

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр
Освітній рівень

Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Шифр і назва спеціальності

на тему: Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT

КПТР. 22081.01.11.ПЗ

Виконав:

студент 4 курсу, група ТР2-22-1



А.В. Савіцький
Ініціали, прізвище

Керівник: канд. техн. наук, доц.



В.С. Петрушак
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль



Стецюк В.І.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф.



С.К. Підченко
Ініціали, прізвище

8 06 2026 р.

Хмельницький 2026

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр і назва

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва

Освітня програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМІТ

Сергій Підченко

Підпис, дата

23.01.2026р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ**

Савіцькому Антону Віталійовичу

(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

Тема проєкту: Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT
керівник проєкту Петрушак Володимир Степанович, к.т.н., доцент

(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом ректора університету від 20.01.2026р. №7

2 Строк подання здобувачем проєкту на кафедру: 20.05.2026р.

3 Вихідні дані до проєкту Індивідуальна тема.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд літературних джерел. 2. Вибір і техніко-економічне обґрунтування системи керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT. 3 Розробка і розрахунок блоків принципової схеми Системи керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT. 4.Розробка алгоритму роботи і програмного забезпечення Системи керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1.Схема електрична структурна. 2.Схема електрична принципова. 3. Алгоритм.

Завдання отримав

Науковий керівник

6 Консультанти розділів курсового проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Н/Контроль | Стецюк В.І., к.т.н, доцент | | |
| Антипл. | Стецюк В.І., к.т.н, доцент | | |

7 Дата видачі завдання: 23.01.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Найменування виду роботи | Форма звітності, термін виконання | Відмітка наукового керівника |
|-------|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | Вибір та затвердження теми | Лютей | Виконано |
| 2 | Розробка завдання | Лютий | Виконано |
| 3 | Складання графіку | Лютий | Виконано |
| 4 | Огляд літературних джерел | Лютий | Виконано |
| 5 | Вибір та техніко-економічне обґрунтування структурної схеми пристрою | Березень | Виконано |
| 7 | Розробка алгоритму | Березень | Виконано |
| 8 | Розробка програми | Березень-Квітень | Виконано |
| 9 | Розробка текстової частини | Квітень | Виконано |
| 10 | Розробка графічної частини | Квітень | Виконано |
| 11 | Остаточне коригування | Травень | Виконано |
| 13 | Підготовка до захисту | Червень | Виконано |
| | Захист | Червень | Виконано |

Студент

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проєкту:

«Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT»

Автор роботи: Савіцький Антон Віталійович.

Керівник роботи: канд.техн.наук, доц. Петрушак Володимир Степанович.

Пояснювальна записка: 62 сторінок, 17 рисунків, 4 таблиць, 32 джерела, 3 додатки.

Графічна частина: 3 креслення, 7 презентаційних слайдів.

Ключові слова: інтернет речей, Blynk IoT, ESP32.

Мета кваліфікаційного проєкту є розробка структури та програмного забезпечення для системи керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT.

Розроблена електронна система віддаленого керування насосною станцією базується на технології інтернет речей. Завдяки використанню даної технології є можливість бездротового доступу до органів керування насосної станції.

Особливістю використання технології інтернет речей є можливість доступу до органів керування та сенсорів системи насосної станції з будь-якої відстані від насосної станції. Це дозволило зменшити кількість дротів та усунути необхідність у виносному пульті керування, оскільки інтерфейс керування насосною станцією доступний через додаток BLYNK IOT, що розташований на смартфоні.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IoT – інтернет речей

РЕЗ – радіоелектронні засоби

ЕРЕ – електрорадіоелементи

ІМС – інтегральна мікросхема

МК - мікроконтролер

API - Application Programming Interface

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

GPS - Global Positioning System

IP - Internet Protocol

LAN - Local area network

OLED – Organic Light-Emitting Diode

RAM - Random Access Memory

ROM - Read Only Memory

SPI - Serial Peripheral Interface

WEBSOCKET – протокол повнодуплексного (двостороннього)
зв'язку

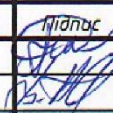
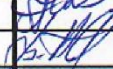
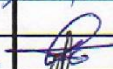
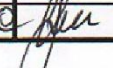
GSM – Global System for Mobile Communications

TLS – Transport Layer Security

| № рядка | Формат | Позначення | Найменування | Кільк. | № екз. | Примітка |
|----------------------|--------|------------------------|---|----------|-------------------|----------|
| | | | <u>Документація загальна</u> | | | |
| 1 | A4 | | Завдання на дипломний проект | 1 | 1 | |
| 2 | A4 | | Анотація | 1 | 1 | Укр. |
| 3 | A4 | КПТР. 022081.01.11. ПЗ | <u>Система керування насосною станцією</u> <u>на базі сервісу Blynk IoT</u> Пояснювальна записка | 1 | 1 | 62 арк. |
| 4 | A4 | КПТР. 022081.01.11 ПЕ | <u>Система керування насосною станцією</u> <u>на базі сервісу Blynk IoT</u> Перелік елементів | 1 | 1 | 1 арк. |
| | | | <u>Документація графічна</u> | | | |
| 5 | A4 | КПТР.022081.01.11 Е1 | <u>Система керування насосною станцією</u> <u>на базі сервісу Blynk IoT</u> Схема електрична структурна | 1 | 1 | 1 арк. |
| 6 | A3 | КПТР.022081.01.11 Е3 | <u>Система керування насосною станцією</u> <u>на базі сервісу Blynk IoT</u> Схема електрична принципова | 1 | 1 | 1 арк. |
| 7 | A4 | КПТР.022081.01.100 | Алгоритм роботи <u>Система керування насосною станцією</u> <u>на базі сервісу Blynk IoT</u> | 1 | 1 | 1 арк. |
| КПТР. 22081.01.11.ВП | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | Літ. | Аркуш |
| Розроб. | | Савицький | | 27.06.26 | н | 1 |
| Перевір. | | Петрушак | | 3.06.26 | | 1 |
| Н.контр. | | Стецюк В.І. | | 0.06.26 | | |
| Затв. | | Підченко | | 9.06.26 | | |
| | | | | | ХНУ, гр. ТР2-22-1 | |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 2 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ «СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ НА БАЗІ СЕРВІСУ BLYNK IOT» | 4 |
| 1.1. Огляд і класифікація рішень для автоматизації насосних станцій. | 4 |
| 1.2. Порівняльний аналіз існуючих рішень та обґрунтування вибору прототипу | 9 |
| 1.3 Вибір прототипу та його технічні характеристики | 14 |
| РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ..... | 21 |
| 2.1 Платформа для розробки та структурна схема | 21 |
| 2.2 Пристрої введення..... | 26 |
| 2.3 Пристрої виведення | 28 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА РОЗРОБКА... | 30 |
| 3.1 Схема підключення модуля ESP32 | 30 |
| 3.2 Пристрої введення даних | 33 |
| 3.3 Пристрої виведення даних | 35 |
| 3.4 Оцінка надійності системи..... | 38 |
| РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ..... | 42 |
| 4.1 Застосування та особливості сервісу Blynk IoT..... | 42 |
| 4.2 Розробка алгоритму та інтерфейсу..... | 45 |
| 4.3 Розробка програмного забезпечення для обробки даних від сенсорів та віджита | 49 |
| ВИСНОВКИ..... | 55 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 56 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|---|----------|--|----------|------|---------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Розроб. | | Савіцький |  | | | | | |
| Перевір. | | Петрушак |  | 19.05.20 | | | 1 | 27 |
| Реценз. | | | | | Пояснювальна записка | ФІТ, ХНУ | | |
| Н. Контр. | | Стецюк В. |  | 20.05.20 | | | | |
| Затверд. | | Мігачко |  | 20.06.20 | | | | |

ВСТУП

Інтернет речей (IoT) — це сучасна технологія, яка змінює спосіб, яким ми сприймаємо та взаємодіємо з навколишнім світом. Вона відкриває безмежні можливості для підключення різних пристроїв до Інтернету та обміну даними між ними. За останнє десятиліття технологія Інтернет речей стала одним з найбільш обговорюваних інноваційних рішень у світі, поєднуючи фізичні пристрої, сенсори та програмне забезпечення, що дозволяє їм обмінюватись даними та взаємодіяти через Інтернет [1].

