

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



HỌC PHẦN: PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG IoT

Đề tài tiểu luận
HỆ THỐNG GIÁM SÁT VƯỜN RAU
THỦY CANH BẰNG ESP32

Giảng viên hướng dẫn: Võ Việt Dũng

Huế, tháng 4 năm 2025

LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi đến quý Thầy, Cô Khoa Công nghệ Thông tin – Trường Đại học Khoa học, lời tri ân sâu sắc, đặc biệt là **Thầy Võ Việt Dũng** – giảng viên hướng dẫn đã tận tình chỉ bảo, góp ý và tạo mọi điều kiện thuận lợi để em có thể hoàn thành tiểu luận với đề tài **“Hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32”**.

Dù đã cố gắng hết mình, nhưng do năng lực còn hạn chế và kinh nghiệm thực tiễn chưa nhiều, bài tiểu luận sẽ không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự quan tâm góp ý từ thầy để bài tiểu luận được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

TỪ VIẾT TẮT	NGHĨA ĐẦY ĐỦ
IoT	Internet of Things
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
LCD	Supervisory Control and Data Acquisition
ESP32	Vi điều khiển của hãng Espressif Systems
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
LCD	Màn hình tinh thể lỏng
API	Application Programming Interface
LDR	Light Dependent Resistor

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT.....	2
MỤC LỤC	4
PHẦN1: MỞ ĐẦU	5
1.1 Lý do chọn đề tài.....	5
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	6
1.3 Phương pháp nghiên cứu	6
PHẦN 2: NỘI DUNG	8
2.1 Cảm biến và thiết bị sử dụng.....	8
2.1.1 Cảm biến Ph	8
2.1.2 Cảm biến nhiệt độ	9
2.1.3 Cảm biến ánh sáng (LDR).....	10
2.2 ESP32	12
2.2.1 Tính năng của ESP32	13
2.3 Công nghệ IoT trong giám sát vườn rau thủy canh.....	15
2.3.1 ThingSpeak.....	17
2.3.2 Blynk	18
2.3.3 Telegram.....	18
2.4 Mô phỏng hệ thống bằng Wokwi.....	22
PHẦN 3: KẾT LUẬN	23
3.1 Nhân xét.....	23
3.2 Kiến nghị	24
TÀI LIỆU THAM KHẢO	26

PHẦN 1: MỞ ĐẦU

1.1 Lý do chọn đề tài

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp và công nghệ thông tin, việc áp dụng công nghệ cao trong nông nghiệp đang trở thành xu hướng tất yếu nhằm nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm và đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường. Tại nhiều quốc gia phát triển như Nhật Bản, Anh, Mỹ, các hệ thống canh tác hiện đại đã được ứng dụng phổ biến, trong đó có việc sử dụng công nghệ tự động hóa để quản lý và giám sát môi trường trồng trọt một cách hiệu quả.

Việc áp dụng công nghệ tự động hóa và IoT (Internet of Things) vào nông nghiệp, đặc biệt là các mô hình canh tác như trồng rau thủy canh, không chỉ giúp tiết kiệm công sức mà còn đảm bảo quá trình giám sát, điều khiển chính xác và kịp thời. Các hệ thống giám sát và điều khiển từ xa như SCADA của các tập đoàn hàng đầu như SIEMENS, ABB tuy đem lại hiệu quả cao nhưng lại có chi phí lắp đặt và vận hành rất lớn. Điều này đặt ra nhu cầu nghiên cứu và phát triển các hệ thống giám sát tự động với chi phí hợp lý, dễ triển khai và vận hành.

Cùng với sự phát triển của công nghệ vi điều khiển, các thiết bị như Arduino, Raspberry Pi, ESP32 đã trở nên phổ biến nhờ chi phí thấp, dễ sử dụng và khả năng tích hợp tốt với các cảm biến, thiết bị ngoại vi. Trong số đó, ESP32 nổi bật nhờ khả năng kết nối Wi-Fi và Bluetooth tích hợp, hiệu năng cao và giá thành hợp lý, rất phù hợp cho việc triển khai các hệ thống giám sát từ xa.

Nhận thấy tiềm năng của việc áp dụng IoT trong canh tác thủy canh, đề tài **“Hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32”** được thực hiện nhằm xây dựng một hệ thống giám sát tự động, có khả năng thu thập, hiển thị và truyền tải dữ liệu cảm biến theo thời gian thực. Đồng thời, đề tài còn hướng đến việc tích hợp hệ thống với các nền tảng IoT như ThingSpeak, Blynk và Telegram, nhằm cung cấp giải pháp quản lý và điều khiển từ xa hiệu quả, linh hoạt. Việc nghiên cứu và triển khai đề tài không chỉ mang ý nghĩa khoa học mà còn có tiềm năng ứng dụng thực tiễn cao trong lĩnh vực nông nghiệp thông minh. Việc nghiên cứu và phát triển đề tài này không chỉ có ý nghĩa khoa học mà còn mang lại giá trị thực tiễn cao, góp phần thúc đẩy ứng dụng công nghệ IoT trong

nông nghiệp hiện đại, đáp ứng nhu cầu ngày càng khắt khe của người tiêu dùng về thực phẩm sạch, an toàn và chất lượng.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung: Mục tiêu của đề tài là tạo ra một hệ thống giám sát vườn rau thủy canh thông minh, chi phí thấp, dễ triển khai và phù hợp với các quy mô canh tác từ nhỏ đến vừa, góp phần thúc đẩy ứng dụng công nghệ cao vào lĩnh vực nông nghiệp hiện đại.

Mục tiêu cụ thể:

Thứ nhất, xây dựng hệ thống giám sát tự động cho vườn rau thủy canh sử dụng vi điều khiển ESP32, có khả năng thu thập và truyền tải dữ liệu theo thời gian thực.

Thứ hai, theo dõi và ghi nhận các thông số quan trọng của môi trường thủy canh bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ dinh dưỡng, pH, ánh sáng.

Thứ ba, cung cấp giải pháp điều khiển từ xa qua kết nối Wi-Fi bằng các thiết bị thông minh như điện thoại hoặc máy tính, giúp người sử dụng có thể theo dõi và điều chỉnh các thông số môi trường một cách dễ dàng và hiệu quả.

1.3 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập tài liệu: Được áp dụng nhằm xây dựng nền tảng lý thuyết vững chắc. Quá trình này bao gồm việc tìm hiểu các tài liệu chuyên ngành liên quan đến công nghệ thủy canh, các thông số cần giám sát (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, nồng độ dinh dưỡng, pH) và nguyên lý hoạt động của vi điều khiển ESP32. Đồng thời, các giao thức truyền thông không dây (Wi-Fi, Bluetooth) cùng các nền tảng IoT phổ biến cũng được nghiên cứu kỹ lưỡng để đảm bảo tích hợp hiệu quả với hệ thống. Ngoài ra, việc tham khảo các nghiên cứu và mô hình tương tự đã triển khai thành công trong và ngoài nước giúp xây dựng hướng đi phù hợp cho đề tài.

Phương pháp thiết kế và xây dựng hệ thống: Được tiến hành thông qua các bước phân tích yêu cầu, lựa chọn phần cứng phù hợp, thiết kế mạch điện và lập trình vi điều khiển. Cụ thể, đề tài lựa chọn các thiết bị như ESP32, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, pH, nồng độ dinh dưỡng để tạo nên hệ thống giám sát hoàn chỉnh. Sau khi hoàn

tất lắp đặt phần cứng, chương trình được viết để ESP32 thu thập, xử lý dữ liệu từ các cảm biến và truyền tải thông tin đến các thiết bị đầu cuối (máy tính, điện thoại) thông qua kết nối Wi-Fi.

