.13. Mạch in 2D Bottom layer trên phần mềm Altium Designer	17
Hình 2.14. Mạch in 2D Top layer trên phần mềm Altium Designer	17
Hình 2.15. Mạch in 3D Top Layer trên phần mềm Altium Designer.....	18
Hình 2.16. Mạch in 3D Bottom Layer trên phần mềm Altium Designer	18
Hình 2.17. Mạch PCB hoàn thiện	19
Hình 2.18. Lưu đồ thuật toán chi tiết	23
Hình 3.1. Sơ đồ kết nối linh kiện	26
Hình 3.2. Giao diện điều khiển	27
Hình 3.3. Blynk IoT trên android.....	28
Hình 3.4. Cấu hình WIFI cho mạch điều khiển	29
Hình 3.5. Tự động gửi cảnh báo từ Blynk về email khi bật chế độ tự động cảnh báo	30
Hình 3.6. Gửi dữ liệu hiện tại về email khi ấn nút kiểm tra trên Blynk	31
Hình 3.7. Kết quả đo đạc lần 1 (chưa cắm cảm biến độ ẩm đất vào đất)	33
Hình 3.8. Kết quả đo đạc lần 2.....	33
Hình 3.9. Kết quả đo đạc lần 3.....	33
Hình 3.10. Kết quả đo đạc lần 4.....	34

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG

Trong bối cảnh nhu cầu phát triển nông nghiệp bền vững và hiện đại ngày càng tăng, việc ứng dụng công nghệ vào quá trình sản xuất và quản lý nông nghiệp đã trở thành xu hướng tất yếu. Một trong những giải pháp nổi bật là triển khai các hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu nông nghiệp thời gian thực, giúp người nông dân nắm bắt tình hình môi trường, điều kiện canh tác và từ đó đưa ra quyết định chính xác nhằm nâng cao năng suất và chất lượng cây trồng.

Sự phát triển mạnh mẽ của Internet of Things (IoT) đã mở ra nhiều cơ hội trong việc triển khai các trạm giám sát nông nghiệp thông minh. Các thiết bị cảm biến có khả năng thu thập thông tin như: nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất, ánh sáng,... sau đó truyền về trung tâm xử lý thông qua mạng không dây như Wi-Fi. Kết hợp với các nền tảng quản lý trực quan như Blynk, người dùng có thể dễ dàng theo dõi dữ liệu từ xa thông qua thiết bị di động hoặc trình duyệt web.

Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài “*Trạm giám sát dữ liệu nông nghiệp sử dụng nền tảng Blynk và Wi-Fi*” được thực hiện với mục tiêu:

- Xây dựng một hệ thống thu thập và giám sát dữ liệu môi trường trong nông nghiệp theo thời gian thực.
- Ứng dụng nền tảng Blynk kết hợp với kết nối Wi-Fi để truyền dữ liệu đến thiết bị di động.
- Thiết kế hệ thống đơn giản, dễ triển khai, tiết kiệm chi phí, phù hợp với điều kiện thực tế ở các vùng nông thôn.

1.2. GIỚI THIỆU VỀ ĐỀ TÀI

Đề tài “Thiết kế và triển khai trạm giám sát dữ liệu nông nghiệp sử dụng nền tảng Blynk và Wi-Fi” hướng đến việc xây dựng một hệ thống có khả năng giám sát các thông số môi trường nông nghiệp và điều khiển tưới tiêu tự động hoặc thủ công từ xa qua Internet.

1.2.1. Tìm hiểu nguyên lý, lý thuyết về hệ thống giám sát và điều khiển trong nông nghiệp

- Yêu cầu:

- Tìm hiểu vai trò của các thông số như độ ẩm đất, độ ẩm không khí và nhiệt độ trong quá trình canh tác.
- Nghiên cứu mô hình hệ thống điều khiển tưới thông minh trong nông nghiệp ứng dụng IoT.
- Cách tiếp cận:
 - Tìm hiểu từ các nghiên cứu, bài báo khoa học, và ứng dụng thực tế trong nông nghiệp thông minh (Smart Farm).
 - Phân tích yêu cầu thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển phù hợp với quy mô nhỏ và vừa.
- Kết quả cần đạt: Nắm được cơ sở lý thuyết để xây dựng hệ thống theo dõi và điều khiển quá trình tưới tiêu dựa trên các điều kiện môi trường thực tế.

1.2.2. Nghiên cứu và lựa chọn phần cứng phù hợp

- Yêu cầu:
 - Lựa chọn các thiết bị phù hợp:
 - Cảm biến DHT11 (nhiệt độ và độ ẩm không khí)
 - Cảm biến độ ẩm đất chống ăn mòn
 - Vi điều khiển ESP32 tích hợp Wi-Fi
 - Relay điều khiển máy bơm
- Cách tiếp cận: Đọc datasheet, thử nghiệm kết nối và phân tích độ ổn định – độ chính xác trong điều kiện thực tế.
- Kết quả cần đạt: Chọn được các thành phần phần cứng hoạt động tin cậy, tương thích với ESP32, có khả năng hoạt động lâu dài ngoài môi trường.

1.2.3. Thiết kế và lập trình bộ điều khiển trung tâm (ESP32)

- Yêu cầu:
 - Thu thập dữ liệu từ các cảm biến và truyền lên nền tảng IoT (Blynk).
 - Tích hợp chế độ tự động điều khiển máy bơm khi độ ẩm đất dưới ngưỡng.
 - Tích hợp chế độ điều khiển thủ công từ xa qua Internet khi người dùng chủ động can thiệp.
- Cách tiếp cận:
 - Sử dụng Arduino IDE để lập trình ESP32 với thư viện Blynk, WiFi, và cảm biến.

- Thiết kế cấu trúc chương trình có thể chuyển đổi giữa chế độ thủ công và tự động.

- Kết quả cần đạt: Hệ thống có thể tự động kích hoạt máy bơm khi đất khô và cho phép người dùng chủ động điều chỉnh dữ liệu từ xa thông qua Blynk và tích hợp wifi.

1.2.4. Thiết kế giao diện giám sát và điều khiển trên nền tảng Blynk

- Yêu cầu:

- Hiện thị thông số nhiệt độ, độ ẩm không khí và độ ẩm đất trên smartphone.
- Cho phép bật/tắt máy bơm và chuyển đổi giữa 2 chế độ hoạt động (tự động/thủ công).

- Cách tiếp cận:

- Sử dụng các widget của Blynk: Gauge, Display, Switch, Button, Menu.
- Thiết kế logic đồng bộ giữa trạng thái thiết bị thực tế và giao diện.

- Kết quả cần đạt:

Giao diện thân thiện, dễ dùng, có khả năng điều khiển thiết bị từ xa và theo dõi thông số môi trường mọi lúc mọi nơi.

1.2.5. Lắp ráp hệ thống, chạy thử và đánh giá

- Yêu cầu:

- Lắp ráp hoàn chỉnh hệ thống gồm ESP32, các cảm biến, relay, máy bơm thử nghiệm

- Kiểm tra khả năng hoạt động ổn định và chính xác của toàn hệ thống

- Cách tiếp cận:

- Triển khai trên mô hình thực tế (ví dụ: một chậu đất trồng cây có tưới nước)
- Ghi lại các hoạt động của hệ thống ở các chế độ khác nhau và phân tích phản hồi

- Kết quả cần đạt: Hệ thống hoạt động chính xác trong việc thu thập dữ liệu, điều khiển bơm đúng ngưỡng trong chế độ tự động và dễ dàng điều khiển từ xa qua Internet trong chế độ thủ công.

1.3. LÝ THUYẾT LIÊN QUAN

1.3.1. Các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến cây trồng và vai trò hệ thống giám sát nông nghiệp thông minh

Cây trồng phát triển phụ thuộc nhiều vào điều kiện môi trường. Nhiệt độ môi trường là một yếu tố quan trọng: mỗi loại cây có khoảng nhiệt độ tối ưu khác nhau (ví dụ, lúa tốt nhất ở 20–30°C, hoa thường 15–25°C, cây nhiệt đới 25–35°C...). Việc theo dõi và điều chỉnh nhiệt độ trong giới hạn phù hợp giúp đảm bảo cây quang hợp hiệu quả và năng suất cao. Tương tự, độ ẩm không khí và đất ảnh hưởng lớn đến nước và dinh dưỡng của cây. Khi độ ẩm không khí quá thấp, cây bị thiếu nước làm giảm quang hợp và sinh trưởng; ngược lại, độ ẩm cao gây đọng nước làm thối rễ, nấm bệnh. Đối với đất trồng, độ ẩm quá cao khiến đất kém thoáng khí, quá thấp khiến cây không đủ nước. Do đó, môi trường ổn định và nằm trong “phạm vi an toàn” là rất quan trọng cho cây trồng.

Hệ thống giám sát nông nghiệp thông minh ra đời nhằm liên tục đo đạc các thông số môi trường này và cảnh báo kịp thời. Theo đó, những giải pháp IoT nông nghiệp giúp giảm lãng phí tài nguyên (nước, phân bón, năng lượng), tăng năng suất và duy trì chất lượng sản phẩm. Nhờ các cảm biến và kết nối không dây, người nông dân có thể theo dõi và điều khiển từ xa các thông số như nhiệt độ, độ ẩm đất, qua mạng Internet. Chẳng hạn, hệ thống tự động có thể kích hoạt tưới khi phát hiện độ ẩm đất xuống thấp, hoặc cảnh báo sớm khi môi trường không phù hợp, giúp tối ưu hóa quá trình chăm sóc cây trồng và nâng cao hiệu quả sản xuất.

1.3.2. Phần cứng – Cảm biến DHT11, cảm biến độ ẩm đất, ESP32 và sơ đồ kết nối

Phần cứng của trạm giám sát bao gồm các module chính: ESP32 Wi-Fi (mô-đun ESP-WROOM-32S), ESP32 IoT Shield, cảm biến độ ẩm đất chống ăn mòn, cảm biến nhiệt độ-độ ẩm DHT11, cùng màn hình OLED và mạch relay 1 kênh. Mô-đun ESP32 là một vi điều khiển lõi kép 32-bit tích hợp sẵn Wi-Fi và Bluetooth, phù hợp cho các ứng dụng IoT. Shield mở rộng cho phép dễ dàng cắm các cảm biến và hiển thị lên board (theo sơ đồ nguyên lý, các module được cắm vào các header tương ứng trên Shield).