Застосування технології Інтернету речей охоплює різні сфери життя, починаючи від промисловості й енергетики, і до охорони здоров'я, транспорту, сільського господарства та побутових пристроїв. Особливого значення IoT набуває у сфері промислової автоматизації, де ця технологія вже змінює спосіб функціонування виробничих процесів, відкриваючи нові можливості для оптимізації, зниження витрат та підвищення продуктивності.

Насосні станції є критично важливими елементами інфраструктури у багатьох галузях промисловості, включаючи водопостачання, іригаційні системи, нафтогазову промисловість та хімічне виробництво. Традиційні системи контролю насосного обладнання часто характеризуються обмеженими можливостями віддаленого доступу, високими витратами на обслуговування та недостатньою оперативністю реагування на аварійні ситуації. Завдяки підключенню різних пристроїв та сенсорів до Інтернету речей, підприємства можуть отримати реальний часовий звіт про стан своїх машин та обладнання, що дозволяє виявляти проблеми та несправності швидше, зменшуючи час простою та підвищуючи ефективність виробництва.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Впровадження IoT-технологій у системи управління насосними станціями забезпечує низку важливих переваг. По-перше, моніторинг та оптимізація виробничих процесів стають доступними в режимі реального часу, що дозволяє оперативно реагувати на зміни параметрів роботи обладнання. По-друге, аналітика даних IoT допомагає в оптимізації використання енергії та ресурсів, що призводить до зменшення операційних витрат. По-третє, постійний моніторинг забезпечує можливість прогнозування виникнення проблем та проведення профілактичного обслуговування, що знижує ризик виникнення аварій та збоїв у роботі критичної інфраструктури [2].

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю модернізації існуючих систем управління насосним обладнанням та впровадження сучасних цифрових технологій для підвищення надійності, ефективності та безпеки їх експлуатації. Завдяки IoT, наші пристрої можуть стати розумнішими, ефективнішими та сприяти поліпшенню якості промислових процесів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ «СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ НА БАЗІ СЕРВІСУ BLYNK IOT»

1.1. Огляд і класифікація рішень для автоматизації насосних станцій.

Системи автоматизації та дистанційного керування насосними станціями з контролем рівня рідини та температури можна віднести за чотирма основними підходами, що відрізняються архітектурою, рівнем функціональності та вартістю реалізації.

Використання технології Інтернету речей (IoT) у системах керування насосним обладнанням зростає з кожним роком. Завдяки впровадженню IoT-рішень у таких системах можна досягти оптимізації процесів, забезпечити моніторинг обладнання у реальному часі та суттєво скоротити витрати на технічне обслуговування. Датчики, розташовані на насосному агрегаті, дозволяють виявляти відхилення від нормального режиму роботи та оперативно реагувати на них, що сприяє надійності всієї системи водопостачання. Разом з тим ці рішення дозволяють контролювати параметри з будь-якого місця, де є доступ до мережі Інтернет.

Особливою проблемою при експлуатації насосних станцій є робота в низьких температурах. Без системи моніторингу обладнання може виходити з ладу через замерзання, що призводить до непередбачуваних витрат на ремонт і тривалих простоїв. Технологія IoT, інтегрована в систему керування насосною станцією, дозволяє усунути подібні ризики: користувач отримує своєчасні сповіщення про відхилення температури або критичне зниження рівня рідини ще до того, як станеться пошкодження. Таким чином забезпечується безперебійна робота обладнання у будь-яких умовах та заощаджуються кошти на ремонт насосу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 4 |

I підхід — Апаратна автоматика на основі поплавкових датчиків і реле. Це найпоширеніше рішення для захисту насоса від режиму «сухого ходу». Один поплавок вимикач встановлюється на мінімально допустимому рівні води у свердловині або баку і включається послідовно в коло живлення котушки магнітного пускача. Поки рівень води достатній — контакти поплавка замкнені і насос працює. Але при падінні рівня нижче заданої позначки поплавковий спрацьовує, розмикає коло — насос зупиняється. Коли рівень відновлюється — поплавок повертається у вихідне положення, контакти замикаються і насос знову вмикається. Цей підхід на жаль не передбачає дистанційного інформування або ручного керування.

II підхід — локальна автоматика з мікроконтролером і дисплеєм. Мікроконтролер (Arduino, STM32) зчитує сигнали від одного або кількох поплавкових датчиків та датчика температури і відображає стан системи на локальному дисплеї. Такий підхід дозволяє реалізувати гнучкий алгоритм керування і сигналізацію за допомогою звукового сигналу або світлодіодів, але повністю відсутній зв'язок із зовнішньою мережею — оператор не отримує інформації про стан системи поза межами об'єкта.

III підхід — GSM/SMS-керування. Мікроконтролер із GSM-модемом (наприклад SIM800L, SIM900) надсилає SMS-сповіщення на телефон оператора при зміні рівня або перевищенні температурного порогу. Користувач може відповісти SMS-командою для ручного керування насосом. У цьому підході описана реалізація такої системи для контролю рівня води у накопичувальному баку за допомогою поплавкового датчика та датчика температури LM35. Перевага — незалежність від широкопasmового Інтернету; недоліки — щомісячна вартість SIM-картки та SMS, відсутність графічного інтерфейсу, також можлива затримка доставки повідомлень.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

IV підхід — IoT-системи з хмарними платформами. Мікроконтролер з вбудованим Wi-Fi (ESP32) через захищений канал передає дані датчиків до хмарного сервера Blynk , а користувач отримує доступ до системи через мобільний додаток або веб-браузер, але зручніш буде через додаток мобільний. Серед таких доступніших платформ виділяють:

– ThingSpeak (MathWorks) — акцент на зберіганні та аналізі даних, підтримка MATLAB-скриптів; обмежені можливості двостороннього керування; (Не підходить для завдання)

– Node-RED + MQTT — гнучка система потоків обробки даних; потребує налаштування власного MQTT-брокера та розробки клієнтського інтерфейсу; (Не підходить до завдання)

– Blynk IoT — інтегрована платформа з готовим мобільним клієнтом, хмарним сервером і набором UI-віджетів; підтримка двостороннього керування GPIO мікроконтролера без написання серверного коду. (Рішення яке підходить для завдання)

Blynk IoT дозволяє відображати стан поплавкового датчика у вигляді LED-індикатора («наповнено» / «порожньо») та поточну температуру у вигляді числового поля за допомогою температурного віджета. Тобто при спрацьовуванні будь-якого датчика на смартфон надходить миттєве push-сповіщення, а також буде індикація. Тому це рішення задовільняє вимоги технічного завдання.

