

ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ АІОТ-СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ҐРУНТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено уніфікований модуль збору та обробки даних для АІоТ-системи моніторингу стану ґрунту, призначений для моніторингу стану ґрунту в окремій зоні вирощування рослин. Описано його схему електричну принципову, що містить мікропроцесор серії ESP32 та дев'ять типів датчиків для вимірювання різних показників ґрунту. Обґрунтовано підключення аналогових датчиків до каналів ADC1 з урахуванням апаратних обмежень при активному WiFi. Наведено особливості підключення таких датчиків, як датчик температури ґрунту DS18B20 за протоколом One-Wire, датчик температури та вологості повітря DHT22, та фоторезистора GL5528. Наведено рекомендації щодо використання даного модуля для великої площі вирощування рослин. Проведене моделювання в середовищі Wokwi підтвердило правильну реакцію актуаторів при імітації станів посухи та надмірної вологості.

Ключові слова: АІоТ, ESP32, комп'ютерна мережа, хмарне середовище, датчик, моніторинг.

Abstract

A unified data collection and processing module for an AIoT soil monitoring system has been developed, designed for monitoring soil conditions in a single plant cultivation zone. Its principal electrical schematic containing an ESP32 series microprocessor and nine sensor types for measuring various soil parameters is described. The connection of analog sensors to ADC1 channels is justified considering hardware limitations with active WiFi. Connection features of sensors such as the DS18B20 soil temperature sensor via One-Wire protocol, the DHT22 air temperature and humidity sensor, and the GL5528 photoresistor are presented. Recommendations for using this module for large-scale plant cultivation areas are provided. Simulation in the Wokwi environment confirmed correct actuator response when emulating drought and excessive soil moisture conditions.

Keywords: AIoT, ESP32, computer network, cloud environment, sensor, monitoring.

Вступ

На сучасному етапі розвитку технологій все більшого розповсюдження набуває технологія інтеграції штучного інтелекту (ШІ) з Інтернетом речей (ІоТ) – АІоТ (Artificial Intelligence of Things). ШІ імітує людський інтелект та приймає рішення в реальному часі, а Інтернет речей з'єднує звичайні об'єкти з комп'ютерами (обчислювальними потужностями) та програмним забезпеченням в хмарному середовищі [1].

Штучний інтелект в ІоТ-системах дає можливість останнім навчатися, керувати даними та приймати рішення, що забезпечує автоматизацію процесів та підвищує продуктивність таких систем. Саме тому АІоТ знаходить застосування у все більшій кількості галузей діяльності людини. Отже, розробка автоматизованої системи моніторингу стану ґрунту, яка збирає та передає ШІ дані про показники ґрунту, на основі яких ШІ генерує рекомендації щодо необхідності поливу та внесення добрив, є актуальною.

Основна частина

При використанні АІоТ для систем моніторингу стану ґрунту апаратна частина повинна забезпечувати одночасне підключення різноманітних датчиків, керування актуаторами та передачу даних у хмарні сервіси.

Основним компонентом АІоТ-системи моніторингу стану ґрунту є модуль збору та обробки даних, що призначений для моніторингу стану ґрунту однієї зони вирощування. Він містить дев'ять типів датчиків — температури і вологості повітря, температури ґрунту, вологості ґрунту, показників рН, NPK, UV-індексу, атмосферного тиску та освітленості. На основі даних, отриманих з цих датчиків, даний модуль керує сервоклапаном та реле насоса для ввімкнення поливу та подання добрив.

Для масштабування системи на велику кількість рослин або зон вирощування кожна зона отримує власний незалежний модуль з підключенням до хмарного середовища та аналогічним набором датчиків,

які взаємодіють з Firebase Realtime Database. Ідентифікація кожного модуля в базі даних здійснюється за ключем N, який визначається у прошивці мікроконтролера. Додавання нового модуля зводиться до перепрошивки мікроконтролера з відповідним номером зони без змін в архітектурі системи.