Phương pháp kiểm thử và đánh giá: Được áp dụng nhằm đảm bảo tính ổn định và hiệu quả của hệ thống. Hệ thống sẽ được kiểm thử trước tiên trong môi trường mô phỏng, sau đó triển khai trong môi trường thực tế tại vườn rau thủy canh. Các thông số thu thập được sẽ được phân tích và so sánh với các tiêu chuẩn đã đặt ra, đánh giá độ chính xác, độ trễ và hiệu suất của hệ thống. Từ những dữ liệu thu thập được, đề tài tiến hành tổng hợp kết quả, rút ra ưu điểm, hạn chế và đề xuất các hướng cải tiến nhằm hoàn thiện mô hình trong tương lai.

PHẦN 2: NỘI DUNG

2.1 Cảm biến và thiết bị sử dụng

Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh, việc thu thập và xử lý dữ liệu chính xác từ môi trường đóng vai trò cốt lõi nhằm đảm bảo cây trồng phát triển trong điều kiện tối ưu. Để đạt được điều này, hệ thống cần tích hợp các cảm biến chuyên dụng để theo dõi các thông số quan trọng như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, pH và nồng độ dinh dưỡng. Đồng thời, vi điều khiển ESP32 được sử dụng làm trung tâm điều khiển, đảm nhận nhiệm vụ tiếp nhận dữ liệu từ các cảm biến, xử lý và truyền tải thông tin đến thiết bị đầu cuối qua mạng Wi-Fi.

Việc lựa chọn cảm biến và thiết bị phù hợp không chỉ ảnh hưởng đến tính chính xác của dữ liệu, mà còn quyết định đến tính ổn định, độ bền và chi phí của toàn bộ hệ thống. Vì vậy, cần có sự phân tích chi tiết từng loại cảm biến và thiết bị để đảm bảo chúng đáp ứng được các yêu cầu đặt ra của hệ thống giám sát vườn rau thủy canh.

2.1.1 Cảm biến Ph

Trong môi trường thủy canh, độ pH ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hấp thụ dinh dưỡng của cây. Nếu pH quá thấp (môi trường axit) hoặc quá cao (môi trường kiềm), cây sẽ không thể hấp thụ được các khoáng chất thiết yếu như nitơ, kali, photpho... dẫn đến còi cọc, thậm chí chết cây. Khoảng pH tối ưu cho hầu hết các loại rau thủy canh là 5.5 – 6.5. Do đó, việc giám sát và điều chỉnh độ pH một cách liên tục, chính xác là điều kiện tiên quyết để đảm bảo chất lượng vườn rau.

Cảm biến pH là thiết bị dùng để đo độ pH của dung dịch dinh dưỡng trong hệ thống thủy canh. Việc duy trì độ pH ở mức thích hợp là yếu tố quan trọng để cây trồng có thể hấp thụ dinh dưỡng hiệu quả. Trong hệ thống này, thường sử dụng cảm biến pH analog, có khả năng đo độ pH của dung dịch trong khoảng 0 - 14, với ngõ ra là tín hiệu điện áp tương tự (analog) mà vi điều khiển có thể đọc và xử lý.

Cảm biến pH gồm một điện cực thủy tinh chứa đầy dung dịch đệm, được ngâm trong dung dịch cần đo. Khi nhúng điện cực vào dung dịch, một điện thế điện hóa được

tạo ra giữa dung dịch bên trong điện cực và dung dịch bên ngoài. Điện thế này thay đổi theo nồng độ ion H^+ trong dung dịch, từ đó suy ra giá trị pH. Tín hiệu điện thế này được chuyển đổi thành tín hiệu điện áp thông qua mạch khuếch đại, sau đó truyền tới ESP32 để xử lý và tính toán ra giá trị pH chính xác.

Cảm biến pH hoạt động dựa trên nguyên lý điện hóa, sử dụng một điện cực thủy tinh nhạy cảm với ion hydro (H^+) có trong dung dịch. Khi đầu dò tiếp xúc với dung dịch cần đo, nó tạo ra một hiệu điện thế tỷ lệ với nồng độ ion H^+ trong môi trường. Hiệu điện thế này chính là tín hiệu analog đầu ra – thường nằm trong khoảng 0 đến 3V – và được gửi đến vi điều khiển như ESP32 thông qua chân ADC (analog-to-digital converter). Tuy nhiên, để tín hiệu đo được chính xác, cảm biến cần được hiệu chuẩn định kỳ bằng các dung dịch chuẩn có giá trị pH cố định (ví dụ: pH 4.0, pH 6.86, pH 9.18). Thông qua quá trình hiệu chuẩn này, hệ thống xác lập được mối tương quan giữa điện áp đầu ra và giá trị pH thực tế, từ đó chuyển đổi chính xác các giá trị đo được trong quá trình hoạt động. Chính nhờ nguyên lý hoạt động tinh tế này mà cảm biến pH trở thành công cụ quan trọng trong việc giám sát và kiểm soát chất lượng dung dịch dinh dưỡng trong hệ thống thủy canh hiện đại.

Cảm biến pH có nhiều ưu điểm nổi bật như khả năng đo lường chính xác với sai số nhỏ, phù hợp với các ứng dụng thủy canh yêu cầu độ chính xác cao. Bên cạnh đó, cảm biến còn cho phép theo dõi độ pH liên tục theo thời gian thực mà không cần can thiệp thủ công, giúp người dùng dễ dàng giám sát tình trạng dinh dưỡng của hệ thống. Đặc biệt, cảm biến pH có thể tích hợp dễ dàng với vi điều khiển ESP32 thông qua ngõ vào analog, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thu thập và xử lý dữ liệu. Tuy nhiên, cảm biến pH cũng tồn tại một số hạn chế nhất định. Để đảm bảo độ chính xác cao, thiết bị cần được hiệu chuẩn thường xuyên bằng các dung dịch chuẩn pH (như pH 4, pH 7, pH 10). Ngoài ra, đầu dò của cảm biến có tuổi thọ hạn chế, dễ bị mài mòn hoặc hư hỏng khi sử dụng lâu dài, đặc biệt trong môi trường có nồng độ axit hoặc kiềm quá cao. Hơn nữa, tín hiệu analog từ cảm biến dễ bị nhiễu bởi các yếu tố điện từ hoặc các thiết bị khác trong hệ thống, gây ảnh hưởng đến độ chính xác của dữ liệu đo lường.

2.1.2 Cảm biến nhiệt độ

Nhiệt độ của dung dịch thủy canh ảnh hưởng trực tiếp đến sự hấp thu dinh dưỡng, quá trình quang hợp và tốc độ sinh trưởng của cây trồng. Nếu nhiệt độ quá thấp, rễ cây sẽ hoạt động kém; nếu quá cao, vi sinh vật có hại dễ phát triển, gây ra hiện tượng úng rễ, thối thân. Vì thế, việc theo dõi và duy trì nhiệt độ ổn định (thường trong khoảng 18 – 26°C) là yếu tố quan trọng trong quản lý hệ thống thủy canh hiệu quả.

Loại cảm biến được sử dụng phổ biến và phù hợp là DS18B20 – một cảm biến nhiệt độ kỹ thuật số có độ chính xác cao, dễ kết nối và có khả năng chống nước, rất phù hợp với môi trường thủy canh. Cảm biến nhiệt độ DS18B20 là một loại cảm biến kỹ thuật số phổ biến, được sử dụng để đo nhiệt độ trong các hệ thống thủy canh. Cảm biến này hoạt động dựa trên nguyên lý nhiệt điện trở, cho phép chuyển đổi tín hiệu nhiệt độ thành tín hiệu số để truyền đến vi điều khiển ESP32. DS18B20 có khả năng đo nhiệt độ trong khoảng -55°C đến +125°C với độ chính xác cao ($\pm 0.5^\circ\text{C}$ trong khoảng -10°C đến +85°C).