Узагальнена класифікація розглянутих рішень наведена у табл. 1.

Таблиця 1.1 – Класифікація рішень для автоматизації та дистанційного керування насосними станціями

| Рішення | Ключові особливості | Умови застосування |
|-----------------------------|--|--|
| Апаратна релейна автоматика | Поплавковий датчик рівня + реле + магнітний пускач. Повністю апаратне рішення без цифрових мереж. Проста та надійна схема. | Невеликі резервуари, колодязі, найпростіші свердловини без потреби в дистанційному контролі. |

| | | |
|---|---|---|
| GSM/SMS-керування | Мікроконтролер + GSM-модем. Надсилення SMS-сповіщень при зміні рівня або температури. Команди через SMS. Потрібна SIM-картка. | Об'єкти без широкопasmового Інтернету: заміські ділянки, польові резервуари, зрошувальні системи. |
| IoT на базі мікроконтролера ESP32 + Blynk IoT | ESP32 + Wi-Fi + хмарний сервіс Blynk. Відображення рівня і температури в реальному часі. Мобільний додаток. Push-сповіщення. | Сучасні приватні будинки, агрогосподарства, промислові резервуари з Wi-Fi або 4G-підключенням. |

Таким чином, серед 4 розглянутих підходів лише IV підхід на базі мікроконтролера ESP32 та хмарного сервісу Blynk IoT забезпечує повноцінне дистанційне керування насосом, контроль рівня рідини та температури з графічною візуалізацією у мобільному додатку. Решта підходів або не мають дистанційного зв'язку взагалі, або реалізують його лише частково чи з обмеженнями. Вибір платформи для керування є ключовим рішенням при проектуванні IoT-системи: необхідно враховувати протоколи зв'язку, безпеку, можливість інтеграції з існуючими сервісами і кошторисом.

Також можна відзначити, що технологія Інтернету речей у сфері керування насосом активно використовується у галузі промислового водопостачання та зрошувального землеробства. Впровадження IoT-рішень у таких системах дозволяє підприємствам, користувачам отримати доступ до обсягу даних про параметри роботи насосного обладнання, що може бути використано для аналізу та прийняття рішень. Дані з IoT-пристроїв допомагають виділяти збій у роботі насосів, виявляти поступове зношення обладнання до того, як воно вийде з ладу, та оптимізувати режими роботи з метою зниження витрат електроенергії. Один із співвласників водогосподарського підприємства Sonny's WaterTech Роберто Андре заявив: "Якщо люди готові досліджувати та використовувати технології, то це може допомогти зробити ведення їхнього бізнесу набагато простим та ефективним".

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

Разом з тим впровадження технології IoT допомагає захистити бізнес та спростити ведення операцій.

Застосування технології Інтернету речей у галузі водопостачання та автоматизації насосних станцій охоплює різні сфери використання, починаючи від промислових об'єктів і закінчуючи приватними домогосподарствами та агропромисловим сектором. У промислових умовах системи IoT-моніторингу встановлюються на потужних насосних станціях водопроводу міст та сіл. Вони в режимі реального часу виділяють порушення в роботі і надають сигнал, що є збій у роботі насосу в центральну диспетчерську. У приватному секторі ці технології застосовуються для автоматизації насосів автономного водопостачання, тобто це захист від “сухого ходу”, контроль наповнення баків, запобігання переповненню резервуарів. В аграрній сфері системи IoT використовуються для автоматизованого управління зрошенням, в тому числі розкладу роботи насосів з урахуванням даних про вологість ґрунту, прогнозу погоди та агрономічних норм поливу.

Важливим чинником при виборі підходу до інтелектуальної насосної станції є вартість впровадження та подальшої експлуатації. Апаратні рішення на поплавкових датчиках та реле коштують 200–600 грн і не потребують жодних витрат, але вони принципово не здатні виконувати функції дистанційного спостереження. GSM/SMS-рішення мають вищу стартову вартість (1 500–5 000 грн) та щомісячні витрати на SIM-картку і SMS-пакети (50–200 грн). Тому IoT-рішення на базі ESP32 та Blynk займають проміжну позицію за стартовою вартістю (400–700 грн) та одночасно надають нульові щомісячні витрати у рамках безкоштовного тарифного плану. Враховуючи функціональність і відповідність до завдання, саме IoT-підхід є оптимальним за співвідношенням “вартість/функціональність” серед усіх розглянутих рішень.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

1.2. Порівняльний аналіз існуючих рішень та обґрунтування вибору прототипу

Для детального порівняння обрано три практично варіанти, що найбільш охоплюють спектр рішень для систем керування насосом із поплавковим датчиком рівня та датчиком температури.

На даний момент для технічного завдання існують такі варіанти вирішення:

Варіант 1: Апаратне рішення на основі одного поплавкового датчика і реле. Схема містить один поплавковий вимикач із нормально замкненим контактом, встановлений на мінімально допустимому рівні, та магнітний пускач ПМЛ або аналог. Тобто при наявності води — контакт замкнений, насос працює; при падінні рівня нижче поплавка — контакт розмикається, насос зупиняється; при поверненні рівня — насос автоматично відновлює роботу. Загальна вартість: 200–800 грн. Система надійна та не дорога, але повністю позбавлена дистанційного інформування і керування.



Рисунок 1.1- Реле рівня рідини DEA602 85/65, поплавкове

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Варіант 2: GSM-контролер з поплавковим датчиком і DS18B20. Спеціалізований GSM-контролер (наприклад, GSM-реле з підтримкою SMS-команд, Рисунок 1) приймає сигнал від поплавкового датчика на дискретний вхід і від DS18B20 на температурний вхід, при відхиленні від норми — надсилає SMS. Стартова вартість: 1500–5000 грн залежно від функціональності. Щомісячні витрати: 50–200 грн на SIM-картку та трафік SMS. Інтерфейс обмежений текстовими командами і повідомленнями; відсутня візуалізація часових трендів параметрів.



Рисунок 1.2 – GSM – контролер King Pigeon RTU5024

Варіант 3: IoT-система ESP32 + Blynk IoT (обраний варіант). Мікроконтролер ESP32-WROOM-32 через Wi-Fi встановлює WebSocket-сесію з хмарним сервером Blynk. Поплавковий датчик рівня підключається до дискретного входу. (стан «є вода» — насос дозволено ввімкнути / «нема води» — насос заблоковано); датчик температури DS18B20 за протоколом 1-Wire з підтягуючим резистором 4,7 кОм. Платформа Blynk IoT у безкоштовному тарифному плані надає: два пристрої, необмежену кількість датапінів, мобільний додаток Blynk App та веб-консоль Blynk.Console.