Cảm biến DHT11 là thiết bị kỹ thuật số đo đồng thời nhiệt độ và độ ẩm không khí. Nó tích hợp một cặp đo (NTC đo nhiệt độ) và vi điều khiển 8-bit để xuất trực tiếp giá trị nhiệt độ và độ ẩm qua giao tiếp nối tiếp. Độ chính xác khoảng $\pm 1^{\circ}\text{C}$ và

$\pm 1\%$, phạm vi đo $0\text{--}50^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ) và $20\text{--}90\%$ (độ ẩm). Trong hệ thống, DHT11 thường được kết nối vào chân digital của ESP32 để lấy mẫu định kỳ.

Cảm biến độ ẩm đất đầu dò chống ăn mòn thường dựa trên nguyên lý điện dung để tránh hiện tượng ăn mòn điện cực. Nó đo hàm lượng nước theo thể tích của đất (soil moisture) giúp đánh giá độ ẩm đất tại vị trí trồng. Nguyên lý hoạt động: độ ẩm tăng làm hằng số điện môi của đất tăng, dẫn đến điện dung đo được ở cảm biến tăng tương ứng. Nhờ đó, cảm biến này có độ bền cao và ít bị ảnh hưởng bởi điều kiện ẩm ướt, thích hợp lắp trực tiếp vào đất trồng.

Ngoài ra, hệ thống sử dụng module relay 1 kênh để đóng/ngắt nguồn cho bơm hoặc van điện, phục vụ cho chức năng tự động tưới. Màn hình OLED (1.3" SH110x) được gắn để hiển thị trực quan giá trị các thông số ngay tại trạm (nếu cần). Sơ đồ kết nối phần cứng minh họa cách cắm các module này lên ESP32 Shield, đảm bảo ESP32 có thể nhận tín hiệu từ cảm biến và điều khiển relay một cách thuận tiện.

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ MÔ HÌNH

2.1. PHÂN TÍCH YÊU CẦU BÀI TOÁN

2.1.1. Mục tiêu thiết kế

Liệt kê các yêu cầu đặt ra:

- Đo và giám sát nhiệt độ, độ ẩm không khí, và độ ẩm đất trong vườn.
- Hiển thị dữ liệu trên màn hình OLED 1.3 inch SH110X.
- Điều khiển Relay để tưới nước tự động dựa trên độ ẩm đất.
- Phát tín hiệu cảnh báo qua Buzzer khi vượt ngưỡng.
- Điều khiển thủ công qua nút nhấn.
- Kết nối WiFi và gửi dữ liệu đến ứng dụng Blynk để giám sát từ xa.
- Cung cấp chế độ AP để cấu hình WiFi thủ công khi kết nối thất bại.

2.1.2. Yêu cầu về kỹ thuật

Đo và giám sát:

- Nhiệt độ:
 - Phạm vi: 0°C - 50°C .
 - Độ chính xác: $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
 - Tần suất cập nhật: 3 giây.
 - Thiết bị: DHT11.
 - Thông số phần cứng: Điện áp 3.3V - 5V, dòng tiêu thụ $\sim 1\text{-}2.5\text{mA}$ (đo), giao tiếp 1 dây số qua GPIO 26, cần điện trở kéo lên $4.7\text{k}\Omega$ - $10\text{k}\Omega$, kích thước $15.5\text{mm} \times 12\text{mm} \times 5.5\text{mm}$.
- Độ ẩm không khí:
 - Phạm vi: 20% - 90% RH.
 - Độ chính xác: $\pm 5\%$ RH.
 - Tần suất cập nhật: 3 giây.
 - Thiết bị: DHT11 (cùng GPIO 26).
 - Thông số phần cứng: Như trên, thời gian lấy mẫu ~ 1 giây.
- Độ ẩm đất:
 - Phạm vi: 0% - 100%.
 - Độ chính xác: $\pm 5\%$ (sau hiệu chuẩn).

- Tần suất cập nhật: 1 giây.
- Thiết bị: Cảm biến độ ẩm đất analog (ví dụ: FC-28).
- Thông số phần cứng: Điện áp 3.3V - 5V, dòng tiêu thụ ~5-10mA, giao tiếp analog qua GPIO 39 (ADC 12-bit), kích thước ~38mm x 16mm.
- Hiển thị trên OLED:
 - Màn hình: OLED 1.3 inch SH110X.
 - Độ phân giải: 128 x 64 pixel.
 - Điện áp hoạt động: 3.3V - 5V (dùng 3.3V).
 - Dòng tiêu thụ: ~10-20mA (tùy độ sáng).
 - Giao tiếp: I2C, địa chỉ 0x3C, kết nối qua GPIO 21 (SDA) và GPIO 22 (SCL).
 - Nhiệt độ hoạt động: -40°C - 70°C.
 - Kích thước: ~36mm x 19mm.
 - Chức năng: Hiển thị 14 màn hình (SCREEN0-13).
- Điều khiển Relay:
 - Điều kiện: Bật khi độ ẩm đất < ngưỡng thấp (EsoilMoistureThreshold1 - 10%), tắt khi > ngưỡng cao (EsoilMoistureThreshold1 + 10%).
 - Điện áp điều khiển: 3.3V.
 - Dòng điều khiển: Tối đa 10mA từ GPIO 25.
 - Thiết bị: Relay 1 kênh.
 - Thông số phần cứng: Điện áp cuộn dây 3.3V, dòng tải tối đa 10A @ 250VAC hoặc 30VDC, giao tiếp qua GPIO 25, kích thước ~43mm x 17mm x 15mm.
 - Lưu ý: Nếu dùng mô-đun 5V, cần transistor NPN (ví dụ: BC547).
- Cảnh báo qua Buzzer:
 - Thời gian phát: 100ms cho mỗi bíp (1-5 bíp hoặc 2s khi WiFi thất bại).
 - Tần số: ~2kHz.
 - Điện áp hoạt động: 3.3V - 5V (dùng 3.3V).
 - Dòng tiêu thụ: 5-10mA.
 - Giao tiếp: Điều khiển qua GPIO 2 (HIGH để kêu, LOW để tắt).
 - Thiết bị: Buzzer chủ động.
 - Kích thước: ~12mm đường kính x 8mm chiều cao.
- Điều khiển qua nút nhấn:

- Số lượng: 3 nút (SET, UP, DOWN).
- Điện áp hoạt động: 3.3V.
- Dòng tiêu thụ: ~1mA (qua điện trở 10kΩ).
- Giao tiếp: INPUT_PULLUP, phản hồi trong 10ms.
- Chân kết nối: GPIO 32 (SET), GPIO 35 (UP), GPIO 34 (DOWN).
- Thiết bị: Nút nhấn cơ bản (tactile switch).
- Thông số phần cứng: Điện áp 3.3V, dòng ~1mA, điện trở kéo xuống 10kΩ, kích thước ~6mm x 6mm x 5mm.
- Chức năng: SET chuyển chế độ AP (nhấn lâu), UP tăng giá trị, DOWN giảm hoặc gửi cảnh báo.
- Kết nối WiFi và Blynk:
 - Thời gian kết nối: 15 lần thử (mỗi lần 500ms).
 - Tần suất gửi dữ liệu: 1 giây.
 - Dữ liệu gửi: V0 (temp), V1 (humi), V2 (soil), V4 (autoWarning).
 - Thiết bị: Tích hợp trong ESP32 (WiFi module).
 - Thông số phần cứng: Tần số WiFi 2.4GHz, băng thông tối đa ~150Mbps, dòng tiêu thụ ~70mA khi hoạt động.
 - Chức năng: Kết nối STA hoặc AP (SSID: "ESP32_IOT", mật khẩu: "passwordAP").
 - Chế độ AP:
 - SSID: "ESP32_IOT".
 - Mật khẩu: "passwordAP".
 - Cổng: 80.
 - Chức năng: Hỗ trợ cấu hình WiFi qua web.
 - Thông số phần cứng: Sử dụng WiFi module của ESP32, không cần phần cứng bổ sung.

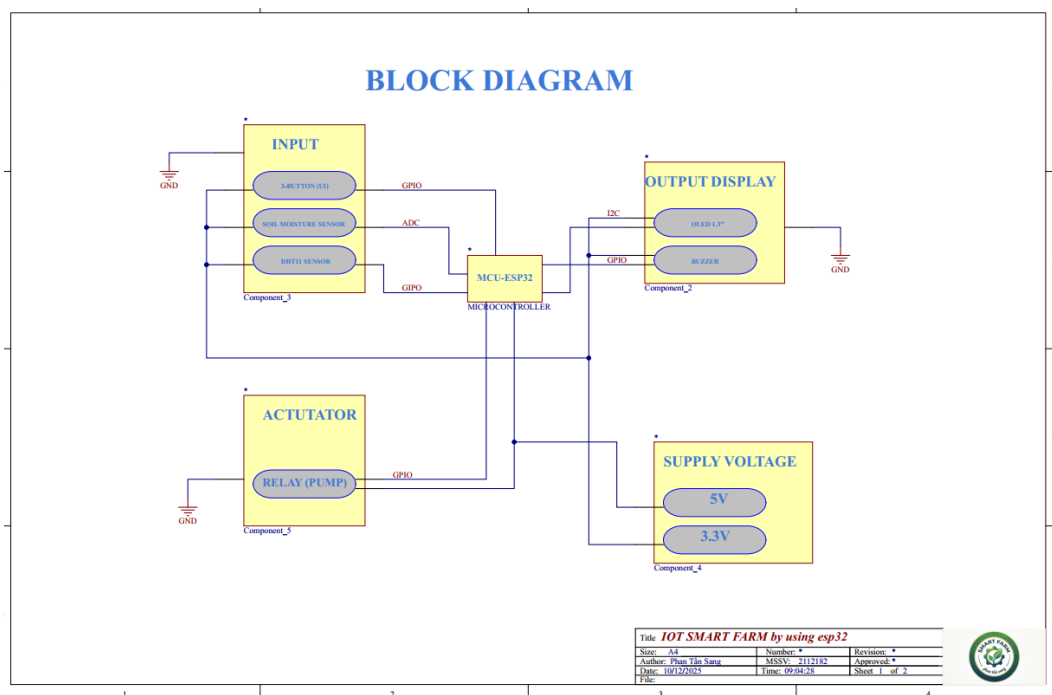
2.2. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