Cảm biến nhiệt độ DS18B20 hoạt động dựa trên hiện tượng điện trở của vật liệu bán dẫn thay đổi theo nhiệt độ. Khi cảm biến tiếp xúc với môi trường, phân tử cảm biến bên trong sẽ ghi nhận sự biến đổi nhiệt độ và chuyển đổi giá trị này thành tín hiệu số. Nhờ được tích hợp sẵn bộ xử lý, DS18B20 có khả năng xuất trực tiếp giá trị nhiệt độ thông qua giao tiếp 1-Wire – một phương thức truyền thông cho phép truyền cả dữ liệu và xung đồng hồ chỉ bằng một dây tín hiệu duy nhất. Mỗi cảm biến DS18B20 đều có địa chỉ định danh duy nhất (Unique ID), cho phép nhiều cảm biến hoạt động đồng thời trên cùng một bus mà không bị trùng lặp hay nhiễu tín hiệu. Khi kết nối với vi điều khiển như ESP32, cảm biến gửi giá trị nhiệt độ dưới dạng số, giúp xử lý dễ dàng và chính xác mà không cần chuyển đổi từ tín hiệu analog như các loại cảm biến truyền thống. Ngoài ra, DS18B20 còn có khả năng chống nước, rất phù hợp để đo nhiệt độ trong môi trường dung dịch thủy canh.

Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh sử dụng vi điều khiển ESP32, cảm biến nhiệt độ DS18B20 giữ vai trò then chốt trong việc theo dõi và kiểm soát nhiệt độ môi trường – bao gồm cả dung dịch dinh dưỡng và không khí xung quanh. Đây là hai yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hấp thu khoáng chất, hô hấp và quang hợp của cây trồng. Việc duy trì mức nhiệt độ ổn định, lý tưởng (thường dao động trong khoảng 18 – 26°C) là điều kiện tiên quyết để đảm bảo cây sinh trưởng đều, năng suất cao, hạn chế sâu bệnh phát sinh do biến động môi trường.

Cảm biến DS18B20 sẽ liên tục đo đặc nhiệt độ và gửi dữ liệu về vi điều khiển ESP32 thông qua giao tiếp kỹ thuật số. Từ đó, vi điều khiển có thể hiển thị thông tin nhiệt độ lên màn hình LCD, gửi dữ liệu lên nền tảng IoT qua Wi-Fi để người dùng giám sát từ xa, hoặc tích hợp với các thuật toán ra quyết định tự động. Khi nhiệt độ vượt ngưỡng cho phép – dù là cao hơn hay thấp hơn – hệ thống sẽ chủ động điều khiển các thiết bị như quạt làm mát, máy sưởi, bơm nước tuần hoàn hay rèm che nắng, nhằm nhanh chóng đưa môi trường trở về trạng thái cân bằng. Nhờ đó, người trồng có thể yên tâm kiểm soát vi khí hậu trong khu vực canh tác, giảm thiểu rủi ro và nâng cao hiệu quả sản xuất một cách thông minh và bền vững.

2.1.3 Cảm biến ánh sáng (LDR)

Trong mô hình vườn rau thủy canh, ánh sáng là yếu tố thiết yếu không thể thiếu trong quá trình quang hợp – nguồn năng lượng sống còn giúp cây phát triển, phân chia tế bào, tổng hợp chất diệp lục và tạo ra năng suất. Việc kiểm soát được cường độ ánh sáng không những ảnh hưởng đến chất lượng nông sản, mà còn là tiêu chí để hướng đến mô hình nông nghiệp chính xác (precision agriculture).

Cảm biến ánh sáng LDR (Light Dependent Resistor) là một linh kiện có cấu tạo đơn giản nhưng hiệu quả cao, hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi điện trở khi tiếp xúc với ánh sáng. Cụ thể, LDR sử dụng một chất bán dẫn nhạy sáng, thường là cadmium sulfide (CdS), có điện trở giảm mạnh khi ánh sáng tăng. Điều này cho phép cảm biến phản ứng nhanh chóng trước sự thay đổi của ánh sáng tự nhiên. Tín hiệu đầu ra là điện áp analog, có thể dễ dàng thu thập bởi ESP32 thông qua chân ADC (Analog to Digital Converter). Nhờ đó, hệ thống có thể xác định được mức độ sáng hiện tại một cách liên tục và chính xác.

Về mặt ứng dụng, khi mức ánh sáng xuống dưới một ngưỡng định trước – chẳng hạn như vào buổi chiều tối hoặc ngày nhiều mây – ESP32 sẽ lập tức đưa ra tín hiệu điều khiển để bật đèn LED nông nghiệp, đảm bảo cây trồng vẫn nhận được ánh sáng đầy đủ cho nhu cầu quang hợp. Ngược lại, khi ánh sáng vượt quá mức cần thiết (ví dụ ánh nắng gay gắt giữa trưa hè), hệ thống cũng có thể điều khiển rèm che hoặc lớp phủ phản quang để tránh hiện tượng cháy lá hoặc làm tăng nhiệt độ môi trường.

Ngoài ra, dữ liệu ánh sáng thu thập được còn có thể gửi lên nền tảng IoT (như Firebase hoặc MQTT server) để lưu trữ, phân tích, vẽ biểu đồ ánh sáng theo thời gian – từ đó giúp người trồng ra quyết định cải tiến quy trình chiếu sáng, tối ưu hóa chi phí điện năng, đồng thời đảm bảo chu kỳ sinh học tự nhiên của cây trồng.

Cuối cùng, sự kết hợp giữa LDR và ESP32 trong hệ thống không chỉ dừng lại ở mức độ "tự động hóa đơn thuần", mà còn mở ra tiềm năng tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI), giúp hệ thống học được thói quen chiếu sáng phù hợp với từng loại cây, từng giai đoạn sinh trưởng – một bước đi cần thiết trên con đường hướng đến nông nghiệp thông minh, bền vững và hiện đại hóa nông thôn.

Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32, cảm biến ánh sáng LDR (Light Dependent Resistor) giữ vai trò quan trọng trong việc theo dõi và đánh giá cường độ ánh sáng môi trường – một yếu tố then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình quang hợp và sự sinh trưởng của cây trồng. Cảm biến này giúp hệ thống tự động xác định thời điểm ánh sáng yếu hoặc thiếu hụt, từ đó điều khiển bật đèn chiếu sáng bổ sung nhằm đảm bảo cây luôn được cung cấp đủ quang năng cần thiết. Không chỉ góp phần duy trì chu kỳ phát triển ổn định cho cây, cảm biến LDR còn hỗ trợ tiết kiệm điện năng bằng cách tắt đèn khi ánh sáng tự nhiên đã đủ, qua đó tối ưu hóa chi phí vận hành. Dữ liệu từ LDR cũng có thể được gửi về thiết bị điều khiển trung tâm hoặc ứng dụng giám sát từ xa, giúp người dùng theo dõi điều kiện ánh sáng theo thời gian thực và can thiệp kịp thời khi cần thiết. Với vai trò là “đôi mắt ánh sáng” của hệ thống, cảm biến LDR góp phần nâng cao tính tự động hóa, hiệu quả và bền vững trong mô hình nông nghiệp thủy canh hiện đại.

2.2 ESP32

Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh, **ESP32** chính là trái tim điều khiển, là trung tâm xử lý toàn bộ dữ liệu cảm biến và chỉ đạo hoạt động của các thiết bị ngoại vi. Đây là một vi điều khiển thế hệ mới, được sản xuất bởi hãng Espressif Systems, nổi bật với hai lõi xử lý tốc độ cao, tích hợp sẵn kết nối Wi-Fi và Bluetooth – điều mà trước đây người dùng phải cần đến các module rời mới có được. Khả năng xử lý mạnh mẽ của ESP32, kết hợp với dung lượng bộ nhớ ổn định, giúp nó dễ dàng đảm nhiệm cùng lúc

nhiều tác vụ như thu thập dữ liệu, xử lý tín hiệu, ra quyết định điều khiển, và truyền tải thông tin đến hệ thống giám sát từ xa.