Порівняння трьох варіантів за ключовими критеріями наведено в табл. 1.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика технічних рішень для системи керування насосом з контролем рівня води та температури

| Критерій оцінки | Поплавок + реле | GSM-контролер | ESP32 + Blynk IoT |
|---|----------------------------|------------------------|---|
| Контроль рівня води у резервуарі | Так (апаратно, 1 точка) | Так (SMS-сповіщення) | Так (у реальному часі, декілька рівнів) |
| Контроль температури рідини | Ні | Так (SMS) | Так (DS18B20, графік у додатку) |
| Дистанційне вмикання / вимикання насоса | Ні | SMS-командою | Кнопка в мобільному додатку |
| Автоматика за рівнем води | Так (апаратно) | Частково | Так (програмно, налаштовуваний поріг) |
| Автоматичний перезапуск при відновленні рівня | Ні (потрібна окрема схема) | Частково (SMS) | Так |
| Push / SMS-сповіщення на телефон | Ні | SMS, голосовий дзвінок | Push-повідомлення |
| Мобільний додаток з графіками | Ні | Ні (звичайний телефон) | Так (Blynk App, iOS / Android) |
| Потреба у мережі Інтернет | Не потрібна | GSM-мережа | Wi-Fi або 4G |
| Початкова вартість | 200–800 грн | 1 500–5 000 грн | 400–800 грн |
| Щомісячні витрати | 0 грн | 50–200 грн (SIM) | 0 грн (базовий план) |
| Придатність для тех. завдання | Обмежена | Частково придатне | Цілком придатний |

З табл. 1.2 бачимо, що апаратне рішення на поплавках виграє лише за повною незалежністю від мереж зв'язку та відсутністю операційних витрат, але принципово не здатне виконувати функції дистанційного моніторингу. GSM-варіант забезпечує базове сповіщення, але потребує постійних витрат і не має зручного графічного інтерфейсу. Найкраще рішення ESP32 + Blynk IoT перевершує обидва альтернативних варіанти

за функціональністю, має низьку вартість і не потребує жодних щомісячних витрат.

Важливим фактором при виборі рішення є також розширення системи. Платформа ESP32 + Blynk IoT надає можливість підключити додаткові датчики та виконавчі пристроїв без принципових змін апаратної частини. Наприклад, у майбутньому до системи можна додати сенсор тиску в трубопроводі або датчик вологості навколишнього середовища. Інтеграція нових компонентів здійснюється на програмному рівні через додавання відповідних бібліотек та опрацювання з даних датчиків у прошивку мікроконтролера та нових віджетів у мобільний додаток. Завдяки цьому система буде залишається відкритою до розширення протягом усього свого терміну експлуатації.

Також потрібно звернути увагу на безпеку передачі даних. Платформа Blynk IoT використовує протокол WebSocket поверх захищеного з'єднання TLS, що виключає можливість перехоплення команд керування насосом зловмисниками. Також пристрій аутентифікується унікальним токеном, а доступ до веб-панелі та мобільного додатку захищений обліковим записом користувача. У порівнянні з GSM-рішеннями, де SMS-команди передаються у незашифрованому вигляді і теоретично можуть бути підроблені, тому IoT-підхід на базі Blynk забезпечує значно вищий рівень захисту для систем, що керують реальними виконавчими механізмами.

Окрім технічних характеристик і вартості, при виборі рішення необхідно враховувати легкість налаштування та навчання. Платформа Blynk IoT має одну з ключових переваг — простота використання. Платформа надає зручний інтерфейс, який дозволяє розробникам швидко створювати власні застосунки для керування інтелектуальними пристроями без необхідності глибоких знань у програмуванні. Blynk має велику кількість готових віджетів та елементів управління, які можна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

легко налаштувати і використовувати у своїх проєктах. Наприклад, додавати новий датчик до системи в Blynk зводиться до трьох кроків: підключення датчика до GPIO-порту ESP32, додавання віртуального піна у функції обробки даних та розміщення віджету у мобільному застосунку. Варто зазначити, що процес займає кілька хвилин і не потребує перезапуску всієї системи, але інколи є виключення.

Аналітики галузі інтелектуальних систем прогнозують, що до 2030 року більшість нових систем автоматизації по типу “розумний будинок” та великі, середні, малі бізнеси будуть реалізовані за допомогою подібних IoT-платформ. Як бачимо у сьогоднішній час зростання зацікавленості у сфері IoT призвело до розширення вибору платформ для зв’язку, які можуть бути використані для підключення й управління пристроями Інтернету речей. Маємо врахувати, що вибір платформи для зв’язку є важливим етапом у реалізації проєктів Інтернету речей. Ретельний аналіз наших потреб, функціональності та вимог до безпеки допоможе зробити найкращий вибір. Крім того, необхідно бути готовим до можливих змін, оскільки технологія Інтернету речей продовжує розвиватись і змінюватись. Це підтверджує, що обраний нами підхід на базі ESP32 + Blynk є не лише актуальним на сьогодні, а й перспективним на майбутнє.

Розробка додатку для системи керування насосною станцією у сервісі Blynk IoT відбувається у кілька послідовних кроків. Крок перший: реєстрація та налаштування проєкту в Blynk IoT. Користувачу надається унікальний токен проєкту, який необхідно використовувати для з’єднання апаратного пристрою з Blynk-сервером. Після створення проєкту налаштовуються віджети (кнопки, дисплеї, індикатори), які будуть використовуватися для керування та моніторингом системи. Крок другий: підключення мікроконтролера ESP32 до Blynk IoT і налаштування прошивки зі змінними параметрами Wi-Fi та Auth Token.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Крок третій: налаштування віджетів у мобільному додатку та тестування. Крок четвертий: тестування та вдосконалення — проводяться тестовий запуск насоса, перевірка реакції системи на зміну рівня рідини та спрацьовування датчика температури.

1.3 Вибір прототипу та його технічні характеристики

За підсумками порівняльного аналізу та патентного пошуку в базах Укрпатент і Google Patents (аналоги знайдені але без апаратних рішень IoT чи дорогих промислових систем на закритих платформах) як пристрій-прототип обрано ESP32 + Blynk IoT + поплавковий датчик рівня + DS18B20. Дане поєднання не охоплюється жодним із знайдених патентів, що підтверджує унікальність.

Технічні та функціональні характеристики обраного прототипу:

– мікроконтролер: ESP32 WeMos LOLIN32 (Flash 4 МБ, SRAM 520 КБ, Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, 34 програмованих GPIO);

– датчик рівня води: поплавковий вимикач вертикального типу (нормально замкнений контакт). Логіка: HIGH — вода є, насос дозволено ввімкнути; LOW — рівень впав нижче позначки, насос вимикається + світлодіодна індикація); при поверненні рівня (HIGH) насос автоматично відновлює роботу;

– датчик температури: Maxim DS18B20 (протокол 1-Wire, GPIO4, підтягуючий резистор 4,7 кОм; діапазон вимірювання $-55...+125$ °C; роздільна здатність 12 біт = $0,0625$ °C; похибка $\pm 0,5$ °C у діапазоні $0...+85$ °C);

– хмарна платформа та інтерфейс: Blynk IoT, мобільний додаток Blynk App (iOS / Android) або веб-інтерфейс Blynk; протокол WebSocket / HTTPS;

– відображення: LED-індикатор стану датчика рівня («є вода» / «рівень низький — насос зупинено»), числовий дисплей температури, кнопка ручного керування насосом;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

– сповіщення: push-повідомлення при падінні рівня нижче допустимого (насос зупинено), відновленні рівня і автоматичний запуск насоса, перевищенні температурного порогу ($T >$ налаштованого значення), втраті з'єднання пристрою з хмарою;

– живлення: адаптер 5 В / 2 А

– орієнтовна вартість апаратної частини: 400 – 700 грн; щомісячні операційні витрати: 0 грн.

Важливою перевагою даного прототипу є можливість розширення функціоналу без суттєвих змін. Завдяки наявності 34 програмованих GPIO-портів мікроконтролера ESP32, у майбутньому систему можна розширити: додати другий датчик рівня для контролю верхньої межі наповнення резервуару, підключити реле захисту від “сухого ходу” з таймером затримки вмикання, або інтегрувати лічильник витраченої електроенергії (наприклад, через ACS712).