2.2.1. Phân tích thiết kế

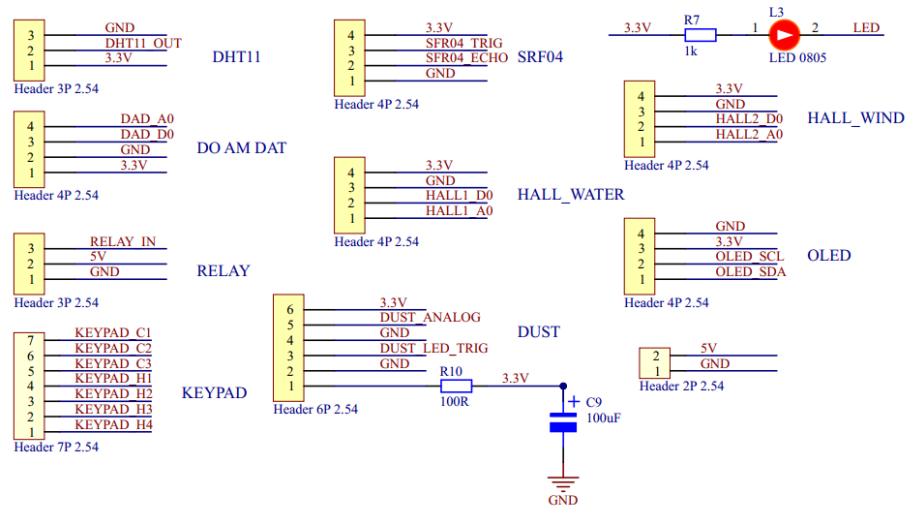
Cách thức dẫn đến phương pháp thiết kế từ yêu cầu:

- Yêu cầu đo lường trong phạm vi 0-50°C và 20-90% độ ẩm với DHT11, cùng điều khiển, đòi hỏi vi điều khiển có GPIO, ADC, và WiFi để xử lý dữ liệu từ các cảm biến và điều khiển actuator. ESP32 được chọn nhờ khả năng tích hợp và hiệu năng.
- Hiển thị trên OLED SH110X 1.3 inch và cảnh báo qua Buzzer yêu cầu giao diện hiển thị rõ ràng và tín hiệu âm thanh, cần phần cứng I2C và GPIO đủ mạnh để điều khiển đồng thời.
- Kết nối từ xa qua Blynk và chế độ AP cần giao thức mạng tích hợp, tận dụng module WiFi của ESP32 để đảm bảo giám sát và cấu hình linh hoạt.
- Các thông số phần cứng như dòng tiêu thụ, điện áp, và giao tiếp được tối ưu hóa để phù hợp với yêu cầu định lượng (ví dụ: cập nhật 3 giây cho DHT11, 1 giây cho Soil Moisture), đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định trong môi trường vườn.

Sơ đồ nguyên lý:



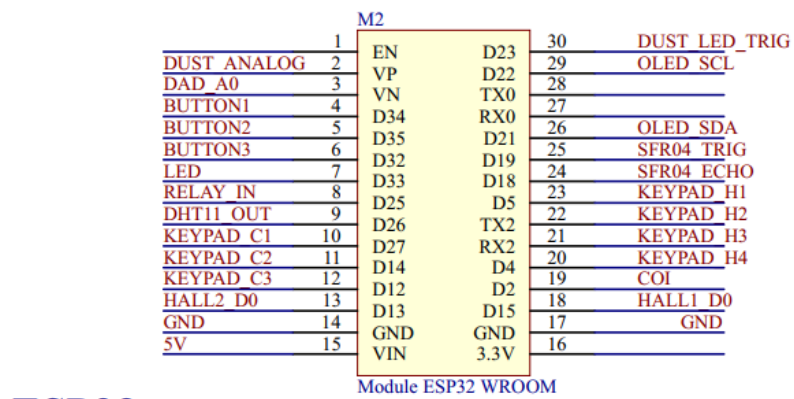
Hình 2.1. Block diagram



Khối Header Cảm Biến

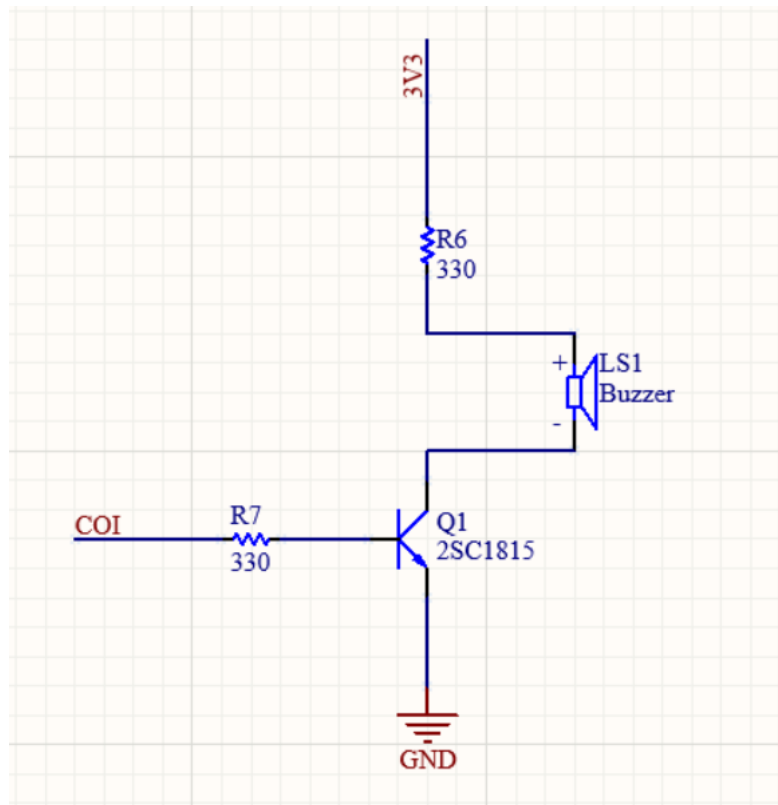
Title ***IOT SMART FARM by using esp32***

Hình 2.2. Khối cảm biến

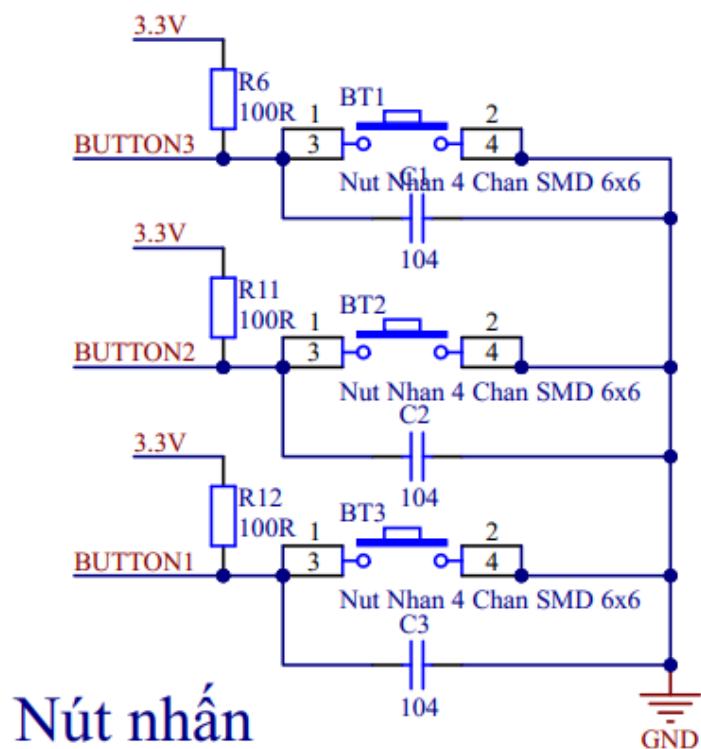


ESP32

Hình 2.3. Khối MCU



Hình 2.4. Mạch nguyên lý còi



Hình 2.5. Mạch nguyên lý nút nhấn

Các linh kiện cần thiết

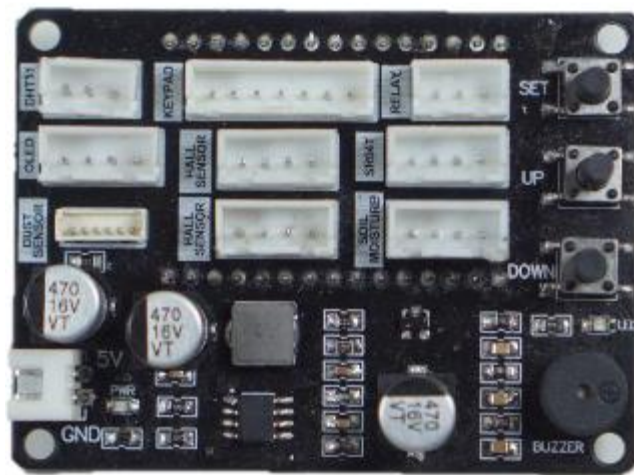
Trong project này, chúng ta cần :