ESP32 không chỉ đóng vai trò đơn thuần như một thiết bị đọc dữ liệu, mà còn như một "bộ não" đưa ra quyết định dựa trên các ngưỡng giá trị cài đặt sẵn. Ví dụ, khi cảm biến nhiệt độ DS18B20 phát hiện nhiệt độ vượt ngưỡng cho phép, ESP32 có thể tự động bật quạt làm mát hoặc cảnh báo người dùng. Tương tự, khi cảm biến ánh sáng LDR phát hiện mức sáng yếu, hệ thống sẽ bật đèn để duy trì điều kiện quang hợp cho cây. Các dữ liệu từ cảm biến pH, ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm... đều được ESP32 tiếp nhận và xử lý một cách nhanh chóng, chính xác, rồi truyền về máy chủ qua Wi-Fi hoặc cập nhật lên các nền tảng IoT như ThingSpeak, Firebase hoặc Blynk, để người dùng có thể theo dõi tình trạng vườn rau từ xa trên điện thoại hoặc máy tính.

Một ưu điểm nổi bật nữa của ESP32 là khả năng mở rộng rất linh hoạt. Tùy theo mục tiêu nghiên cứu hoặc sản xuất, người dùng có thể kết nối thêm các thiết bị như màn hình OLED để hiển thị dữ liệu tại chỗ, module SD để lưu trữ thông tin cảm biến, thậm chí cả camera ESP32-CAM để ghi hình toàn cảnh vườn rau. Với khả năng giao tiếp qua nhiều giao thức như I2C, SPI, UART, ADC... ESP32 có thể kết nối gần như mọi loại cảm biến hiện nay trên thị trường, mở rộng tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, không chỉ trong thủy canh mà cả nông nghiệp nhà lưới, nuôi trồng thủy sản và hệ thống cảnh báo môi trường.

ESP32 cũng là lựa chọn lý tưởng về mặt kinh tế. Giá thành rẻ, dễ mua, dễ lập trình trên nền Arduino IDE hoặc PlatformIO, cộng đồng hỗ trợ đông đảo – tất cả đã biến ESP32 thành cánh tay phải đắc lực cho các kỹ sư, sinh viên, nhà phát triển và cả nông dân đang chuyển mình sang mô hình canh tác thông minh. Tuy nhiên, không thể phủ nhận rằng ESP32 vẫn còn một số hạn chế nhất định như độ bền khi hoạt động trong môi trường ẩm ướt kéo dài, hay việc sử dụng đồng thời Wi-Fi và Bluetooth đôi khi làm giảm số chân GPIO khả dụng. Song với cách thiết kế hệ thống hợp lý và có thêm bo mạch bảo vệ, các vấn đề này hoàn toàn có thể khắc phục.

2.2.1 Tính năng của ESP32

ESP32 là một vi điều khiển có hiệu năng cao, tích hợp đa dạng các tính năng mạnh mẽ trong một kích thước nhỏ gọn. Tính năng đầu tiên phải kể đến là khả năng xử lý vượt trội nhờ cấu trúc hai lõi (dual-core) chạy trên nền vi xử lý Xtensa LX6 với xung nhịp có thể lên đến 240 MHz, cùng với bộ nhớ SRAM lên đến 520 KB và flash từ 4 MB trở lên, cho phép nó thực hiện đồng thời nhiều tác vụ mà vẫn đảm bảo sự ổn định và tốc độ phản hồi. Thứ hai, ESP32 sở hữu khả năng kết nối không dây linh hoạt, bao gồm Wi-Fi 802.11 b/g/n và Bluetooth v4.2 BR/EDR & BLE. Việc tích hợp sẵn Wi-Fi giúp giảm chi phí cho hệ thống, đồng thời giúp vi điều khiển này có thể kết nối trực tiếp đến các máy chủ đám mây, mạng cục bộ hoặc giao tiếp qua các giao thức như MQTT, HTTP, WebSocket,... Một điểm đáng chú ý nữa là ESP32 có đến 34 chân GPIO, hỗ trợ hầu hết các giao thức truyền thông phổ biến như UART, SPI, I2C, PWM, ADC và DAC. Điều này giúp nó dễ dàng tương thích với nhiều loại cảm biến và module mở rộng. Ngoài ra, ESP32 còn hỗ trợ đo điện áp analog với độ phân giải 12 bit, rất phù hợp để xử lý tín hiệu từ các cảm biến môi trường như pH, ánh sáng, độ ẩm,... Cuối cùng, ESP32 có tính năng tiết kiệm năng lượng vượt trội, hỗ trợ nhiều chế độ ngủ (Deep Sleep, Light Sleep), giúp kéo dài tuổi thọ pin khi dùng trong các thiết bị hoạt động ngoài trời hoặc không có nguồn điện liên tục.

Khi được ứng dụng trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh, các tính năng kỹ thuật của ESP32 trở nên thiết thực và phát huy rõ rệt giá trị của chúng. Với vai trò là bộ xử lý trung tâm, ESP32 tiếp nhận dữ liệu từ các cảm biến như cảm biến pH, cảm biến nhiệt độ DS18B20, cảm biến ánh sáng LDR,... và phân tích các tín hiệu đó để đưa ra quyết định điều khiển hoặc cảnh báo. Điều này giúp hệ thống hoạt động hoàn toàn tự động mà không cần sự can thiệp thủ công liên tục từ người sử dụng. Khả năng kết nối Wi-Fi của ESP32 là một tính năng cực kỳ quan trọng đối với hệ thống này. Nó giúp người trồng rau có thể giám sát các chỉ số môi trường trong thời gian thực, dù ở bất kỳ đâu, thông qua ứng dụng điện thoại hoặc giao diện web. Các ngưỡng nhiệt độ, độ sáng, độ pH có thể được lập trình để cảnh báo qua tin nhắn hoặc email khi có dấu hiệu bất thường, giúp người dùng kịp thời can thiệp trước khi ảnh hưởng đến sự phát triển của cây. Khả năng giao tiếp đa dạng của ESP32 cho phép kết nối với nhiều thiết bị ngoại vi như màn hình OLED, module bơm nước, đèn LED chiếu sáng, quạt tản nhiệt,... tạo nên một hệ thống tự động khép kín. Ví dụ, khi ESP32 nhận thấy ánh sáng yếu qua cảm biến LDR, nó có thể lập tức bật đèn để đảm bảo đủ điều kiện quang hợp; khi nhiệt độ nước

tăng quá ngưỡng, quạt sẽ tự động được kích hoạt để làm mát dung dịch. Tính năng tiết kiệm năng lượng của ESP32 cũng đặc biệt hữu ích trong hệ thống giám sát hoạt động liên tục ngoài trời. Việc tận dụng các chế độ ngủ có thể giúp thiết bị hoạt động ổn định hàng tuần hoặc hàng tháng chỉ với một nguồn pin sạc năng lượng mặt trời, điều này rất phù hợp với xu hướng nông nghiệp xanh, thân thiện với môi trường.

Tóm lại, tính năng của ESP32 không chỉ nằm ở khả năng kỹ thuật vượt trội, mà còn thể hiện ở khả năng ứng dụng linh hoạt, hiệu quả cao trong môi trường sản xuất nông nghiệp công nghệ cao. Việc lựa chọn ESP32 làm trung tâm xử lý cho hệ thống giám sát vườn rau thủy canh là một quyết định hợp lý, kinh tế và phù hợp với xu thế phát triển của thời đại nông nghiệp số.

2.3 Công nghệ IoT trong giám sát vườn rau thủy canh

Trong bối cảnh chuyển đổi số lan tỏa mạnh mẽ trên toàn cầu, công nghệ Internet of Things (IoT) đang từng bước len lỏi vào mọi ngóc ngách của đời sống, từ công nghiệp, y tế, giao thông đến nông nghiệp. Đặc biệt, trong lĩnh vực nông nghiệp thông minh – nơi đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa công nghệ và môi trường tự nhiên – IoT đã chứng minh vai trò không thể thay thế của mình. Hệ thống giám sát vườn rau thủy canh là một ví dụ tiêu biểu cho việc ứng dụng IoT nhằm hiện đại hóa quy trình canh tác, nâng cao năng suất và đảm bảo chất lượng nông sản trong điều kiện kiểm soát chặt chẽ.