Рисунок 1.3 - Датчик струму ACS712

Протокол 1-Wire датчика DS18B20 дозволяє підключати до одного GPIO-порту до 127 датчиків температури одночасно, кожен з яких має унікальну 64-бітну адресу ROM. Це відкриває можливість моніторингу температури одночасно у кількох точках системи (наприклад, у резервуарі, у трубопроводі та у двигуні насоса) без будь-яких апаратних змін схеми.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

Для комутації насосної станції, що живиться від мережі 220 В змінного струму, у схемі є можливість передбачити силовий модуль на основі одноканального реле з котушкою 5 В та нормально-розімкненим контактом, розрахованим на струм до 10 А. Керуючий сигнал порту ESP32 через транзисторний ключ управляє котушкою реле

У сучасному світі, де інформація є ключовим елементом управління будь-яким технологічним процесом, вибір пристроїв виведення та відображення даних набуває великого значення. Для локального відображення стану системи насосної станції (рівень рідини, температура, стан насоса) може бути застосований OLED-дисплей із контролером SSD1306, що підключається до мікроконтролера ESP32 через інтерфейс I2C. Такі дисплеї відрізняються низьким енергоспоживанням (до 0,08 Вт), широким кутом огляду (160°) та можливістю роботи від напруги живлення 3,3 В, що повністю сумісно з рівнями логіки ESP32. Але так як відображення інформації відбувається в додатку, то цей пристрій виведення не буде потрібний у нашому варіанті.

Живлення системи здійснюється від стандартного мережевого адаптера 5В/2А. Від напруги 5 В має живитися модуль реле та котушка, а сам мікроконтролер ESP32 живиться від 3,3 В через вбудований стабілізатор на платі WeMos LOLIN32. Така схема забезпечує надійну роботу всієї системи за умови, що мережа яка живить систему повністю стабільна та без скачків напруги.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

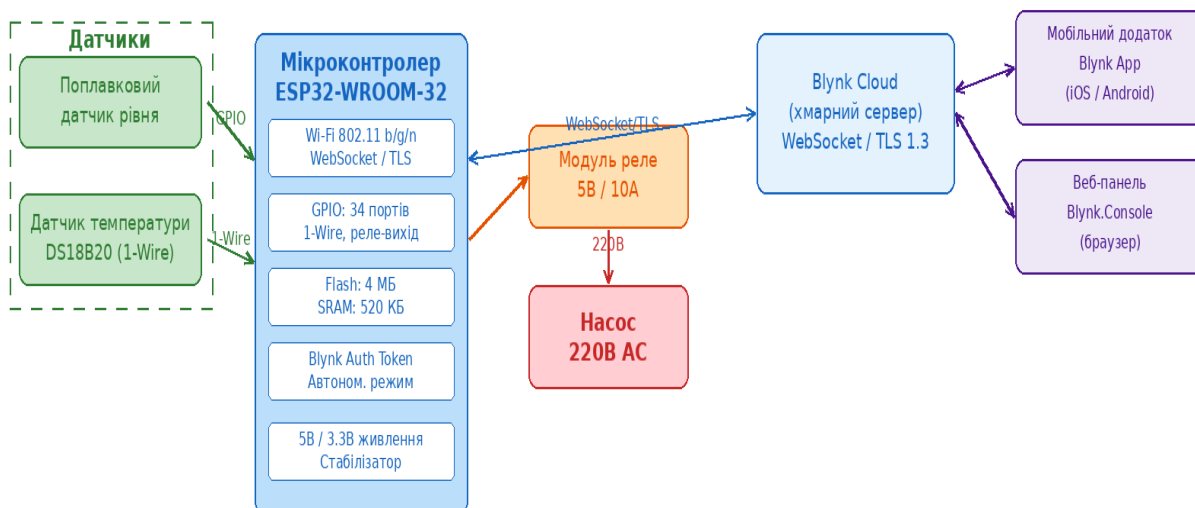


Рисунок 1.4 – Структурна схема системи керування насосною станцією

Після завершення налаштування апаратної та програмної частини системи необхідно провести тестування. Тестування складається із декількох етапів. На першому етапі перевіряється зв'язок між ESP32 і хмарним сервером Blynk: у мобільному додатку пристрій повинен відобразитись як “В мережі”. На другому етапі виконується імітація спрацьовування поплавкового датчика шляхом ручного переведення контакту в стан LOW — перевіряється вимкнення реле, зміна індикатора у додатку. На третьому етапі перевіряється відповідність показань DS18B20. Четвертий етап — перевірка ручного керування насосом через кнопку у додатку.

Орієнтовна вартість апаратної частини обраного прототипу складає 500–700 грн, що є значно нижчою за вартість будь-якого промислового GSM-контролера або SCADA-системи. При цьому функціональність ESP32 + Blynk IoT не гірша за більш дорогі рішення за основними параметрами: дистанційне керування, моніторинг у режимі реального часу та автоматичний захист обладнання. Також щомісячні операційні витрати рівні нулю в рамках безкоштовного тарифного плану

Blynk. Єдиними обов'язковими умовами є наявність Wi-Fi-покриття на об'єкті та акаунту Blynk (безкоштовний). Ці умови є реальними для абсолютної більшості сучасних об'єктів приватного та малого бізнес-сектора, де встановлюються насосні системи водопостачання.

Порівняння технічних характеристик мікроконтролера ESP32 з іншими поширеними платформами показує очевидні переваги обраного рішення. Arduino Uno, наприклад, позбавлений вбудованого Wi-Fi модуля і потребує окремого зовнішнього модуля ESP8266, що збільшує вартість та ускладнює монтаж. Raspberry Pi має значно вищу вартість та потребує операційної системи, що не задовольняє потреби для завдань простого керування. STM32 не має вбудованого Wi-Fi і потребує також зовнішнього модуля та більш складного середовища розробки. Натомість ESP32 за ціною 150–250 грн (залежить від моделі, ціна може бути і вища за 250 грн) надає: 34 GPIO, Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, 4 МБ Flash і 520 КБ SRAM, вбудований двоядерний процесор. Усі ці характеристики у поєднанні з підтримкою Arduino IDE роблять ESP32 оптимальним вибором для реалізації нашої IoT-систем середнього рівня складності.

Важливим аспектом обраного рішення є програмна платформа Blynk IoT, яка є однією з провідних хмарних платформ для розробки IoT-пристроїв та промислового Інтернету речей (IoT). Платформа забезпечує повний цикл розробки: від підключення апаратної частини до розгортання готового продукту з веб- і мобільним інтерфейсом. Архітектура Blynk IoT складається з трьох основних компонентів: апаратного пристрою (Hardware), хмарного сервера Blynk Cloud та клієнтських додатків (Web Dashboard і Mobile App). Взаємодія між ESP32 і хмарою відбувається через захищений протокол WebSocket поверх TLS (Transport Layer Security), що гарантує єдність і цілісність передачі даних.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КПТР. 22081.01.11 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 18 |

Мікроконтролер встановлює постійне з'єднання із сервером Blynk Cloud та обмінюється даними через концепцію “віртуальних пінів” (Virtual Pins, V0–V255). Кожен віртуальний пін може передавати значення будь-якого типу.