- KIT WIFI ESP-32 ESP-WROOM-32S



Hình 2.6. KIT WIFI ESP-32 ESP-WROOM-32S

- ESP32 IOT Shield



Hình 2.7 ESP32 IOT Shield

- Cảm biến độ ẩm đất đầu chống rỉ



Hình 2.8. Cảm biến độ ẩm đất đầu chống rỉ

- Cảm biến nhiệt độ độ ẩm DHT11



Hình 2.9. Cảm biến nhiệt độ độ ẩm DHT11

- Module Relay Mini 1 Kênh



Hình 2.10. Module Relay Mini 1 Kênh

- Màn hình OLED 1.3 inch SH110x



Hình 2.11. Màn hình OLED 1.3 inch SH110x

Cắm các Module tương ứng với các header trên Shield

2.2.2. Tính toán và vẽ sơ đồ mạch chi tiết

Thiết kế và vẽ sơ đồ mạch chi tiết

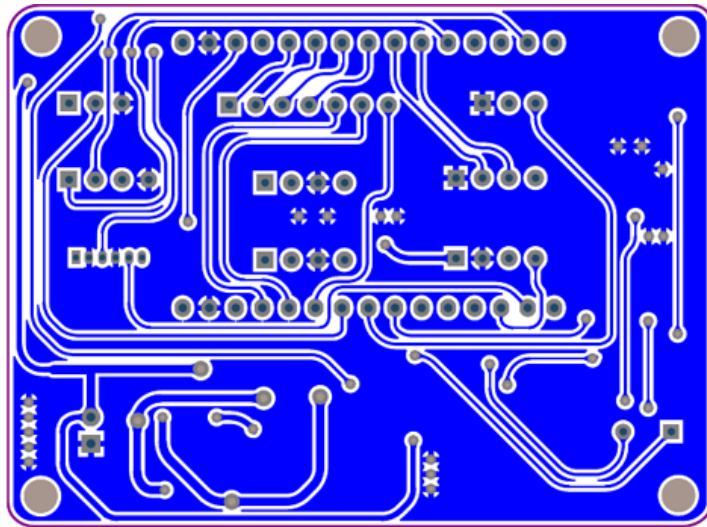
- Mô tả mạch tổng quát:
 - ESP32 kết nối cảm biến (DHT11, Soil Moisture) để thu thập dữ liệu.
 - Kết nối OLED để hiển thị.
 - Kết nối LED, Relay, Buzzer cho báo hiệu và điều khiển.
 - Kết nối nút nhấn cho đầu vào thủ công.
 - WiFi và Blynk được tích hợp trong ESP32, không cần linh kiện ngoài.
- Kết nối chi tiết:

- DHT11: VCC \rightarrow 3.3V, GND \rightarrow GND, Data \rightarrow GPIO 26 (thêm điện trở kéo lên 4.7k Ω giữa Data và 3.3V).
- Soil Moisture Sensor: VCC \rightarrow 3.3V, GND \rightarrow GND, Signal \rightarrow GPIO 39.
- OLED SH110X: VCC \rightarrow 3.3V, GND \rightarrow GND, SDA \rightarrow GPIO 21, SCL \rightarrow GPIO 22.
- LED Indicator: GPIO 33 \rightarrow Đầu dương LED \rightarrow 220 Ω \rightarrow GND.
- Relay: GPIO 25 \rightarrow IN, VCC \rightarrow 3.3V, GND \rightarrow GND (thêm transistor NPN nếu Relay 5V).
- Buzzer: GPIO 2 \rightarrow Đầu dương (+), Đầu âm (-) \rightarrow GND.
- Nút nhấn: GPIO 32 (SET), GPIO 35 (UP), GPIO 34 (DOWN) \rightarrow Chân 1 nút, Chân 2 nút \rightarrow GND qua 10k Ω .
- Nguồn: 3.3V từ ESP32 cho tất cả linh kiện (trừ Relay nếu 5V).
- Thiết kế bảo vệ:
- Thêm diode (1N4007) song song với Relay để tránh ngược dòng.
- Thêm tụ điện 0.1 μ F giữa VCC và GND của các linh kiện để giảm nhiễu.

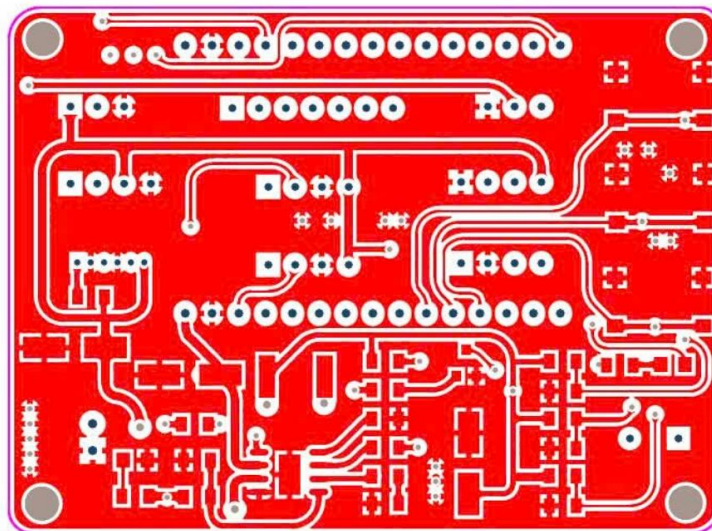
Tính toán

- LED Indicator:
- Điện áp LED: $\sim 2V$ (tùy loại).
- Điện áp nguồn: 3.3V (từ GPIO 33 khi HIGH).
- Dòng mong muốn: 15mA (an toàn cho GPIO, max 20mA).
- Điện trở: $R = (3.3V - 2V) / 0.015A = 86.67\Omega$. Chọn 220 Ω để dòng giảm xuống $\sim 6mA$ (vẫn sáng đủ, an toàn).
- Công suất điện trở: $P = I^2R = (0.006)^2 \times 220 \approx 0.008W$, chọn điện trở 1/4W.
- Relay:
- Dòng điều khiển: $< 10mA$ ở 3.3V (nếu Relay 3.3V).
- Nếu Relay 5V: Sử dụng transistor NPN (BC547, $hFE = 100$).
- Dòng vào cuộn Relay (I_c): $\sim 10mA$.
- Dòng cơ sở (I_b): $I_c / hFE = 10mA / 100 = 0.1mA$.
- Điện trở Base: $R = 3.3V / 0.1mA = 33k\Omega$, chọn 1k Ω để đủ dòng ($\sim 3.3mA$).
- Công suất: $P = 3.3V \times 0.0033A \approx 0.01W$, điện trở 1/4W đủ.
- Buzzer:

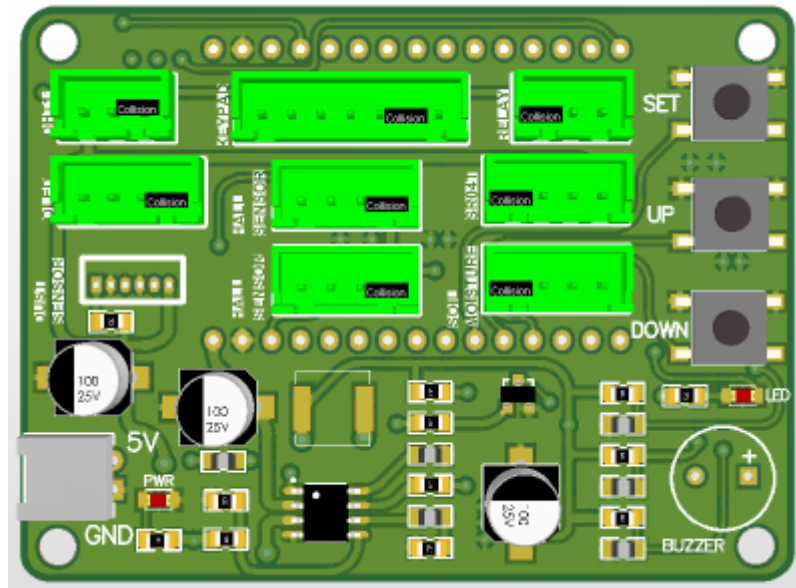
- Điện áp: 3.3V.
 - Dòng: 5-10mA (tùy model).
 - GPIO 2: Có thể cung cấp 20mA, nên không cần điện trở thêm.
 - Công suất: $P = 3.3V \times 0.01A = 0.033W$, an toàn với GPIO.
 - Button Inputs:
 - Điện áp: 3.3V (từ INPUT_PULLUP).
 - Dòng: $\sim 1mA$ khi nhấn (qua $10k\Omega$).
 - Điện trở kéo xuống: $10k\Omega$ giữa GPIO và GND đảm bảo trạng thái LOW khi không nhấn.
 - Công suất: $P = 3.3V \times 0.001A = 0.0033W$, điện trở 1/4W đủ.
 - Tổng dòng tiêu thụ:
 - DHT11: $\sim 2.5mA$.
 - Soil Moisture: $\sim 10mA$.
 - OLED: $\sim 20mA$.
 - LED: $\sim 6mA$.
 - Relay (3.3V): $\sim 10mA$.
 - Buzzer: $\sim 10mA$.
 - Button Inputs: $\sim 3mA$ (3 nút).
 - Tổng: $\sim 61.5mA$, trong giới hạn 600mA của ESP32 (an toàn).
- Tổng công suất: $\sim 0.2W$ ($3.3V \times 0.0615A$), ESP32 có thể chịu tải này từ nguồn USB 5V (chuyển đổi nội bộ thành 3.3V).