Về bản chất, IoT là một mạng lưới kết nối hàng tỷ thiết bị vật lý thông minh với nhau thông qua internet, cho phép chúng thu thập, chia sẻ và xử lý dữ liệu mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người. Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh, các thiết bị như cảm biến nhiệt độ DS18B20, cảm biến pH, cảm biến ánh sáng LDR, cảm biến độ ẩm đất (nếu có) sẽ đóng vai trò là những “giác quan” của hệ thống. Những cảm biến này không ngừng thu thập các chỉ số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của cây trồng. Dữ liệu sau đó được chuyển về bộ vi điều khiển trung tâm – trong đề tài này là ESP32, một thiết bị mạnh mẽ vừa đóng vai trò xử lý vừa làm cầu nối truyền thông giữa hệ thống và người sử dụng.

Một trong những điểm đột phá mà công nghệ IoT mang lại chính là khả năng giám sát thời gian thực và phản ứng kịp thời. Ví dụ, nếu hệ thống phát hiện nhiệt độ

dung dịch thủy canh vượt ngưỡng an toàn, ESP32 có thể ngay lập tức kích hoạt hệ thống quạt làm mát hoặc gửi cảnh báo đến điện thoại người dùng. Tương tự, khi ánh sáng tự nhiên không đủ, hệ thống có thể tự động điều khiển đèn LED để duy trì mức quang hợp tối ưu cho cây. Tất cả đều diễn ra một cách tự động, liên tục và chính xác, nhờ sự hỗ trợ của các thuật toán điều khiển tích hợp trong hệ thống.

Việc kết nối không dây thông qua Wi-Fi cho phép ESP32 gửi dữ liệu lên đám mây hoặc server nội bộ, từ đó người dùng có thể dễ dàng truy cập giao diện quản lý trên trình duyệt web hoặc ứng dụng di động để theo dõi toàn bộ hệ thống từ xa. Đây là điểm mạnh lớn của IoT: biến mọi thiết bị vật lý thành một phần của thế giới số, tạo ra một hệ sinh thái "nông nghiệp số" trong lòng những mảnh vườn vốn dĩ rất truyền thống.

Không chỉ dừng lại ở việc giám sát, công nghệ IoT còn cho phép phân tích dữ liệu theo thời gian, từ đó đưa ra các dự báo xu hướng giúp người trồng chủ động hơn trong việc chăm sóc cây. Chẳng hạn, dựa vào dữ liệu pH trung bình trong 7 ngày, hệ thống có thể đề xuất thời điểm thay dung dịch mới; hoặc nếu nhận thấy ánh sáng yếu vào khoảng 4–6 giờ chiều trong nhiều ngày liên tiếp, người dùng có thể điều chỉnh thời gian chiếu đèn phù hợp lý hơn. Đây chính là giá trị sâu xa mà IoT mang lại: chuyển từ canh tác cảm tính sang canh tác dựa trên dữ liệu (data-driven farming).

Mặt khác, sự ứng dụng của IoT trong mô hình thủy canh còn góp phần giải quyết bài toán nhân lực và chi phí – hai yếu tố vốn là thách thức lớn đối với các hộ sản xuất nhỏ hoặc startup nông nghiệp. Với IoT, chỉ cần một người quản lý vẫn có thể kiểm soát hàng trăm chậu rau, hàng mét vuông diện tích, và điều hành từ xa chỉ bằng một chiếc điện thoại. Điều này mở ra cơ hội lớn cho những người trẻ yêu thích nông nghiệp sạch, muốn làm chủ công nghệ mà không cần phải bám ruộng đồng theo lối cũ.

Tuy nhiên, cũng cần nhìn nhận rõ rằng việc triển khai IoT trong giám sát thủy canh không hề đơn giản. Nó đòi hỏi sự đầu tư ban đầu vào thiết bị, hạ tầng kết nối mạng, và đặc biệt là kiến thức kỹ thuật để thiết lập, lập trình và bảo trì hệ thống. Nếu không có sự chuẩn bị kỹ lưỡng, việc triển khai có thể gặp phải nhiều khó khăn, từ lỗi phần cứng đến bảo mật dữ liệu. Nhưng nhìn về dài hạn, chi phí đầu tư cho một hệ thống IoT ngày nay đã giảm đáng kể so với trước đây, đồng thời các cộng đồng lập trình mã nguồn mở

như Arduino, ESP-IDF, hay Home Assistant cũng đang hỗ trợ mạnh mẽ cho người mới bắt đầu.

Tóm lại, công nghệ IoT chính là trụ cột công nghệ giúp mô hình vườn rau thủy canh chuyển mình từ truyền thống sang hiện đại. Bằng việc kết nối các thiết bị vật lý vào thế giới số, IoT không chỉ giúp người trồng kiểm soát môi trường vi mô một cách tối ưu, mà còn tạo ra một mô hình nông nghiệp linh hoạt, tự động hóa cao, tiết kiệm nguồn lực, và dễ dàng mở rộng, góp phần hiện thực hóa giấc mơ “nông nghiệp 4.0” ngay cả trong những mảnh vườn nhỏ nơi đô thị.

2.3.1 ThingSpeak

ThingSpeak là một nền tảng IoT mã nguồn mở hoạt động dựa trên giao thức web, cho phép người dùng thu thập, lưu trữ, phân tích và trực quan hóa dữ liệu từ các thiết bị cảm biến được kết nối thông qua Internet. Đây là một trong những công cụ đắc lực, đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng các hệ thống giám sát thông minh từ xa – đặc biệt phù hợp với mô hình trồng rau thủy canh nơi điều kiện môi trường cần được kiểm soát nghiêm ngặt.

Trong hệ thống giám sát sử dụng vi điều khiển ESP32, ThingSpeak đóng vai trò như một "trung tâm dữ liệu đám mây" – nơi tiếp nhận toàn bộ thông tin mà ESP32 thu thập từ các cảm biến như nhiệt độ (DS18B20), ánh sáng (LDR), độ pH, độ ẩm... Thông qua giao thức HTTP hoặc MQTT, dữ liệu sau khi xử lý sơ bộ bởi ESP32 sẽ được truyền lên ThingSpeak theo thời gian thực (real-time), cho phép người dùng theo dõi sự thay đổi liên tục của môi trường thủy canh từ bất cứ đâu có kết nối Internet.

Một điểm đặc biệt đáng chú ý là ThingSpeak cung cấp giao diện trực quan với các biểu đồ sinh động, giúp người trồng rau có thể đánh giá xu hướng thay đổi của nhiệt độ, ánh sáng, pH... thay vì chỉ dựa vào các con số khô khan. Nhờ đó, việc phát hiện bất thường trở nên nhanh chóng hơn, ví dụ như sự tụt giảm đột ngột ánh sáng do thời tiết xấu, hay sự gia tăng nhiệt độ nước ảnh hưởng đến tốc độ phát triển của cây.

ThingSpeak không chỉ là nơi lưu trữ và hiển thị dữ liệu, mà còn có khả năng phân tích nhờ tích hợp MATLAB Analytics – một công cụ cực kỳ mạnh mẽ cho phép thực hiện các phép tính toán, lọc nhiễu, phân tích xu hướng, và đưa ra cảnh báo khi giá trị

vượt ngưỡng cho phép. Điều này có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong nông nghiệp thông minh, vì nó giúp người dùng chủ động kiểm soát rủi ro thay vì chỉ phản ứng bị động sau khi thiệt hại xảy ra.