Безкоштовний тарифний план Blynk надає розробнику: підключення до 2 апаратних пристроїв, необмежену кількість датапінів для передачі даних, можливість конфігурації до 5 автоматизацій. (Для обраного проєкту безкоштовний план є цілком достатнім, оскільки система містить один пристрій (ESP32) та обмежений набір датчиків. Відсутність будь-яких платних підписок роблять систему фінансово доступною для домашнього використання.

Бібліотека Blynk для Arduino IDE надає зручний API для роботи з платформою. Ключові функції: Blynk.begin() для ініціалізації з'єднання з хмарою з використанням токена автентифікації (Auth Token). Завдяки вбудованому таймеру бібліотеки Blynk є можливість послідовно із певною затримкою викликати функції обробки даних із датчиків, це дає те що виведення даних буде стабільним на додаток.

У межах підготовки до проєкту було здійснено патентний пошук у базах даних Укрпатент та Google Patents за ключовими словами: “IoT float sensor ESP32 pump monitoring Blynk”, “water level control ESP32 cloud”, “насосна станція IoT автоматизація”. В результаті пошуку виявлено ряд патентів та публікацій, що охоплюють суміжні технічні рішення, однак жоден із них не описує запропоноване поєднання ESP32 + Blynk IoT + поплавковий датчик + DS18B20 у єдиному комплексі із заявленим функціоналом.

Серед знайдених наукових публікацій особливу увагу заслуговує стаття Mustapha I. та Teow M.-H. “IoT-Based Water Monitoring Systems: A Systematic Review” (MDPI Water, 2022), у якій систематизовано понад 80 наукових праць за напрямом IoT-моніторингу водних ресурсів. Автори

виділяють три основних параметри, що контролюються в подібних системах: рівень рідини, температура та якість (рН, мутність). Дана робота підтверджує актуальність теми та відзначає, що ESP32 + хмарна платформа є домінуючим апаратним рішенням в сучасних наукових дослідженнях цього напрямку. Також автори наголошують на важливості зворотного зв'язку між системою та користувачем у режимі реального часу — що є ключовою перевагою платформи Blynk IoT відносно статичних рішень на базі ThingSpeak

Проаналізовано також роботу Dautov R. T. та ін. “IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks” (MDPI Water, 2022). У цій статті описано систему, подібну до нашої: мікроконтролер ESP8266 з датчиком рівня (ультразвуковий HC-SR04) та реле для керування насосом. Проте автори не використовують поплавкові датчики та датчики температури, а як хмарна платформа обрано ThingSpeak, що має суттєві обмеження щодо двостороннього керування.

Для відображення поточного стану системи у мобільному додатку використовуються такі віджети Blynk: LED-індикатор (“є вода” / “рівень низький”) прив'язаний до віртуального піна; числовий дисплей температури; кнопка ручного керування насосом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ

2.1 Платформа для розробки та структурна схема

Для початку, щоб вибрати нам платформу для розробки нашого інтерактивного насосу потрібно дізнатись, які ж протоколи зв'язку ми будемо брати, щоб вибрати платформу для цього. Тому розглянемо які ж використовують технології Інтернет речей.

Найчастіше IoT використовує велику кількість варіантів мереж зв'язку для передачі даних, починаючи від мережі на тілі людини BAN (Body Area Network), яка працює на відстані кілька десятків сантиметрів, аж до всесвітньої мережі Інтернет. Комунікації малої дальності використовують такі технології, як RFID, NFC, Bluetooth, Wi-Fi н. Комунікації великого радіусу дії реалізуються з урахуванням різних стільникових мереж (3G/4G/5G), мереж бездротового широкосмугового доступу WiMAX, мереж позиціонування GPS/ГЛОНАСС та інші [3].

Згідно нашого завдання саме технологія Wi-Fi буде використана для управління нашою насосною станцією, тому розглянемо саме її та декілька інших технологій.

Технологія Wi-Fi, WiFi (від англ. Wireless Fidelity, — Безпроводна точність) — це торгова марка Wi-Fi Alliance та загальноживана назва для стандарту IEEE 802.11 передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. Обладнання, що відповідає стандарту IEEE 802.11, може бути протестовано Wi-Fi Alliance та отримати відповідний сертифікат і право нанесення логотипу Wi-Fi.

Розвиток цієї технології розпочався ще з середини 1990 рр. а на технологія передачі інформації по радіоканалу була розроблена і застосована в основному в локальних мережах великих корпорацій. Зв'язок з абонентом був організований через так звані точки доступу підключені до кабельної інфраструктури компаній. До цієї точки могло

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

бути підключено до 20 абонентів одночасно які знаходились в радіусі декількох десятків метрів. Спочатку термін «Wi-Fi» використовувався як позначення технології, що забезпечував зв'язок в діапазоні 2,4 ГГц і що працював за стандартом 802.11b швидкість передачі цього протоколу становила 11 Мбіт/с. Наразі в сучасному світі існує найпоширеніший стандарт це 802.11n швидкість якого становить 150-200 Мбіт/с.

Стандарт 802.11n розроблявся більше 7 років. У 2007 році була затверджена «чорнова» версія 802.11n Draft 2.0, в порівнянні з якою в остаточний варіант внесені тільки необов'язкові доповнення. Таким чином, випущені за останні два роки до стандартизації пристрої «Draft n» були повністю сумісні з фінальною версією, тому нове устаткування зможе працювати також з пристроями попередніх поколінь 802.11a/b/g.

Варто зауважити, що висока швидкість досягається завдяки технології багатопотокової передачі даних (MIMO — multiple-input multiple-output). Приймачі і передавачі оснащуються кількома антенами. Безпроводна мережа 802.11n може працювати в двох частотних діапазонах і забезпечує розширену зону прийому в порівнянні з попередньою версією.

Ще однією технологією для Інтернет речей є Bluetooth — це інтерфейсна безпроводова технологія. Діаметр мережі 10- 30 м (у перспективі — 100 м). Працює в багатопунктовому режимі, не обов'язково в зоні прямої видимості. Головне призначення — створення побутових мереж, приєднання мультимедійної периферії, пральних машин, холодильників тощо. Концепцію мережі Bluetooth розробила 1994 р. шведська фірма Ericsson. В 1997 р. створено перші приймачі-передавачі. У 1998 р. сформовано групу SIG, у яку ввійшли Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba [4].

Технологія NFC призначена для обміну різною інформацією, наприклад, картинками, музичними файлами, номерами телефонів, або

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

ключами цифрової авторизації між двома розташованими близько один до одного пристроями з підтримкою NFC. Це можуть бути смарт-картка, будь-які портативні пристрої, а також зчитувальні пристрої RFID. Дана технологія може використовуватися в якості ключу доступу до даних або служб (електричний замок, або безготівкова оплата). На відміну від усіх інших технологій безконтактного зв'язку, які можуть передавати дані тільки від активного пристрою до пасивного, NFC може здійснювати обмін інформації між двома активними пристроями [5].

Для наших потреб в якості апаратної платформи для IoT- системи керування насосною станцією обрано ESP32 WeMos LOLIN32 на базі 32-х розрядного процесора зображений на рисунку 2.1.