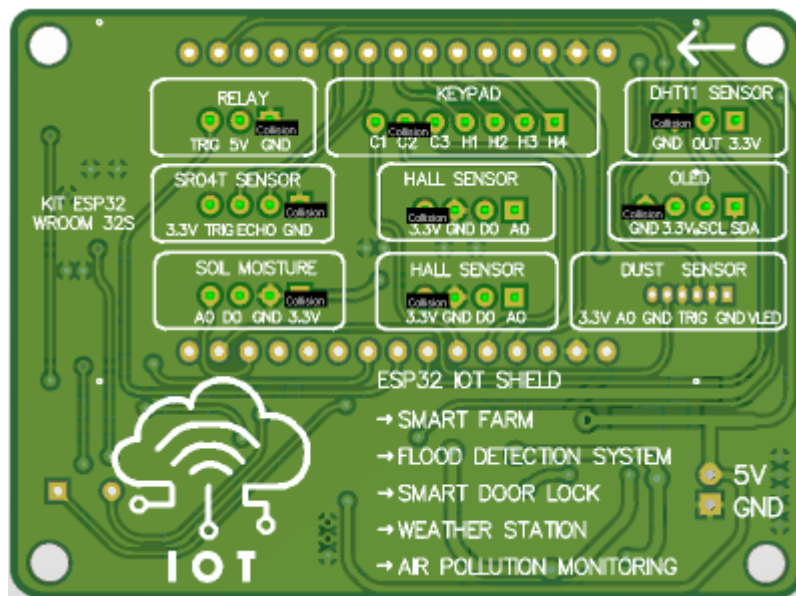
Hình 2.12. Mạch in 2D Bottom layer trên phần mềm Altium Designer



Hình 2.13. Mạch in 2D Top layer trên phần mềm Altium Designer



Hình 2.14. Mạch in 3D Top Layer trên phần mềm Altium Designer



Hình 2.15. Mạch in 3D Bottom Layer trên phần mềm Altium Designer



Hình 2.16. Mạch PCB hoàn thiện

2.3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

2.3.1. Yêu cầu đặt ra

- Đọc dữ liệu từ cảm biến DHT11 (nhiệt độ và độ ẩm không khí) và cảm biến độ ẩm đất.
- Lọc nhiễu và xử lý dữ liệu cảm biến để tính toán trạng thái cảnh báo.
- Hiển thị dữ liệu và trạng thái trên màn hình OLED SH110X 1.3 inch với 14 màn hình khác nhau.
- Điều khiển Relay dựa trên ngưỡng độ ẩm đất để tưới nước tự động.
- Phát tín hiệu cảnh báo qua Buzzer khi vượt ngưỡng nhiệt độ, độ ẩm, hoặc lỗi kết nối.
- Xử lý đầu vào từ 3 nút nhấn để điều khiển thủ công (chuyển chế độ, gửi dữ liệu, đảo autoWarning).
- Kết nối WiFi (STA hoặc AP) và gửi dữ liệu đến Blynk để giám sát từ xa, xử lý sự kiện từ Blynk.
- Hỗ trợ lưu cấu hình vào EEPROM và chế độ AP để cấu hình qua web.

Đọc dữ liệu cảm biến:

- DHT11: Đọc nhiệt độ (0-50°C, $\pm 2^\circ\text{C}$) và độ ẩm không khí (20-90% RH, $\pm 5\%$), cập nhật mỗi 3 giây, sử dụng thư viện DHT.h, kết nối qua GPIO 26.

- Cảm biến độ ẩm đất: Đọc giá trị analog (0-4095), chuyển đổi sang 0-100%, cập nhật mỗi 1 giây, sử dụng analogRead() qua GPIO 39.

Lọc nhiễu và xử lý dữ liệu:

- Sử dụng SimpleKalmanFilter để lọc nhiễu cho DHT11 (độ chính xác tăng 5-10%).
- So sánh với ngưỡng (EtempThreshold1/2, EhumiThreshold1/2, EsoilMoistureThreshold1/2) để cập nhật trạng thái (SAD, NORMAL, HAPPY), độ chính xác so sánh 100%.

Hiển thị trên OLED: Sử dụng Adafruit_SH1106G thư viện, độ phân giải 128x64 pixel, cập nhật mỗi 1 giây, hiển thị 14 màn hình (SCREEN0-13), sử dụng I2C qua GPIO 21 (SDA) và 22 (SCL).

Điều khiển Relay: Bật Relay nếu độ ẩm đất < EsoilMoistureThreshold1 - 10%, tắt nếu > EsoilMoistureThreshold1 + 10%, sử dụng digitalWrite(RELAY, ENABLE/DISABLE) qua GPIO 25, thời gian phản hồi <100ms.

Phát cảnh báo qua Buzzer: Phát 100ms mỗi bíp (1-5 bíp) hoặc 2s khi WiFi thất bại, sử dụng digitalWrite(BUZZER, ENABLE) qua GPIO 2, tần số ~2kHz.

Xử lý nút nhấn: Xử lý 3 nút (GPIO 32, 35, 34), phát hiện nhấn ngắn (<1s) và lâu (>1s), sử dụng INPUT_PULLUP, debounce 20ms, thư viện mybutton.h.

Kết nối WiFi và Blynk:

- Kết nối WiFi STA trong 15 lần thử (500ms/lần), chuyển AP nếu thất bại, sử dụng WiFi.h và BlynkSimpleEsp32.h.
- Gửi dữ liệu đến Blynk mỗi 1 giây (V0: temp, V1: humi, V2: soil, V4: autoWarning), xử lý V3/V4 từ Blynk.

Lưu cấu hình: Sử dụng EEPROM (512 bytes) để lưu ESSID, Epass, Etoken, ngưỡng, autoWarning, kích thước lưu 32 bytes mỗi biến.

2.3.2. Phân tích các yêu cầu để đưa ra phương pháp thực hiện chương trình

- Yêu cầu đọc dữ liệu cảm biến (1, 2) và xử lý nhanh (3 giây/1 giây) dẫn đến phương pháp đa nhiệm sử dụng FreeRTOS để tránh chặn vòng lặp chính, với các task riêng cho DHT11 (TaskDHT11) và Soil Moisture (TaskSoilMoistureSensor), sử dụng thư viện DHT.h và analogRead().

- Yêu cầu hiển thị (3) với 14 màn hình yêu cầu thư viện Adafruit_SH1106G, cập nhật trong TaskOLEDDisplay để đồng bộ với dữ liệu cảm biến.
- Yêu cầu điều khiển Relay (4) dựa trên ngưỡng dẫn đến so sánh toán học trong TaskSoilMoistureSensor, sử dụng digitalWrite để bật/tắt.
- Yêu cầu cảnh báo Buzzer (5) khi vượt ngưỡng hoặc lỗi yêu cầu kiểm tra điều kiện trong TaskAutoWarning và TaskButton, sử dụng digitalWrite với delay để tạo bíp.
- Yêu cầu xử lý nút nhấn (6) với nhấn ngắn/lâu dẫn đến sử dụng thư viện mybutton.h trong TaskButton, phát hiện debounce 20ms và gọi callback.
- Yêu cầu kết nối WiFi/Blynk (7) với gửi dữ liệu mỗi 1 giây dẫn đến sử dụng WiFi.h và BlynkSimpleEsp32.h, kết nối trong connectSTA, gửi trong TaskBlynk với Blynk.virtualWrite.
- Yêu cầu lưu cấu hình (8) dẫn đến sử dụng EEPROM.h để lưu biến, đọc trong setup().
- Tổng thể, phương pháp sử dụng ESP32 với FreeRTOS đảm bảo đa nhiệm, thư viện Blynk cho giao tiếp từ xa, và AsyncWebServer cho chế độ AP.

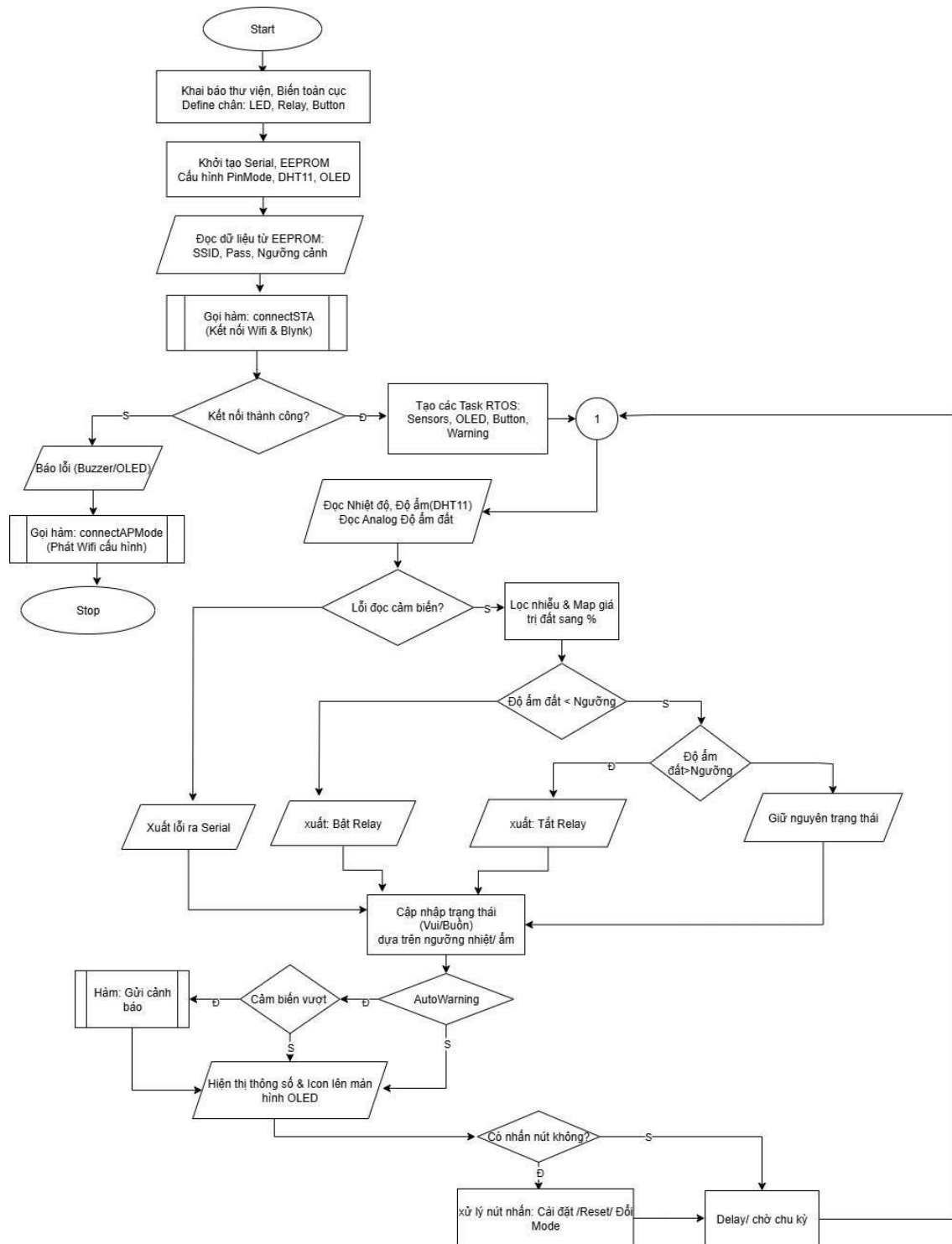
2.3.3. Các phần mềm sử dụng trong việc viết và thực thi chương trình