Không dừng lại ở đó, ThingSpeak còn hỗ trợ tự động hóa: bạn có thể thiết lập các luật điều kiện (if-this-then-that) để điều khiển thiết bị khi có sự kiện xảy ra, chẳng hạn như tự động bật máy bơm hoặc quạt khi nhiệt độ vượt quá giới hạn an toàn. Như vậy, hệ thống không chỉ giám sát mà còn có thể trở thành một phần của cơ chế điều khiển tự động thông minh.

Khả năng chia sẻ dữ liệu của ThingSpeak cũng là một lợi thế lớn. Người dùng có thể mở quyền truy cập công khai hoặc phân quyền cho một nhóm người cụ thể để cùng theo dõi, giám sát – rất phù hợp với mô hình hợp tác xã hoặc nhóm nghiên cứu học thuật. Đồng thời, ThingSpeak có thể tích hợp với các nền tảng khác như Google Sheets, IFTTT, hoặc hệ thống máy chủ nội bộ để phục vụ các nhu cầu chuyên sâu hơn.

Tóm lại, ThingSpeak không chỉ đơn thuần là một kho lưu trữ dữ liệu cảm biến, mà là một nền tảng mạnh mẽ giúp nâng tầm hệ thống giám sát vườn rau thủy canh, từ giám sát đơn lẻ sang phân tích, ra quyết định và tự động hóa toàn diện. Sự kết hợp giữa ESP32 và ThingSpeak là minh chứng rõ ràng cho việc ứng dụng công nghệ IoT đang dần thay đổi bộ mặt của nền nông nghiệp truyền thống, hướng tới mô hình canh tác bền vững, thông minh và hiệu quả hơn trong tương lai.

2.3.2 Blynk

Blynk là một nền tảng phát triển ứng dụng di động cho Internet of Things (IoT) giúp người dùng dễ dàng tạo ra giao diện điều khiển và giám sát thiết bị thông minh từ xa. Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh sử dụng ESP32, Blynk đóng vai trò như một cánh cửa kết nối giữa người trồng và hệ thống phần cứng, cho phép giám sát và điều khiển thời gian thực thông qua giao diện thân thiện trên điện thoại thông minh. Điểm đặc biệt của Blynk là khả năng thiết kế giao diện ứng dụng bằng cách kéo thả các widget như nút bấm, đồng hồ, biểu đồ, thanh trượt,... mà không cần phải viết ứng dụng từ đầu như cách truyền thống. Điều này rất phù hợp với những dự án DIY hoặc các hệ

thông giám sát nhỏ lẻ như vườn rau thủy canh cá nhân hay trong nhà kính quy mô hộ gia đình.

Trong hệ thống này, ESP32 sẽ được lập trình để gửi và nhận dữ liệu từ Blynk Cloud thông qua giao thức Wi-Fi. Khi các cảm biến đo được các thông số như nhiệt độ môi trường, độ pH, độ ẩm dung dịch hoặc cường độ ánh sáng, các giá trị này sẽ được gửi lên đám mây của Blynk, từ đó hiển thị trực tiếp lên giao diện điện thoại theo thời gian thực. Nhờ vậy, người trồng có thể dễ dàng theo dõi tình hình vườn rau mọi lúc mọi nơi chỉ với vài thao tác trên ứng dụng, mà không cần đến tận nơi. Không chỉ dừng lại ở việc hiển thị dữ liệu, Blynk còn cho phép người dùng điều khiển từ xa các thiết bị đầu ra như bơm nước, máy quạt, hệ thống tưới nhỏ giọt hoặc đèn LED trồng cây. Ví dụ, khi nhận thấy nhiệt độ môi trường tăng cao bất thường, người dùng có thể chủ động bật quạt làm mát hoặc hệ thống tưới chỉ bằng một nút chạm trên ứng dụng Blynk. Tính năng này mang lại sự chủ động cao và tiết kiệm công sức rất lớn cho người trồng rau, nhất là khi họ không có mặt thường xuyên tại khu vực trồng.

Ngoài ra, Blynk cũng hỗ trợ các tính năng tự động hóa bằng cách thiết lập các điều kiện cụ thể để điều khiển thiết bị. Ví dụ, nếu ánh sáng dưới ngưỡng 200 lux thì tự động bật đèn, hoặc nếu nhiệt độ dưới 20°C thì kích hoạt máy sưởi. Những cấu hình này có thể được thực hiện dễ dàng thông qua các widget như “Eventor” hay tích hợp với hệ thống lập lịch tự động có trong ứng dụng. Nhờ đó, hệ thống trở nên “thông minh” hơn – không chỉ nhận lệnh từ con người mà còn có thể hành động dựa trên điều kiện môi trường được cảm biến ghi nhận.

Một khía cạnh khác rất đáng chú ý là khả năng tương thích và mở rộng của Blynk. Blynk không chỉ hỗ trợ ESP32 mà còn tương thích với nhiều vi điều khiển khác như Arduino, NodeMCU, STM32... và thậm chí cả Raspberry Pi. Điều này giúp hệ thống thủy canh có thể được mở rộng hoặc nâng cấp dễ dàng nếu quy mô tăng lên hoặc có thêm yêu cầu mới. Thêm vào đó, Blynk hỗ trợ cả hai nền tảng di động lớn là Android và iOS, giúp việc triển khai không bị giới hạn về thiết bị. Tính bảo mật của Blynk cũng được đảm bảo khi sử dụng các token xác thực riêng biệt cho từng thiết bị, nhờ đó hạn chế tình trạng truy cập trái phép từ bên ngoài. Bên cạnh đó, vì toàn bộ việc xử lý dữ liệu

và giao tiếp được thực hiện qua nền tảng đám mây, người dùng không cần tự xây dựng hoặc duy trì server riêng, tiết kiệm chi phí và thời gian bảo trì hệ thống.

Tóm lại, trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32, **Blynk** đóng vai trò như bộ não giao tiếp giữa con người và hệ thống cảm biến – điều khiển. Tính năng trực quan, dễ dùng, hỗ trợ thời gian thực và khả năng tự động hóa đã biến Blynk trở thành một giải pháp linh hoạt, hiệu quả và thân thiện cho các mô hình nông nghiệp thông minh hiện đại. Việc kết hợp ESP32 với Blynk không chỉ giúp giám sát hiệu quả mà còn mang lại khả năng điều hành vườn rau từ xa, góp phần nâng cao năng suất, tiết kiệm thời gian, công sức và tạo ra một hệ sinh thái nông nghiệp số hoàn chỉnh hơn trong thời đại 4.0.

2.3.3 *Telegram*

Telegram không phải là một nền tảng IoT chuyên dụng, nhưng nhờ tính năng Telegram Bot, nó đã trở thành một công cụ hiệu quả để giám sát và điều khiển thiết bị IoT từ xa. Telegram Bot là một chương trình tự động có thể giao tiếp với người dùng qua ứng dụng Telegram thông qua HTTP API.

Telegram là một nền tảng nhắn tin tức thời dựa trên đám mây, nổi bật với khả năng hỗ trợ bot – những thực thể tự động có thể tương tác với người dùng thông qua các lệnh lập trình sẵn. Trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh sử dụng ESP32, Telegram đóng vai trò như một phương tiện giao tiếp tiện lợi, nhanh chóng và linh hoạt giữa người trồng và hệ thống. Việc tích hợp Telegram giúp mở ra một kênh cảnh báo và điều khiển song song với các ứng dụng IoT chuyên dụng như Blynk hay Thingspeak, đồng thời tận dụng được nền tảng đã phổ biến rộng rãi, quen thuộc với người dùng. Thay vì phải mở ứng dụng giám sát riêng, người dùng có thể nhận thông báo ngay trong giao diện nhắn tin quen thuộc, điều này giúp giảm thao tác, tối ưu trải nghiệm và tăng khả năng tiếp cận thông tin kịp thời.