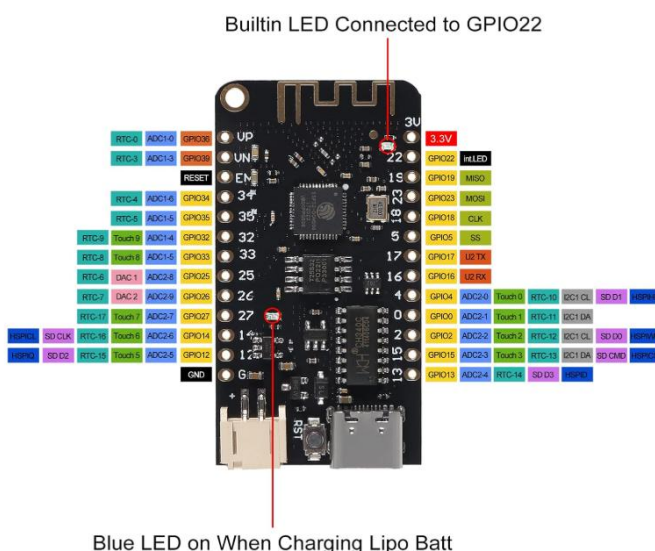


Рисунок 2.1 - ESP32 WeMos LOLIN32

Модуль ESP32-WROOM-32 є сучасним 32-бітним мікроконтролером з двома ядрами Tensilica Xtensa LX6, що працюють на частоті до 240 МГц. Він має вбудовану пам'ять типу Flash обсягом 4 МБ, а також близько 520 КБ оперативної пам'яті (SRAM), чого достатньо для реалізації широкого спектра задач, пов'язаних із передачею даних, обробкою сигналів, логікою керування тощо.

Однією з головних переваг ESP32 є наявність інтегрованих бездротових модулів — Wi-Fi (стандарт 802.11 b/g/n) та Bluetooth (версії 4.2, з підтримкою BLE). Це дозволяє створювати пристрої, що можуть працювати у мережах Інтернету речей, передавати дані на сервери, отримувати команди дистанційно або взаємодіяти з іншими пристроями без додаткових модулів зв'язку.

Плата LOLIN32 оснащена всіма необхідними елементами для комфортної розробки: вона має USB-інтерфейс для програмування (зазвичай на базі чіпа CP2104 або CH340), а також спеціальний роз'єм для підключення літєвого акумулятора. При цьому вбудований зарядний модуль дозволяє жити платі автономно — без необхідності постійного підключення до мережі. Таке рішення ідеально підходить для розробки мобільних, портативних або енергонезалежних пристроїв.

Логічний рівень усіх входних/вихідних портів становить 3.3 В, тому при підключенні зовнішніх компонентів, особливо таких, що працюють на 5 В, слід використовувати відповідні рівнетранслятори або резисторні дільники. Усього користувачеві доступно до 26 цифрових портів, більшість із яких можуть виконувати додаткові функції: аналогове введення (ADC), цифро-аналогове перетворення (DAC), широтно-імпульсна модуляція (PWM), серійні інтерфейси (I2C, SPI, UART) тощо. Це дозволяє гнучко адаптувати плату під потреби конкретного застосування, підключаючи датчики, двигуни, дисплеї та інші периферійні пристрої.

Завдяки сумісності з популярними середовищами розробки — такими як Arduino IDE, PlatformIO або MicroPython — ця плата є зручною як для початківців, так і для досвідчених розробників. Наявність підтримки режимів енергозбереження (сон, глибокий сон) робить її особливо ефективною в енергонезалежних системах, де критичним є час автономної роботи [6].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Структурна схема проєкту представлена на рис 2.2.

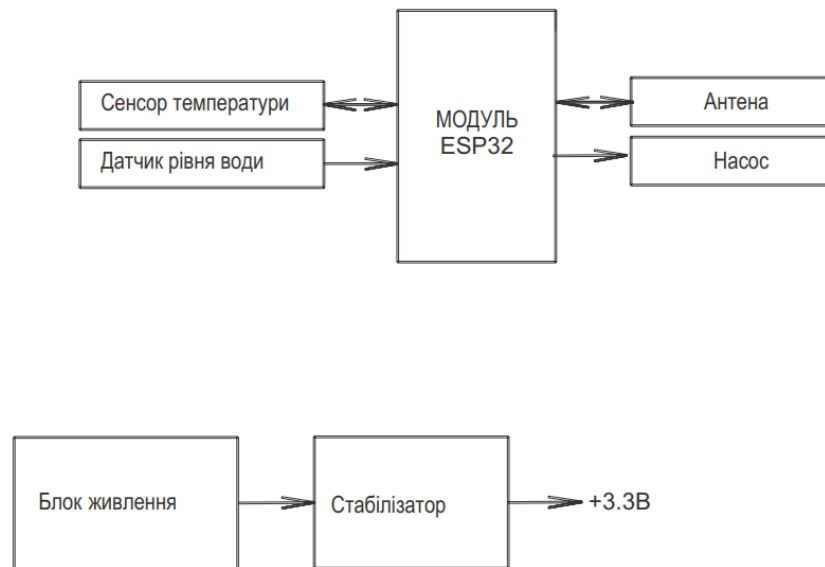


Рисунок 2.2 – Структурна схема

Інформацію з сенсора температури DS18B20, модуль ESP32 передає до хмарного середовища Blynk IoT. Після чого дані сенсора можна побачити через інтерфейс користувача в додатку Blynk IoT, який показує температуру води, також температура може виводитись і на фізичний дисплей. Датчик рівня води сигналізується індикатором. Коли рівень води піднятий, такий як треба, щоб працював насос, індикатор буде увімкнений та буде сигналізувати що рівень в нормі. Якщо ж рівень води впаде, то датчик розімкнеться, тим самим індикатор вимкнеться. Таким чином це буде свідчити, що вода нижче рівня і що насосна станція вимкнеться, коли ж рівень підніметься, насос знову запрацює. Живлення схеми відбувається від стандартного блоку живлення 5В. При цьому від напруги 5В живиться блок керування насосом. Решта вузлів схеми живиться від напруги 3.3В.

2.2 Пристрої введення

До пристроїв введення у відповідності до структурної схеми (рис 1.2) можна віднести:

- Сенсор температури води.
- Датчик рівня води

В якості сенсора температури води використано цифровий сенсор DS18B20 у вологозахищеному корпусі вигляд представлено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Сенсор температури DS18B20

DS18B20 – це високоточний цифровий сенсор. Розроблений компанією Maxim Integrated Products. Працює за протоколом 1 – Wire, тобто він може передавати дані температури по одному дроту. Це забезпечує зручну інтеграцію з різними пристроями, такими як різні мікроконтролери, мікропроцесори , Arduino та ESP32 та інші.

Основні переваги та особливості:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

1. Висока точність вимірювання: DS18B20 забезпечує точне визначення температури з похибкою до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ у робочому діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому сенсор підходить для систем, де необхідна висока достовірність даних.

2. Підтримка різної роздільної здатності: Датчик дозволяє обирати роздільну здатність вимірювання — 9, 10, 11 або 12 біт. Це дає змогу балансувати між точністю показань та швидкістю вимірювання залежно від вимог пристрою чи застосування.

3. Компактний та універсальний форм-фактор: DS18B20 виготовляється у малогабаритному корпусі TO-92, а також у вигляді герметичних зондів. Такий формат полегшує монтаж у різноманітні системи — від побутових пристроїв до промислового обладнання.

4. Гнучкість у підключенні: Хоча основний інтерфейс сенсора — 1-Wire, він легко інтегрується у системи на базі мікроконтролерів, що працюють з I2C чи SPI, за допомогою відповідних адаптерів або контролерів. Така сумісність розширює можливості його використання та спрощує інтеграцію у складні проекти [7].