Arduino IDE:

- Mục đích: Sử dụng để viết, biên dịch, và nạp mã chương trình .ino cho ESP32.
- Phiên bản: Tối thiểu 1.8.19 (hoặc mới hơn) với board ESP32 được cài đặt qua Board Manager.
- Thư viện cần thiết:
 - WiFi.h, WiFiClient.h, BlynkSimpleEsp32.h: Cho kết nối WiFi và Blynk.
 - ESPAsyncWebServer.h, AsyncTCP.h: Cho WebServer và chế độ AP.
 - EEPROM.h: Lưu trữ cấu hình.
 - SPI.h, Wire.h, Adafruit_GFX.h, Adafruit_SH110X.h: Điều khiển OLED.
 - SimpleKalmanFilter.h: Lọc nhiễu cho dữ liệu cảm biến.
 - Arduino_JSON.h: Xử lý dữ liệu JSON trong WebServer.
 - Cài đặt: Cài đặt qua Library Manager trong Arduino IDE hoặc tải thủ công từ GitHub.
- Blynk App:

- Mục đích: Cấu hình giao diện giám sát từ xa trên điện thoại, nhận dữ liệu qua Virtual Pins (V0: temp, V1: humi, V2: soil, V4: autoWarning) và thông báo event.
- Phiên bản: Tải từ Google Play Store hoặc App Store (phiên bản mới nhất tại thời điểm 22/08/2025).
- Cấu hình: Tạo dự án trên Blynk Cloud, lấy Auth Token và cấu hình trong data_config.h.

2.3.4. Lưu đồ giải thuật và giải thích



Hình 2.17. Lưu đồ thuật toán chi tiết

- Hệ thống bắt đầu bằng việc khởi động chương trình, nơi các thư viện cần thiết được khai báo cùng với các biến toàn cục. Các chân kết nối cho LED, Relay và nút nhấn được định nghĩa để chuẩn bị cho quá trình điều khiển phần cứng.

- Tiếp theo, hệ thống tiến hành khởi tạo các thành phần phần cứng như giao tiếp Serial, bộ nhớ EEPROM, cấu hình chế độ chân (PinMode), cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT11, cũng như màn hình OLED để hiển thị thông tin.
- Sau khi phần cứng được khởi tạo, hệ thống đọc dữ liệu từ EEPROM, bao gồm tên mạng Wi-Fi (SSID), mật khẩu truy cập (Pass), và ngưỡng cảnh báo độ ẩm đất. Những thông tin này rất quan trọng để thiết lập kết nối mạng và cấu hình cảnh báo.
- Hệ thống sau đó gọi hàm connectSTA để kết nối với mạng Wi-Fi và nền tảng Blynk. Đây là bước thiết yếu để đảm bảo hệ thống có thể truyền dữ liệu và nhận lệnh điều khiển từ xa.
- Nếu kết nối Wi-Fi không thành công, hệ thống sẽ phát tín hiệu lỗi thông qua buzzer hoặc màn hình OLED. Sau đó, nó chuyển sang chế độ cấu hình mạng (AP Mode), phát Wi-Fi riêng để người dùng có thể cấu hình lại, và dừng hoạt động chính.
- Ngược lại, nếu kết nối thành công, hệ thống sẽ tạo các tác vụ RTOS bao gồm: đọc dữ liệu cảm biến, cập nhật màn hình OLED, xử lý nút nhấn, và kiểm tra cảnh báo. Việc phân chia tác vụ giúp hệ thống hoạt động đa luồng hiệu quả.
- Trong quá trình vận hành, hệ thống liên tục đọc dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm không khí từ cảm biến DHT11, đồng thời lấy tín hiệu analog từ cảm biến độ ẩm đất để đánh giá tình trạng đất.
- Nếu xảy ra lỗi khi đọc dữ liệu từ cảm biến, hệ thống sẽ phát cảnh báo để người dùng biết và có thể kiểm tra phần cứng. Nếu không có lỗi, dữ liệu độ ẩm đất sẽ được lọc nhiễu và chuyển đổi sang giá trị phần trăm để dễ theo dõi.
- Hệ thống so sánh độ ẩm đất với ngưỡng đã thiết lập. Nếu độ ẩm thấp hơn ngưỡng, hệ thống sẽ ghi log ra Serial và bật Relay để kích hoạt hệ thống tưới nước nhằm cải thiện độ ẩm.
- Nếu độ ẩm đất cao hơn ngưỡng, hệ thống sẽ ghi log ra Serial và tắt Relay để ngừng tưới nước, tránh tình trạng dư thừa. Nếu độ ẩm nằm trong khoảng an toàn, hệ thống giữ nguyên trạng thái hiện tại của Relay.

- Dữ liệu trạng thái cảm biến và thiết bị sẽ được cập nhật lên nền tảng Web hoặc Blynk, giúp người dùng theo dõi từ xa. Việc cập nhật này dựa trên ngưỡng nhiệt độ và độ ẩm đã cấu hình.
- Hệ thống cũng gọi hàm gửi cảnh báo nếu phát hiện các thông số vượt ngưỡng cho phép. Đây là cơ chế bảo vệ nhằm thông báo sớm cho người dùng về các điều kiện bất thường.
- Khi cảm biến phát hiện giá trị vượt ngưỡng, hệ thống sẽ tự động kích hoạt cảnh báo (AutoWarning) để đảm bảo phản ứng kịp thời mà không cần sự can thiệp của người dùng.
- Thông số môi trường và các biểu tượng trạng thái sẽ được hiển thị trực quan trên màn hình OLED, giúp người dùng dễ dàng theo dõi tình hình hiện tại của hệ thống.
- Cuối cùng, hệ thống kiểm tra xem người dùng có nhấn nút không. Nếu có, nó sẽ xử lý các thao tác như cài đặt lại thông số, reset hệ thống hoặc chuyển đổi chế độ hoạt động. Nếu không có thao tác nào, hệ thống sẽ tạm dừng và chờ đến chu kỳ tiếp theo để tiếp tục hoạt động.

CHƯƠNG 3. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. KẾT QUẢ THỰC HIỆN

Thiết bị:



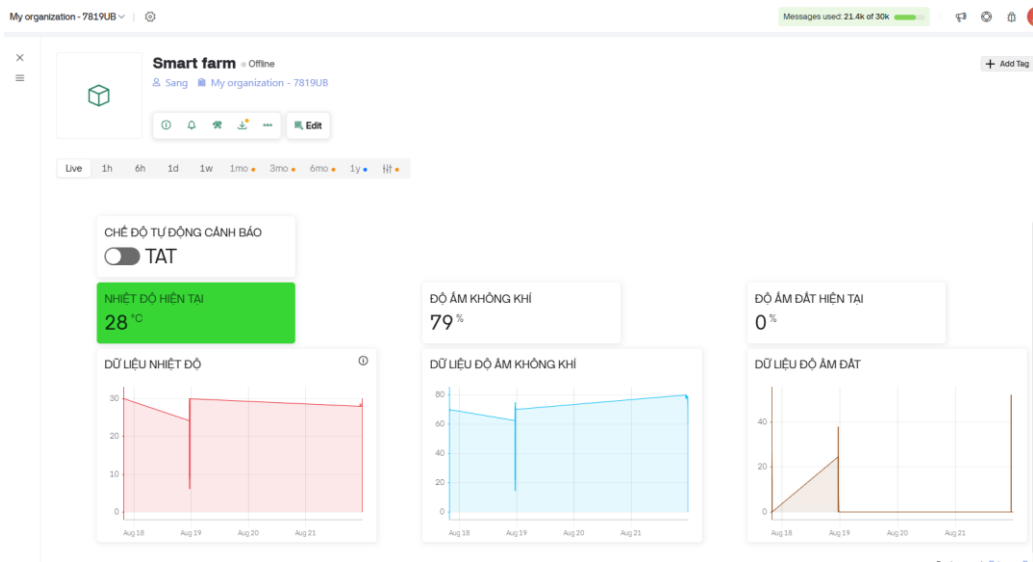
Hình 3.1. Sơ đồ kết nối linh kiện

- ESP32 DevKit V1: Bộ vi điều khiển chính, tích hợp WiFi và GPIO.
- Cảm biến DHT11: Đo nhiệt độ và độ ẩm không khí, kết nối qua GPIO 26.
- Cảm biến độ ẩm đất: Cảm biến analog, kết nối qua GPIO 39.
- Màn hình OLED SH110x: Hiển thị dữ liệu, sử dụng giao thức I2C (SDA: GPIO 21, SCL: GPIO 22, địa chỉ 0x3C).
- Relay Module: Điều khiển máy bơm mini, kết nối qua GPIO 25.

- Máy bơm mini: Nguồn cấp từ Relay, dùng để tưới nước tự động.
- Buzzer: Cảnh báo, kết nối qua GPIO 2.
- LED: Báo hiệu trạng thái, kết nối qua GPIO 33.
- Nút nhấn: 3 nút (SET: GPIO 32, UP: GPIO 35, DOWN: GPIO 34), sử dụng INPUT_PULLUP.
- 2 nguồn cấp 5V/1A: Cung cấp điện cho ESP32 và máy bơm mini (1 nguồn cho ESP32 qua USB, 1 nguồn cho máy bơm qua Relay).
- Máy tính: Lập trình và giám sát qua Blynk.
- Điện thoại/Android: Cài Blynk App để giám sát từ xa, điều chỉnh thông số qua wifi thông qua địa chỉ IP

Thiết lập Blynk:

- o Mở Blynk App, tạo dự án mới, lấy Auth Token và nhập vào data_config.h.
- o Cấu hình Virtual Pins (V0: temp, V1: humi, V2: soil, V4: autoWarning) để hiển thị dữ liệu và nhận thông báo.