Вигляд схеми електричної принципової розробленого модуля збору та обробки даних подано на рисунку 1.1. Як мікроконтролер використано ESP32-S3-WROOM-1, що містить вбудований WiFi-модуль IEEE 802.11 b/g/n. Всі аналогові датчики підключено до каналів ADC1 мікроконтролера (GPIO1–GPIO10), оскільки при активному Wi-Fi частина аналогових входів стає недоступною [2]. Шина 3,3 В живить датчики з низьким споживанням: DHT22, DS18B20 та всі аналогові модулі. Шина 5 В живить ультразвуковий датчик HC-SR04, модуль реле SRD-05VDC-SL-C та сервопривід SG90. Перелік основних компонентів схеми наведено в таблиці 1.

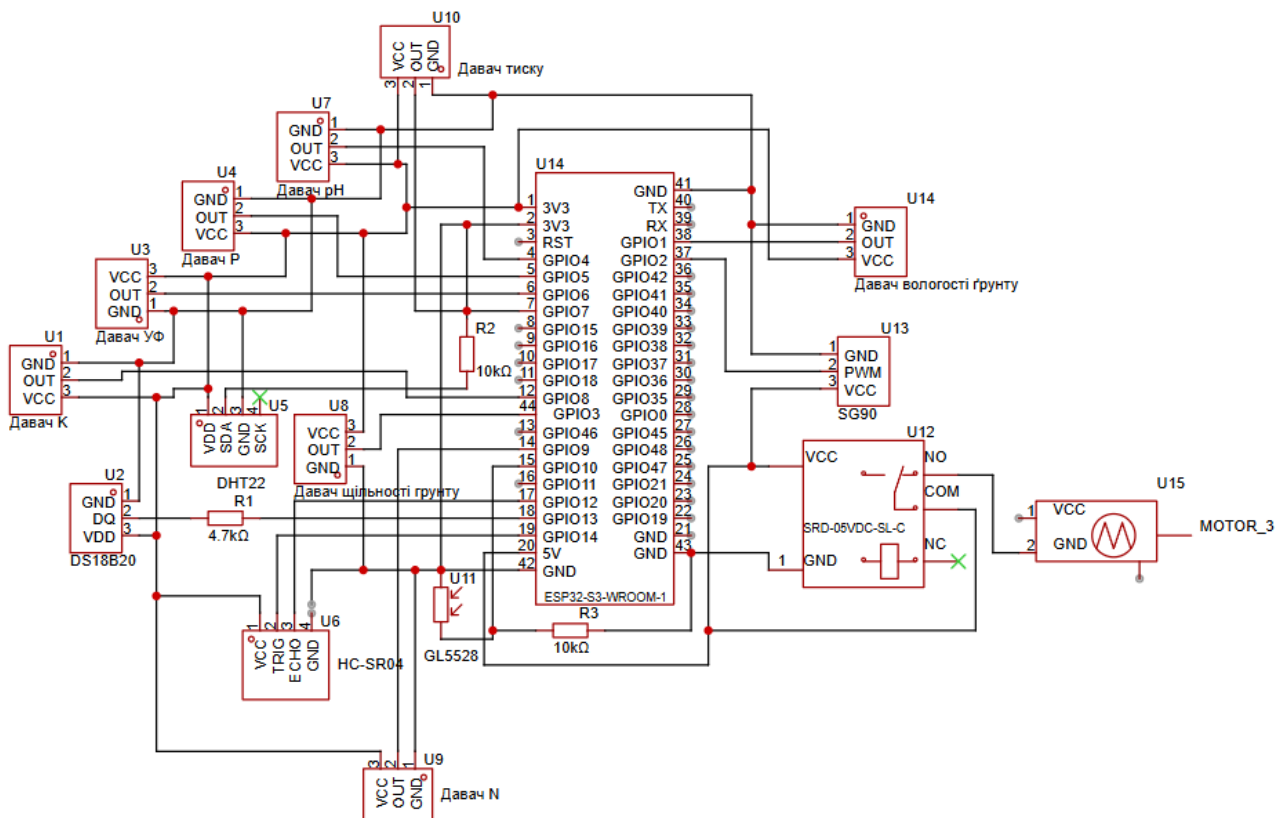


Рисунок 1.1 — Схема електрична принципова

Таблиця 1 – Основні компоненти схеми електричної принципової

Компонент	Позначення	Вхід ESP32	Напруга живлення	Призначення
DHT22	U5	GPIO18	3,3 В	Температура і вологість повітря
DS18B20	U2	GPIO13	3,3 В	Температура ґрунту
HC-SR04	U6	GPIO12, GPIO14	5 В	Рівень води в резервуарі
GL5528 (LDR)	R2+U11	GPIO10	3,3 В	Освітленість, дільник напруги
SG90	U13	GPIO2	5 В	Сервоклапан зрошення
SRD-05VDC-SL-C	U12	GPIO17	5 В	Реле керування насосом