ESP32, với khả năng kết nối mạng Wi-Fi và xử lý dữ liệu linh hoạt, có thể sử dụng thư viện Arduino như UniversalTelegramBot hoặc CTBot để kết nối với Telegram thông qua API của nền tảng này. Khi các cảm biến trong hệ thống thủy canh (cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, pH...) ghi nhận dữ liệu vượt ngưỡng, ESP32 sẽ lập tức gửi cảnh báo bằng tin nhắn đến người dùng thông qua bot Telegram đã được cấu hình. Ví

dụ, nếu nhiệt độ nước vượt 30°C hoặc độ pH xuống dưới 5.5 – điều kiện không phù hợp cho rau phát triển – hệ thống sẽ gửi thông báo ngay lập tức kèm theo thông số chi tiết. Nhờ vậy, người dùng không phải liên tục mở ứng dụng kiểm tra mà vẫn được cập nhật kịp thời, từ đó có thể ra quyết định điều chỉnh sớm, tránh thiệt hại cho cây trồng. Đây là một ưu điểm nổi bật của Telegram: hỗ trợ cảnh báo chủ động, tức thời và miễn phí.

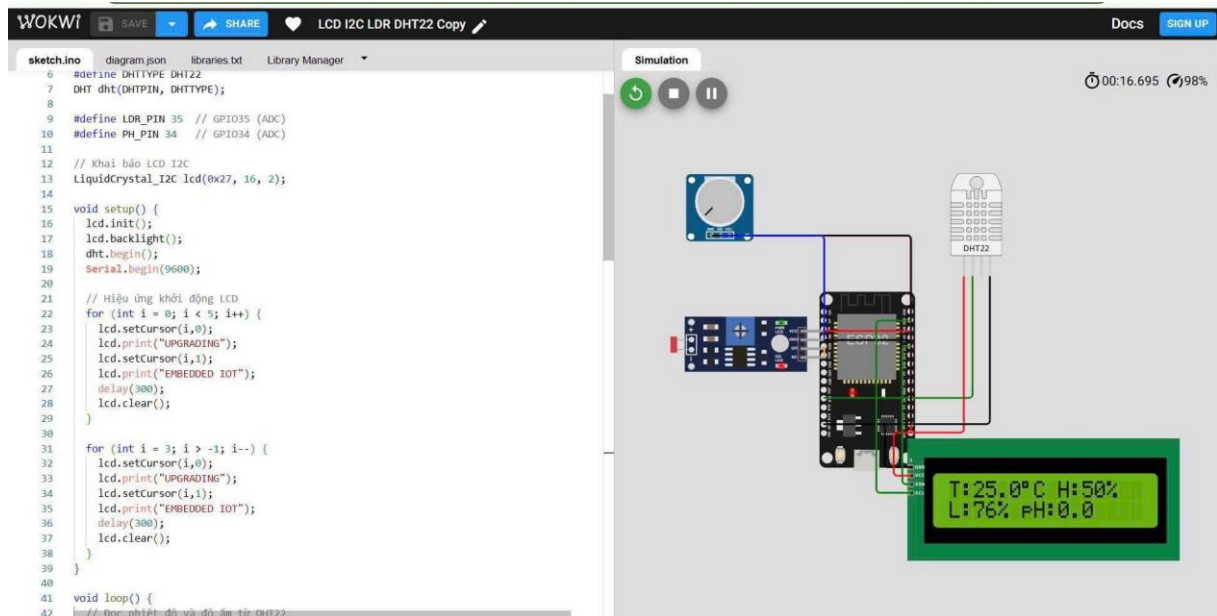
Bên cạnh chức năng thông báo, Telegram còn hỗ trợ điều khiển từ xa hệ thống thủy canh thông qua các lệnh văn bản. Người dùng có thể gửi các lệnh như “/status” để yêu cầu ESP32 phản hồi lại các chỉ số môi trường hiện tại, hoặc các lệnh như “/pump_on”, “/light_off” để điều khiển bơm nước, hệ thống chiếu sáng hay quạt làm mát. Điều này giúp hệ thống không chỉ giám sát mà còn chủ động điều khiển từ xa, kể cả khi người dùng không sử dụng ứng dụng giao diện chuyên biệt. Telegram cũng cho phép lập nhóm hoặc thêm nhiều người dùng vào một bot, nên có thể áp dụng trong các mô hình nông nghiệp hợp tác, nơi nhiều người cùng giám sát và quản lý vườn rau.

Một khía cạnh đáng kể khác là Telegram hoạt động ổn định cả trên nền tảng Android, iOS lẫn PC, không yêu cầu cấu hình phức tạp hay cài đặt thêm phần mềm trung gian. Bên cạnh đó, các tin nhắn được lưu trữ trên đám mây nên người dùng có thể truy xuất lịch sử thông báo bất cứ lúc nào, thuận tiện cho việc theo dõi biến động môi trường theo thời gian. Đây cũng là một lợi thế để kết hợp với việc ghi log dữ liệu trên các nền tảng khác như Google Sheets hoặc Thingspeak nhằm phân tích, dự đoán xu hướng phát triển của cây trồng. Không thể không nhắc đến tính bảo mật – một ưu điểm lớn của Telegram. Thông qua việc sử dụng token riêng biệt cho mỗi bot và khả năng giới hạn quyền truy cập chỉ cho người dùng xác định, hệ thống trở nên an toàn, tránh được các nguy cơ bị điều khiển trái phép. Người dùng cũng có thể cấu hình để Telegram chỉ nhận thông báo trong những khung giờ nhất định, tránh gây phiền nhiễu khi không cần thiết.

Tóm lại, Telegram trong hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32 không chỉ là một kênh thông báo thụ động, mà là một công cụ đa năng giúp nâng cao khả năng tương tác giữa con người và thiết bị IoT. Với khả năng gửi cảnh báo tức thời, điều khiển linh hoạt, hỗ trợ đa nền tảng và tích hợp bảo mật, Telegram mang đến một trải nghiệm quản lý vườn rau đơn giản, trực quan nhưng vẫn đầy đủ và hiệu quả. Việc ứng dụng Telegram không những giúp người dùng theo dõi kịp thời tình hình vườn rau,

mà còn từng bước hiện thực hóa mô hình nông nghiệp thông minh trong kỷ nguyên số – nơi công nghệ phục vụ cho sản xuất xanh, hiệu quả và bền vững hơn.

2.4 Mô phỏng hệ thống bằng Wokwi



PHẦN 3: KẾT LUẬN

3.1. Nhận xét

Trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, đặc biệt là cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, việc ứng dụng công nghệ IoT vào sản xuất nông nghiệp đang mở ra những hướng đi mới, đầy hứa hẹn cho nền nông nghiệp hiện đại – nơi con người không còn đơn độc trước thiên nhiên mà có thêm những công cụ hỗ trợ đắc lực để kiến tạo một hệ sinh thái canh tác hiệu quả, bền vững. Đề tài “*Hệ thống giám sát vườn rau thủy canh bằng ESP32*” là minh chứng cụ thể cho sự kết hợp hài hòa giữa công nghệ và đời sống, mang đến một giải pháp thông minh, tiết kiệm và dễ triển khai cho các hộ gia đình, nông dân trẻ hay những ai yêu thích trồng trọt trong môi trường đô thị.

Thông qua việc sử dụng vi điều khiển ESP32 làm trung tâm xử lý, kết nối với các cảm biến như cảm biến pH, cảm biến nhiệt độ DS18B20, cảm biến ánh sáng LDR... hệ thống có thể liên tục thu thập các thông số môi trường quan trọng, từ đó phản ánh tình trạng của vườn rau theo thời gian thực. Đồng thời, với sự hỗ trợ của các nền tảng IoT như Blynk, ThingSpeak và Telegram, người dùng có thể dễ dàng theo dõi, phân tích, thậm chí điều khiển các thiết bị từ xa chỉ qua vài thao tác đơn giản trên điện thoại thông minh. Điều này không chỉ giúp tiết kiệm công sức, thời gian mà còn góp phần tăng năng suất, hạn chế rủi ro trong quá trình trồng trọt thủy canh – một mô hình đang ngày càng phổ biến trong đô thị hóa.