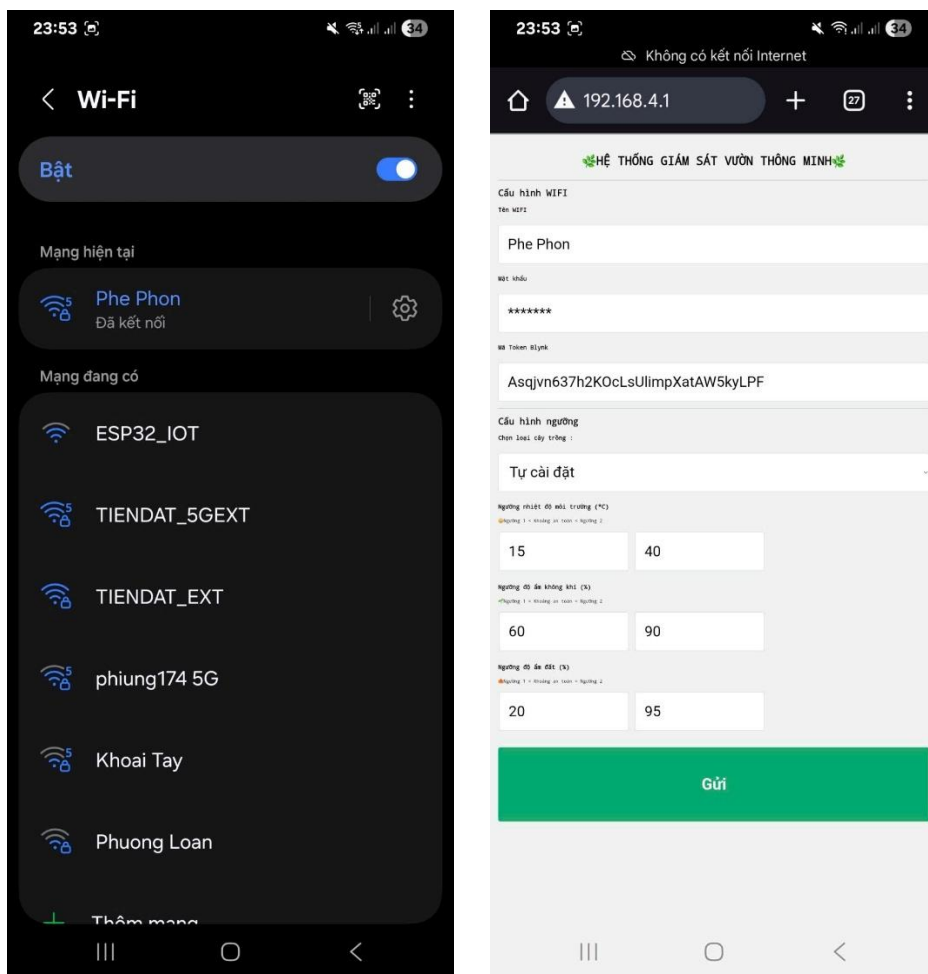
Hình 3.2. Giao diện điều khiển



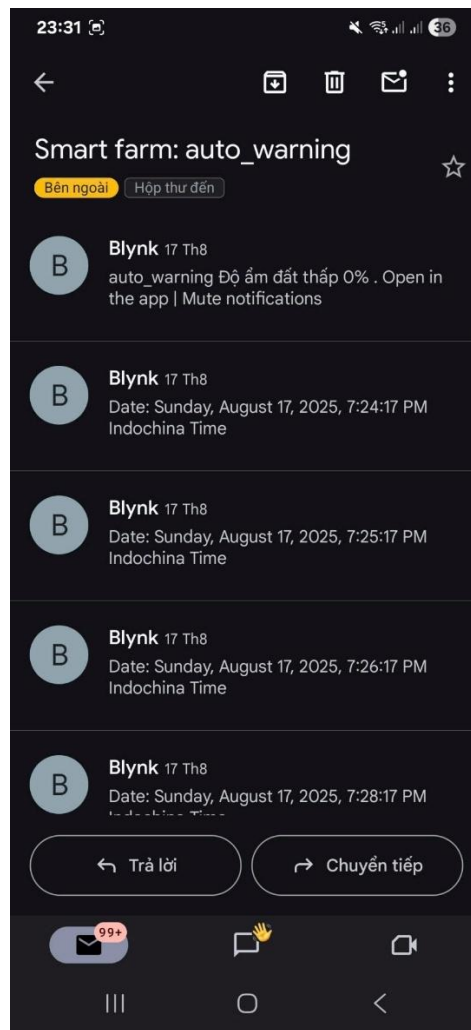
Hình 3.3. Blynk IoT trên android

Sau khi cài đặt Blynk xong chúng ta sẽ cấu hình wifi qua wifi ESP32_IOT và đi tới địa chỉ IP là 192.168.4.1 và sử dụng token đã lấy từ Blynk sau khi cài đặt

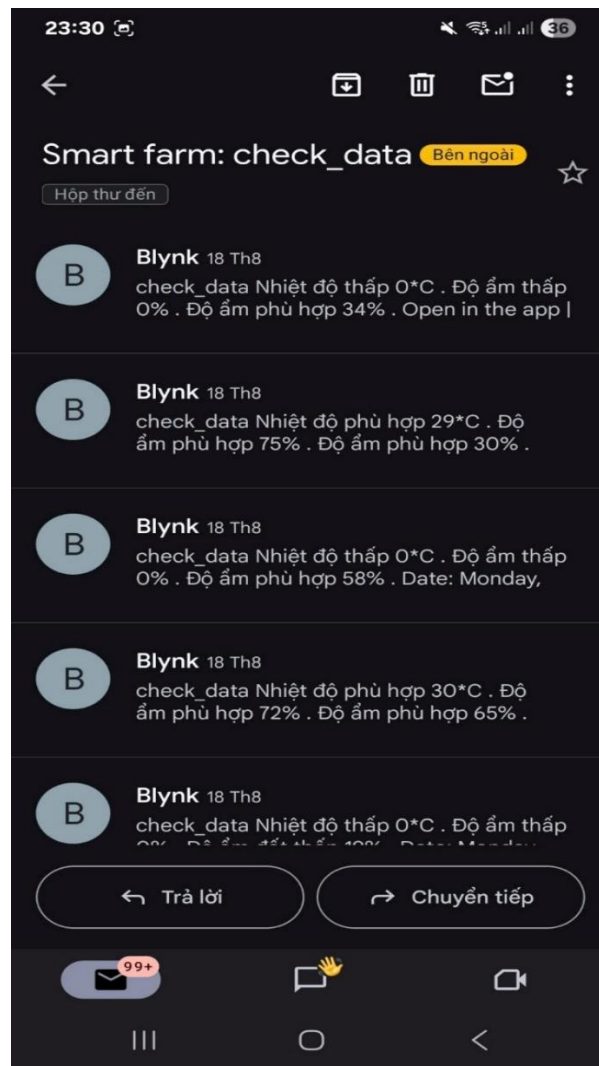
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "Asqjvn637h2KOcLsUlimpXatAW5kyPF"
như hình dưới đây:



Hình 3.4. Cấu hình WIFI cho mạch điều khiển



Hình 3.5. Tờ động gửi cảnh báo từ Blynk về email khi bật chế độ tự động cảnh báo



Hình 3.6. Gửi dữ liệu hiện tại về email khi ấn nút kiểm tra trên Blynk

Nhân xét: Thiết lập Blynk thành công đạt được mục tiêu đề ra, dữ liệu sẽ được cập nhật chính xác 24/24

Bảng số liệu đo đạc

Lần đo	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm không khí (%)	Độ ẩm đất (%)	Trạng thái Relay/Máy bơm	Trạng thái Buzzer	Ghi chú Blynk
Lần 1	28.4	79	0	Bật (Máy bơm ON)	Bật (2s)	"Độ ẩm đất thấp 0%, Độ ẩm không khí cao 79%"
Lần 2	28.2	79	51	Tắt(Máy bơm OFF)	Bật (2s)	"Độ ẩm không khí cao 79%"
Lần 3	28.5	79	50	Tắt (Máy bơm OFF)	Bật (2s)	"Độ ẩm không khí cao 79%"
Lần 4	28.4	79	50	Tắt (Máy bơm OFF)	Bật (2s)	"Độ ẩm không khí cao 79%"

- Ghi chú:**

- Độ ẩm đất 0% ở lần 1 do cảm biến chưa được ghim vào đất, dẫn đến giá trị là 0%.



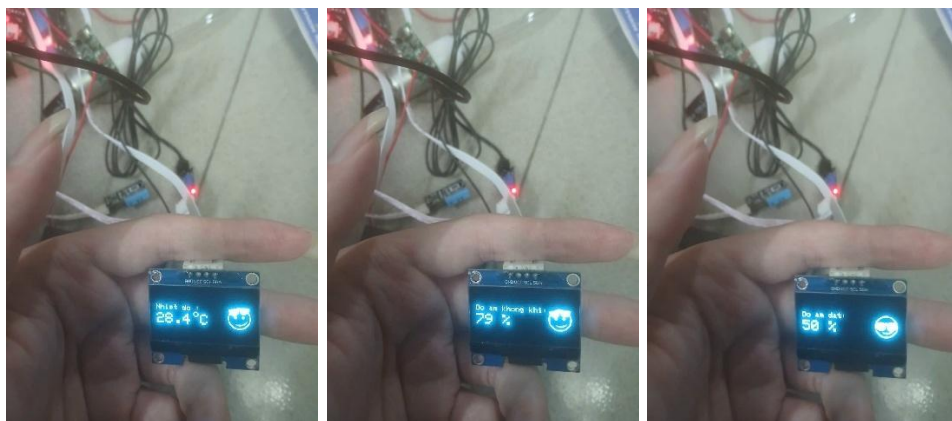
Hình 3.7. Kết quả đo đạc lần 1 (chưa cắm cảm biến độ ẩm đất vào đất)



Hình 3.8. Kết quả đo đạc lần 2



Hình 3.9. Kết quả đo đạc lần 3



Hình 3.10. Kết quả đo đạc lần 4

3.2. Nhận xét và phân tích về kết quả thu được

3.2.1. Nhận xét

- **Lần 1:**
 - Nhiệt độ 28.4°C nằm trong ngưỡng an toàn (20-40°C).
 - Độ ẩm không khí 79% vượt ngưỡng cao nhất (70%), kích hoạt cảnh báo Buzzer 2s.
 - Độ ẩm đất 0% do cảm biến chưa được ghim vào đất, dẫn đến Relay bật máy bơm và Blynk gửi cảnh báo "Độ ẩm đất thấp 0%".
- **Lần 2-4:**
 - Nhiệt độ (28.2-28.5°C) ổn định, trong ngưỡng an toàn.
 - Độ ẩm không khí 79% vượt ngưỡng 70% ở mọi lần, gây kích hoạt Buzzer 2s.
 - Độ ẩm đất (50-51%) nằm trong ngưỡng an toàn (20-60%), Relay tắt, máy bơm không hoạt động, nhưng Blynk vẫn ghi nhận "Độ ẩm không khí cao 79%" do vượt ngưỡng độ ẩm không khí.
- **Độ ổn định:** Nhiệt độ dao động nhỏ (0.3°C), độ ẩm đất ổn định (50-51%) sau khi cắm cảm biến, cho thấy hệ thống phản hồi tốt sau khi khắc phục lỗi lần 1.