Датчик температури ґрунту DS18B20 використовує протокол One-Wire, що дозволяє передавати дані по однопроводовій лінії зв'язку. Для коректної роботи шини One-Wire між лінією даних і шиною 3,3 В підключено навантажувальний резистор R1 номіналом 4,7 кОм. Без цього резистора шина не має визначеного рівня у стані спокою і датчик повертає некоректні значення [3]. Аналогічно між лінією даних датчика DHT22 і шиною 3,3 В підключено резистор R2 номіналом 10 кОм для стабілізації протоколу зв'язку.

Фоторезистор GL5528 разом з резистором R3 (10 кОм) утворюють дільник напруги. Один вивід фоторезистора підключений до шини 3,3 В, інший — до входу GPIO10 та резистора R3, що підключений до шини землі. При зміні освітленості змінюється опір фоторезистора і, відповідно, напруга на GPIO10, яку АЦП перетворює в цифровий сигнал.

Сервопривід SG90 керується ШІМ-сигналом від GPIO2, що підтримує діапазон імпульсів 500–2400 мкс [4]. Реле SRD-05VDC-SL-C керується від GPIO17 і комутує живлення насоса через контакти COM і NO.

Дев'ять аналогових каналів (GPIO1–GPIO9) підключені до датчиків рН, азоту (N), фосфору (P), калію (K), вологості ґрунту, щільності ґрунту, UV-індексу та атмосферного тиску.

Мікроконтролер з певним періодом опитує датчі, нормалізує отримані значення за допомогою функцій `constrain()` та `map()`, перевіряє їх коректність і, на основі показника вологості ґрунту, формує керуючі сигнали для актуаторів. При вологості нижче 35% реле замикає коло живлення насоса, а сервоклапан відкривається на 90°. При вологості 40–65% клапан відкривається на 35°, а при значенні більшому 65% — закривається. Оброблені дані передаються для зберігання до бази даних та відображення через модуль Blynk. За запитом оператора мовна модель Gemini API аналізує поточні показники і генерує рекомендацію.

Моделювання роботи розробленого модуля збору та обробки даних проведено в середовищі Wokwi [5]. Моделювання проводилось при різних параметрах датчиків, що імітували різні стани ґрунту. При низькій вологості ґрунту на потенціометрі, що замінює собою датчик Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2, реле SRD-05VDC-SL-C та клапан SG90 відкривались. Відмітимо, що для візуалізації роботи реле додано світлодіод, що випромінює світло при низькій вологості на сенсори Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2.

На рисунку 1.2 подано схему для моделювання при низькій вологості, що була задана шляхом встановлення потенціометра А у положення що відповідає 15% вологості ґрунту.

