

THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

VẬN HÀNH SẢN PHẨM

Hệ thống đo môi trường nước vận hành theo các bước chính như sau:

Phần cứng

- Sau khi được cấp nguồn, vi điều khiển **STM32** khởi động và tiến hành đọc dữ liệu từ các cảm biến: nhiệt độ nước, độ pH, chất rắn hòa tan, độ đục, mực nước, nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí.
- Các thông số đo được sẽ được **hiển thị trực tiếp trên màn hình LCD 16x2** giúp người dùng dễ dàng theo dõi tại chỗ và các nút nhấn để điều khiển relay.
- Các giá trị đo được được truyền sang **ESP32** thông qua giao tiếp **UART**.
- **ESP32** kết nối mạng Wi-Fi và thực hiện gửi dữ liệu lên **Firestore Realtime Database** để lưu trữ và xử lý ở phía người dùng.

Phần mềm

- **Giao diện Web** đảm nhận các chức năng chính sau:
 - Hiển thị dữ liệu cảm biến theo thời gian thực.
 - Hiển thị **thông tin dự báo thời tiết** được cập nhật từ dịch vụ bên ngoài.
 - Tích hợp **AI phân tích** bằng cách gửi dữ liệu cảm biến kết hợp với dữ liệu thời tiết đến mô hình AI để phân tích và đưa ra **gợi ý xử lý nước thông minh** (ví dụ: tăng thời gian lọc khi trời nóng, bật sục khí khi nhiệt độ và độ đục cao,...).
 - Điều khiển **relay** theo hai chế độ:
 - **Tự động (Auto)**: Relay được điều khiển dựa trên các ngưỡng mà người dùng cài đặt.
 - **Thủ công (Manual)**: Người dùng trực tiếp chọn trạng thái cho từng relay trên giao diện.
- Hệ thống được thiết kế **tiêu thụ điện năng thấp**, phù hợp vận hành liên tục ngoài trời, đặc biệt trong các ứng dụng nông nghiệp và môi trường.

THỬ NGHIỆM VÀ KIỂM CHỨNG SẢN PHẨM

Để đảm bảo sản phẩm hoạt động đúng chức năng và ổn định, hệ thống đã được tiến hành thử nghiệm với các nội dung sau:

- **Thử nghiệm cảm biến:**
 - Đo kiểm độ chính xác của các cảm biến (pH, nhiệt độ, TDS, độ đục, mực nước) trong các môi trường nước khác nhau.
 - So sánh kết quả đo với thiết bị đo tiêu chuẩn để đánh giá sai số.
- **Thử nghiệm truyền dữ liệu:**
 - Kiểm tra tốc độ và độ ổn định khi truyền dữ liệu từ STM32 sang ESP32 (UART) và từ ESP32 lên Firebase.
 - Mô phỏng mất kết nối Wi-Fi để kiểm tra khả năng hoạt động độc lập.
- **Thử nghiệm điều khiển relay:**
 - Kiểm tra chế độ thủ công và tự động thông qua giao diện web.

- Đảm bảo relay hoạt động đúng theo các ngưỡng thiết lập từ người dùng.
- **Thử nghiệm giao diện web và AI:**
 - Kiểm tra khả năng hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.
 - Thử nghiệm các phản hồi từ mô hình AI để đánh giá mức độ phù hợp với tình trạng môi trường thực tế.
- **Đánh giá độ ổn định tổng thể:**
 - Hệ thống đã được cho hoạt động liên tục trong thời gian 48 giờ và ghi nhận hoạt động ổn định, không phát sinh lỗi nghiêm trọng.

ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM

Ưu điểm:

- Hệ thống tích hợp đầy đủ các tính năng: **đo lường, hiển thị, giám sát từ xa, điều khiển thiết bị, phân tích AI.**
- Giao diện Web được thiết kế thân thiện với người dùng, hỗ trợ đa nền tảng trên cả điện thoại di động và máy tính cá nhân.
- **AI hỗ trợ ra quyết định xử lý nước**, phù hợp với các ứng dụng tự động hóa nông nghiệp.
- Có thể mở rộng thêm các loại cảm biến hoặc điều khiển nhiều thiết bị hơn.
- **Hệ thống hoạt động độc lập**, kể cả khi không có Internet nhờ hiển thị trực tiếp trên LCD và nút nhấn.
- **Tiêu thụ điện năng thấp**, phù hợp dùng với nguồn năng lượng mặt trời.

Hạn chế:

- Phụ thuộc vào kết nối Internet để sử dụng các tính năng nâng cao như AI và dự báo thời tiết.
- AI chỉ đóng vai trò hỗ trợ ra quyết định, chưa đủ tin cậy để thay thế hoàn toàn con người trong các tình huống bất thường hoặc có tính chất khẩn cấp.
- Cần tinh chỉnh lại thuật toán lọc nhiễu để tăng độ chính xác khi môi trường nước bị xáo trộn (ví dụ: khi có dòng chảy mạnh).

ỨNG DỤNG CỦA SẢN PHẨM

Sản phẩm có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như:

- **Nông nghiệp thông minh:** giám sát và xử lý nước cho hệ thống tưới, nuôi trồng thủy sản.
- **Nuôi cá – thủy sản:** cảnh báo chất lượng nước trong ao nuôi, tự động bật sục khí hoặc lọc nước.
- **Giảng dạy và nghiên cứu:** làm mô hình thực hành cho sinh viên về IoT, nhúng, phân tích dữ liệu, AI.