3.2.2. Phân tích

- **Độ chính xác:** Dữ liệu từ lần 2-4 ổn định, độ lệch <1% độ ẩm đất, chứng tỏ cảm biến và bộ lọc Kalman hoạt động hiệu quả sau khi ghim vào đất. Lần 1 cho thấy cần kiểm tra kỹ kết nối cảm biến trước khi đo.

- **Hiệu quả điều khiển:**
 - Máy bơm bật đúng khi độ ẩm đất 0% (lần 1), nhưng tắt khi độ ẩm đất đạt 50-51% (lần 2-4), phù hợp với ngưỡng 20-60%.
 - Buzzer phản hồi chính xác khi độ ẩm không khí vượt 70%, dù nhiệt độ vẫn an toàn.
- **Giao tiếp Blynk:** Thông báo realtime (1s) phản ánh đúng trạng thái, nhưng chỉ nhấn mạnh độ ẩm không khí cao ở lần 2-4, có thể cần điều chỉnh logic để ưu tiên cảnh báo độ ẩm đất.
- **Hạn chế:**
 - Độ ẩm không khí 79% cố định có thể do môi trường thử nghiệm quá ẩm, cần thử nghiệm với độ ẩm thấp (<40%) để kiểm tra toàn diện.
 - Chưa thử nghiệm nhiệt độ vượt 40°C để kiểm tra Buzzer ở điều kiện cực đoan.
 - Nguồn 5V/1A có thể không đủ nếu máy bơm chạy lâu, cần theo dõi dòng điện.

3.2.3. Đánh giá

- Kết quả đạt yêu cầu: Hệ thống giám sát và điều khiển máy bơm hiệu quả sau khi khắc phục lỗi cảm biến, giao tiếp Blynk ổn định, hệ thống thân thiện với người dùng.
- Đề xuất:
 - Kiểm tra môi trường thử nghiệm để giảm độ ẩm không khí xuống dưới 70% và thử nhiệt độ >40°C.
 - Sử dụng nguồn 5V/2A nếu máy bơm cần chạy liên tục.
 - Điều chỉnh mã để ưu tiên cảnh báo độ ẩm đất khi vượt ngưỡng.

3.3. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

3.3.1. Kết luận

Sau khi hoàn thành đề tài "Trạm Giám Sát Dữ Liệu Nông Nghiệp Bằng ESP32 Qua Wifi - Smart Farm", sinh viên đã rút ra nhiều bài học quan trọng từ quá trình thiết kế, lập trình và thử nghiệm hệ thống. Kết quả cho thấy hệ thống có khả năng giám sát dữ liệu nông nghiệp (nhiệt độ, độ ẩm không khí, độ ẩm đất) một cách hiệu quả, điều khiển máy bơm mini tự động dựa trên ngưỡng cài đặt, và truyền dữ liệu qua

WiFi tới ứng dụng Blynk. Các số liệu đo đạc (nhiệt độ 28.2-28.5°C, độ ẩm không khí 79%, độ ẩm đất 0-51%) chứng minh hệ thống hoạt động ổn định sau khi khắc phục lỗi cảm biến (lần 1 do chưa cắm vào đất).

Ưu điểm của đề tài bao gồm:

- Hệ thống giám sát dữ liệu nông nghiệp chính xác, với độ lệch nhỏ ($<1^{\circ}\text{C}$, $<2\%$ độ ẩm đất).
- Giao diện OLED với 14 SCREEN trực quan, hỗ trợ tương tác qua nút nhấn.
- Kết nối WiFi linh hoạt, bao gồm chế độ AP, đảm bảo truyền dữ liệu qua mạng.

Khuyết điểm:

Quy mô giới hạn dẫn đến khả năng mở rộng cảm biến hoặc nguồn điện (5V/1A) chưa được tối ưu cho hoạt động liên tục.

So sánh với mục tiêu ban đầu (giả định từ chương 1: xây dựng trạm giám sát dữ liệu nông nghiệp bằng ESP32 qua WiFi, tích hợp cảm biến, điều khiển máy bơm, và giám sát từ xa), đề tài đã đạt được các mục tiêu cơ bản về giám sát và điều khiển trong phạm vi một trạm nhỏ. Tuy nhiên, các hạn chế về quy mô và khả năng thử nghiệm trong điều kiện đa dạng là những điểm cần cải thiện để nâng cao hiệu quả trong tương lai.

3.3.2. Hướng phát triển

Đề tài "Trạm Giám Sát Dữ Liệu Nông Nghiệp Bằng ESP32 Qua Wifi - Smart Farm" có tiềm năng phát triển và ứng dụng rộng rãi trong nông nghiệp thông minh. Dựa trên kết quả hiện tại, các hướng phát triển sau có thể được xem xét:

- Mở rộng cảm biến: Thêm cảm biến ánh sáng, độ pH đất, hoặc mưa để giám sát toàn diện các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến cây trồng.
- Nâng cấp nguồn điện: Sử dụng nguồn 5V/2A hoặc pin sạc, tích hợp tấm pin năng lượng mặt trời để tăng tính bền vững và hỗ trợ máy bơm hoạt động lâu dài.
- Tối ưu hóa phần mềm: Điều chỉnh tần suất đọc DHT11 (hiện 3s) để phản hồi nhanh hơn, và tinh chỉnh logic cảnh báo Blynk để ưu tiên các thông số quan trọng (như độ ẩm đất thấp hơn độ ẩm không khí cao).
- Tích hợp IoT nâng cao: Kết nối nhiều trạm Smart Farm qua nền tảng đám mây, sử dụng MQTT hoặc các giao thức IoT để quản lý tập trung.

Khả năng ứng dụng:

- **Trạm giám sát chất lượng không khí:** Trạm giám sát chất lượng không khí sử dụng ESP32 có thể tích hợp các cảm biến đo nồng độ CO₂, bụi mịn PM2.5/PM10 và các khí độc hại như CO, NO₂, SO₂. Hệ thống này giúp theo dõi chất lượng không khí trong nhà và ngoài trời, đồng thời đưa ra cảnh báo khi mức độ ô nhiễm vượt ngưỡng an toàn. Dữ liệu thu thập được có thể gửi lên nền tảng Blynk hoặc đám mây để hiển thị bản đồ ô nhiễm theo khu vực, hỗ trợ người dân và cơ quan quản lý môi trường đưa ra biện pháp kịp thời.

- **Trạm quan trắc thời tiết:** Một trạm quan trắc thời tiết dựa trên ESP32 có thể bổ sung các cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm, áp suất khí quyển, tốc độ và hướng gió, cũng như lượng mưa. Hệ thống này cung cấp dữ liệu thời tiết cục bộ chính xác, phục vụ cho nông nghiệp, nghiên cứu khí tượng và dự báo thiên tai. Ngoài ra, trạm có thể kết nối với các API thời tiết toàn cầu để so sánh dữ liệu thực tế với dự báo, từ đó nâng cao độ tin cậy và khả năng ứng dụng trong đời sống.

- **Khóa cửa thông minh:** Khóa cửa thông minh sử dụng ESP32 có thể kết hợp với các công nghệ nhận dạng như RFID, cảm biến vân tay hoặc bàn phím số để quản lý việc ra vào. Người dùng có thể mở khóa từ xa qua smartphone, đồng thời hệ thống sẽ gửi cảnh báo khi phát hiện truy cập trái phép. Ngoài ra, khóa cửa thông minh còn có khả năng lưu trữ nhật ký ra vào trên nền tảng IoT, giúp quản lý an ninh hiệu quả cho gia đình, văn phòng hoặc ký túc xá.

- **Trạm giám sát ngập lụt:** Trạm giám sát ngập lụt có thể sử dụng cảm biến mực nước siêu âm, cảm biến dòng chảy và cảm biến mưa để theo dõi tình trạng nước tại sông, hồ hoặc hệ thống thoát nước. Khi mực nước vượt ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ gửi cảnh báo qua SMS hoặc ứng dụng di động để người dân và chính quyền có biện pháp ứng phó kịp thời. Dữ liệu từ trạm cũng có thể tích hợp vào hệ thống cảnh báo cộng đồng, góp phần phòng chống thiên tai và giảm thiểu thiệt hại do ngập lụt gây ra.

Việc phát triển thêm các tính năng và thử nghiệm trong môi trường thực tế sẽ giúp đề tài đóng góp hiệu quả hơn vào xu hướng nông nghiệp thông minh và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] [R. Santos, ESP32 Async Web Server with ESPAsyncWebServer Library, Random Nerd Tutorials, 2020.](#)
- [2] [Blynk Team, Blynk Documentation - IoT Platform for Arduino, ESP32, and Others.](#)
- [3] [Espressif Systems, ESP32-WROOM-32 Datasheet.](#)
- [4] [Adafruit Industries, DHT11/DHT22 Humidity and Temperature Sensor Guide.](#)
- [5] [Aosong Electronics, DHT11 Datasheet.](#)
- [6] [Adafruit Industries, SH110x OLED Display Datasheet and Guide](#)