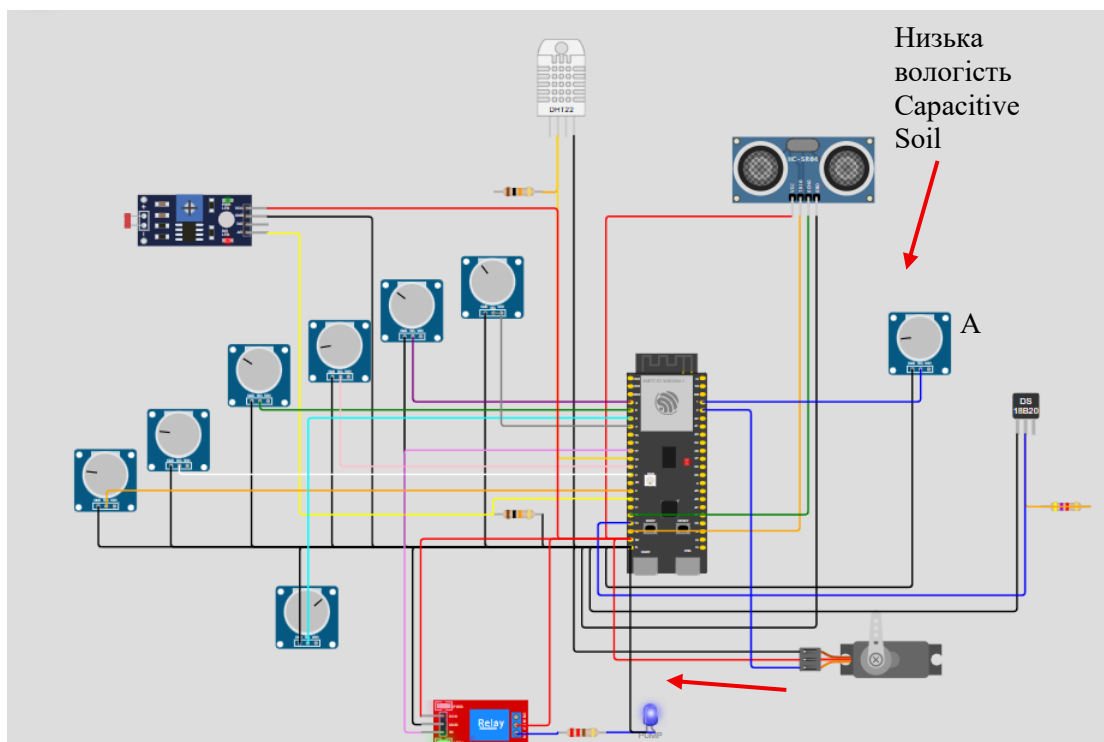


Рисунок 1.2 — Вигляд схеми для моделювання роботи модуля при низькій вологості в середовищі Wokwi

При тестування системи одним з сценаріїв був стан посухи, для реалізації якого на потенціометрі в середовищі Wokwi були встановлені відповідні значення, що показано на рисунку 1.3.

З рисунку 1.3 видно, що система відреагувала відкриттям клапану на 90° та запуском реле (ON). При цьому, від ШІ було отримано пораду, текст якої подано на рисунку 1.4.

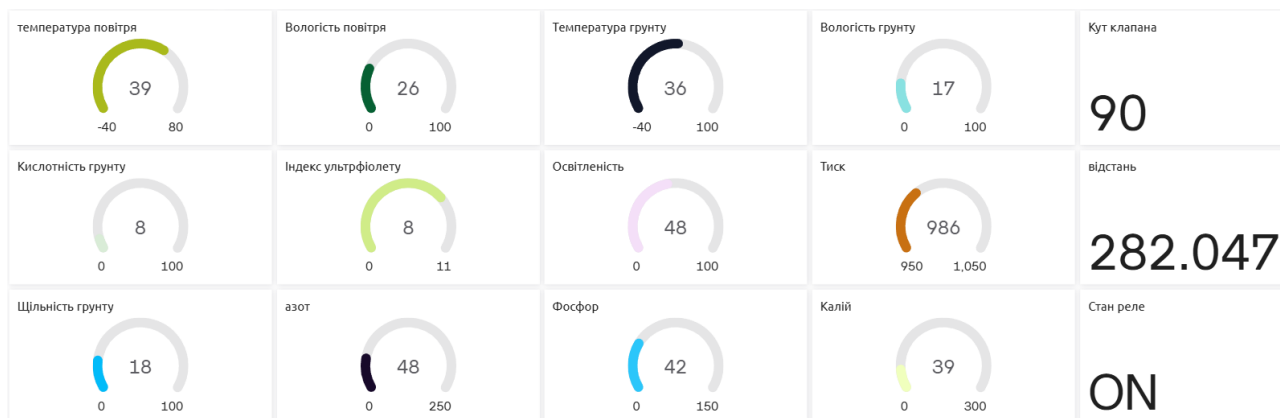


Рисунок 1.3 — Вигляд панелі модуля відображення при моделюванні стану посухи

[DATABASE] Тіло запиту: "Терміново організуйте полив та обробку антистресантами для захисту пшениці від критичного теплового стресу та зневоднення."