Tuy đề tài vẫn còn những giới hạn nhất định như chưa tích hợp tự động điều chỉnh pH, chưa tối ưu hoàn toàn về tiêu thụ năng lượng hay chưa kết nối dữ liệu với hệ thống phân tích lớn (Big Data), nhưng nó đã mở ra những bước khởi đầu vững chắc cho các nghiên cứu và ứng dụng sâu rộng hơn trong tương lai. Từ những linh kiện rẻ tiền, dễ tiếp cận, sinh viên và người trẻ hoàn toàn có thể từng bước tiếp cận công nghệ cao, đưa lý thuyết học đường vào thực tiễn đời sống.

Qua quá trình thực hiện, đề tài không chỉ giúp người thực hiện củng cố kiến thức chuyên môn về lập trình vi điều khiển, mạng không dây và công nghệ IoT, mà còn hun đúc tinh thần sáng tạo, chủ động trong giải quyết vấn đề – những phẩm chất rất cần thiết

trong kỷ nguyên số. Trong tương lai, nếu được đầu tư và mở rộng, hệ thống có thể tích hợp thêm trí tuệ nhân tạo (AI) để dự báo sâu bệnh, đề xuất chế độ chăm sóc phù hợp và học hỏi theo thói quen của người dùng. Từ đó, hướng tới xây dựng một nền nông nghiệp số hóa, tự động hóa và thân thiện với môi trường – một giấc mơ không còn xa nếu chúng ta biết bắt đầu từ những điều giản dị như... một khu vườn rau nhỏ nơi ban công.

3.2.Kiến nghị

Để nâng cao hiệu quả và độ chính xác trong hoạt động giám sát vườn rau thủy canh, việc sử dụng cảm biến pH chuyên dụng là một cải tiến quan trọng cần được ưu tiên. Việc trước đây sử dụng biến trở (potentiometer) để giả lập tín hiệu từ cảm biến pH tuy có thể giúp giảm chi phí và thuận tiện cho việc thử nghiệm, nhưng lại không đảm bảo độ chính xác và ổn định trong đo đạc. Các cảm biến pH chuyên dụng, được thiết kế riêng cho môi trường thủy canh, có độ nhạy cao, khả năng chống nhiễu tốt và phù hợp với đặc tính hóa học của nước trồng cây. Nhờ đó, dữ liệu pH thu thập được sẽ phản ánh chính xác hơn tình trạng của dung dịch dinh dưỡng, từ đó giúp hệ thống có thể đưa ra các điều chỉnh kịp thời, tối ưu điều kiện phát triển của cây trồng.

Bên cạnh việc cải thiện phần cứng cảm biến, một bước tiến lớn về mặt truyền thông trong hệ thống chính là việc tích hợp thêm giao thức MQTT song song với HTTP. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức nhẹ, được thiết kế đặc biệt cho các ứng dụng IoT, cho phép truyền dữ liệu liên tục với độ trễ thấp, tiêu thụ băng thông thấp và hỗ trợ kết nối ổn định trong môi trường mạng không chắc chắn. Việc áp dụng MQTT sẽ đặc biệt hữu ích khi cần thu thập dữ liệu từ nhiều cảm biến cùng lúc và truyền về trung tâm điều khiển hoặc lên các nền tảng đám mây trong thời gian thực. Ngoài ra, MQTT còn cho phép thiết lập các cơ chế bảo mật tốt hơn, giảm thiểu rủi ro mất dữ liệu hay bị tấn công mạng.

Phần mềm điều khiển trên vi điều khiển ESP32 cũng cần được tối ưu hóa để đạt hiệu năng cao hơn. Việc viết lại các đoạn mã với cấu trúc gọn gàng, sử dụng các kỹ thuật tiết kiệm bộ nhớ như quản lý biến hợp lý, loại bỏ vòng lặp không cần thiết, và tận dụng các hàm xử lý bất đồng bộ sẽ giúp giảm tải cho vi điều khiển. Quan trọng hơn, hệ thống nên được bổ sung các thuật toán kiểm tra và xử lý lỗi tự động – ví dụ như phát hiện cảm biến bị ngắt kết nối, giá trị đo vượt ngưỡng hoặc tín hiệu truyền về server bị

gián đoạn – để tăng tính ổn định và đảm bảo hoạt động liên tục, đáng tin cậy trong thời gian dài.

Về mặt nền tảng IoT, ngoài ThingSpeak, Blynk và Telegram vốn đã được sử dụng phổ biến trong các dự án IoT đơn giản, hệ thống nên được tích hợp thêm các nền tảng mạnh mẽ như Firebase, AWS IoT Core hoặc Google Cloud IoT. Những nền tảng này không chỉ cung cấp khả năng lưu trữ dữ liệu lớn, mà còn có sẵn các công cụ phân tích, trực quan hóa, và học máy (machine learning) giúp dự báo xu hướng, tự động điều chỉnh hệ thống theo điều kiện môi trường. Đồng thời, các nền tảng này cũng đi kèm với các tính năng bảo mật nâng cao, như mã hóa dữ liệu và kiểm soát truy cập, giúp hệ thống được bảo vệ tốt hơn trước các nguy cơ tấn công mạng.

Một yếu tố then chốt giúp hệ thống trở nên thân thiện và dễ sử dụng hơn đó là giao diện người dùng. Việc thiết kế một ứng dụng di động hoặc giao diện web trực quan, dễ thao tác sẽ giúp người dùng có thể theo dõi các chỉ số quan trọng như nhiệt độ, độ ẩm, độ pH, cường độ ánh sáng... ngay cả khi không có mặt tại vườn. Giao diện này cũng cần hỗ trợ điều khiển từ xa – chẳng hạn như bật/tắt bơm nước, kích hoạt quạt làm mát – và gửi cảnh báo qua điện thoại khi có sự cố. Sự thân thiện trong trải nghiệm người dùng sẽ là yếu tố quyết định đến việc hệ thống có thể triển khai rộng rãi trong cộng đồng hay không.

Cuối cùng, mọi giải pháp kỹ thuật chỉ thực sự có ý nghĩa khi được thử nghiệm trong môi trường thực tế. Vì vậy, hệ thống nên được triển khai thử nghiệm tại các mô hình thủy canh quy mô lớn và đa dạng về điều kiện – từ vườn rau sân thượng hộ gia đình đến các trang trại nông nghiệp công nghệ cao – để đánh giá chính xác tính hiệu quả, độ ổn định và phát hiện các điểm yếu cần cải thiện. Những thử nghiệm này sẽ cung cấp cơ sở dữ liệu thực tế để hoàn thiện hệ thống về lâu dài, đồng thời mở đường cho việc nhân rộng mô hình trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tống Việt Hùng và cộng sự, Ứng dụng hệ điều hành FreeRTOS và vi điều khiển ESP32 trong hệ thống trồng rau thủy canh. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2019, số 3
2. PHỤ LỤC
3. Nguyễn Đức Chính. (2024). Nghiên cứu và thiết kế hệ thống giám sát nông nghiệp thông minh sử dụng ESP32. Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ Thông tin.
4. Trần Văn Dũng. (2025). Lập trình ESP32 với MicroPython. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
5. Đinh Thị Em. (2023). Ứng dụng IoT trong giám sát môi trường trồng cây thủy canh. Tạp chí Nông nghiệp Việt Nam, số 12, tr. 45-56. Nguyễn Văn An, Trần Thị Bình. (2023). Ứng dụng công nghệ IoT trong giám sát hệ thống thủy canh. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Bách Khoa, Hà Nội.
6. Wokwi. (2025). ESP32 Simulation Platform Documentation. Truy cập từ: <https://wokwi.com/>