Рисунок 1.4 — Текст поради у Serial monitor середовища Wokwi

Також було змодельовано стан надмірної вологості (79%), візуалізацію відповідних показників показано в модулі відображення Blynk, на рисунку 1.5. Система відреагувала вимкненням реле (OFF) та закриттям клапана (0°). Порада від ШІ містила текст, що зображено на рисунку 1.6

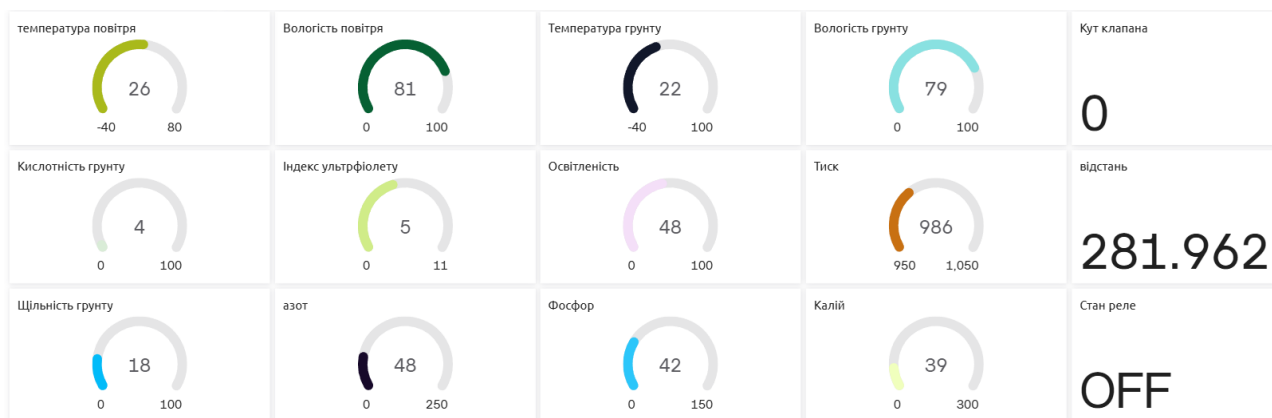


Рисунок 1.5 — Вигляд панелі модуля відображення при моделюванні стану надмірної вологості

[DATABASE] Тіло запиту: "Проведіть термінове вапнування через критичну кислотність та застосуйте фунгіциди через високу вологість для запобігання поширенню грибкових хвороб."

Рисунок 1.6 — Текст поради у Serial monitor середовища Wokwi

Висновки

Розроблено модуль збору та обробки даних, що містить мікроконтролер ESP32-S3-WROOM-1, та використовується як уніфікований елемент для AIoT-системи моніторингу стану ґрунту. Підключення всіх аналогових датчиків до каналів ADC1 враховує апаратну особливість ESP32-S3 при активному WiFi. Цей уніфікований модуль можна використовувати для масштабування системи на велику кількість рослин або зон вирощування шляхом встановлення в кожній зоні такого модуля з його підключенням до спільного хмарного середовища.

Проведене моделювання в середовищі Wokwi підтвердило працездатність системи при імітації станів посухи та надмірної вологості — актуатори коректно реагували на показники датчиків, а Gemini API згенерував відповідні рекомендації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cisco Systems. What is the Artificial Intelligence of Things (AIoT)? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/artificial-intelligence/what-is-aiot.html>
2. ESP32-S3 Series Datasheet [Електронний ресурс] / Espressif Systems. Режим доступу: https://documentation.espressif.com/esp32_datasheet_en.pdf
3. Renesas Electronics. Interfacing 1-Wire Devices: Application Note [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.renesas.com/en/document/apn/interfacing-1-wire-devices>
4. Harrington K. ESP32Servo Library [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://github.com/madhphaestus/ESP32Servo>
5. Wokwi — Online Arduino & ESP32 Simulator [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wokwi.com>

Ліневич Богдан Васильович – студент групи ІСП-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: linevicbogdan0@gmail.com

Войцеховська Олена Валеріївна – к.т.н, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Lynevych Bohdan Vasylovych – student of group 1SP-22b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Voitsekhovska Olena Valeriivna – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.