Сенсором рівня води було вибрано на основі гекона та магнітного поплавка. Він призначений для інформування про зниження рівня води в резервуарі. Принципом дії, є те що як тільки рівень води падає нижче встановленого рівня (залежить де встановлений датчик) поплавков опускається і контакти гекона розмикаються, тим самим сигналізуючи, що рівень води впав. Представлено на рисунку 2.4 [8].

До технічних характеристик можна віднести:

- Максимальна напруга комутації: 220 В;
- Струм комутації: 0,5 А;
- Робочий температурний діапазон: $-10-60^{\circ}\text{C}$;
- Максимальний опір контакту – 100 Ом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |



Рисунок 2.4 – Сенсор рівня води

2.3 Пристрої виведення

До пристроїв виведення можна віднести:

- Індикаторні світлодіоди
- OLED-дисплей для виведення показів температури (за бажанням)

Оскільки насос та інші сенсорні елементи схеми є досить потужними споживачами, їх керування здійснюється через 4-канальний релейний модуль (рис. 2.5). Модуль живиться від напруги +5 В. Кожне з чотирьох реле здатне комутувати навантаження струмом до 10 А при напрузі до 250 В. При цьому власне споживання струму самим реле становить від 15 до 20 мА. Додатково модуль оснащений оптичною розв'язкою на основі оптронів PC817, що забезпечує електричну ізоляцію між керуючою та силовою частинами схеми.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |



Рисунок 2.5 - 4-х канальный модуль реле

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА РОЗРОБКА

3.1 Схема підключення модуля ESP32

Модуль ESP32 підключається за типовою схемою (рисунок 3.1). Резистор R1 виконує функцію підтягуючого резистора до лінії живлення, що забезпечує стабільний логічний рівень на вході у відсутності активного сигналу. Його значення обирається від 3 до 33 кОм, але цей малий опір призведе до зайвого споживання струму, а великий може спричинити нестабільну роботу. З таблиці стандартного ряду значень беремо $R1 = 10 \text{ кОм}$.

Резистор R2 обмежує струм через світлодіод D1, захищаючи його від пробою. Для розрахунку його опору застосуємо формулу (3.1):

$$R2 = \frac{V_{U3} - V_{D1}}{I_{D1}} \quad (3.1)$$

де:

V_{U3} - вихідна напруга модуля ESP32, що становить 3,3 В;

V_{D1} - пряме падіння напруги на світлодіоді (для червоного — 2,2 В);

I_{D1} - номінальний робочий струм світлодіода, рівний 5 мА.

Підставивши всі значення у формулу (3.1), маємо:

$$R2 = \frac{3,3 - 2,2}{0,005} = \frac{1,1}{0,005} = 220 \text{ Ом}$$

Отже, бачимо що 220 Ом відповідає значенню зі стандартного ряду номіналів, тому такий струм забезпечує достатню яскравість світіння діода без надмірного навантаження на виходи мікроконтролера.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

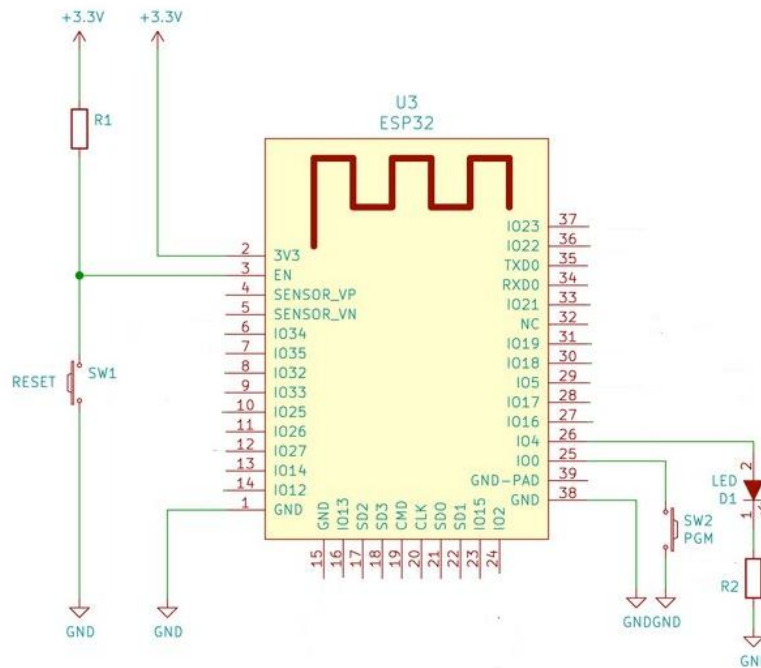


Рисунок 3.1 – Схема включення модуля ESP32

Для забезпечення стабільного та надійного живлення модуля ESP32 використаємо регульований лінійний стабілізатор напруги LP38513-ADJ, схема підключення якого представлена на рисунку 3.2. Перевагою такого стабілізатора є широкий діапазон вхідних напруг та здатність забезпечувати значний вихідний струм, що робить його придатним для живлення мікроконтролерних систем. Він має такі технічні характеристики:

Вхідна напруга: 2,5 - 5,5 В;

Вихідна напруга: 0,5 - 4,5 В;

Максимальний вихідний струм: 3 А;

Робочий діапазон температур: від -40 до +125 °С;

Тип корпусу: ТО-263;

Максимальне падіння напруги при струмі 3 А: 500 мВ.

Зазначим, що невелике падіння напруги (500 мВ) дозволяє використовувати стабілізатор навіть при незначній різниці між вхідною

та вихідною напругами, що зменшує тепловиділення та підвищує енергоефективність пристрою.

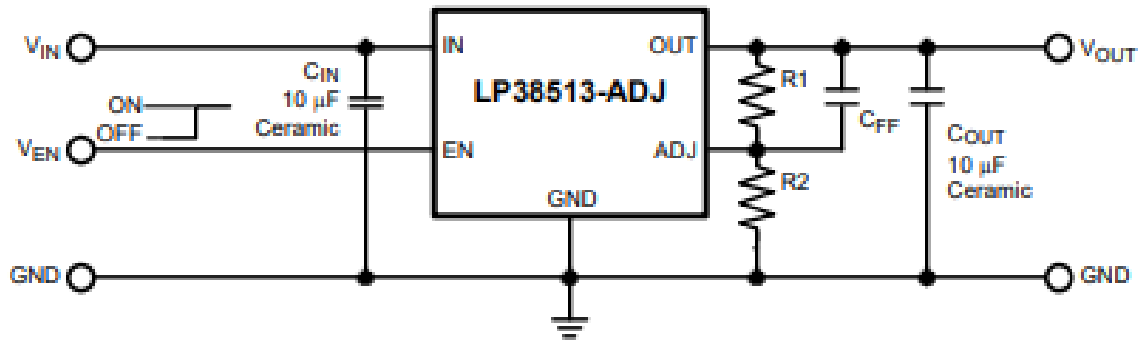


Рисунок 3.2- Схема включення LP38513-ADJ

Згідно з технічною документацією, вихідна напруга стабілізатора визначається співвідношенням резисторів дільника R1 та R2 за формулою:

$$V_{out} = V_{ADJ} \cdot \left(1 + \frac{R1}{R2}\right), \quad (3.2)$$

де $V_{ADJ} = 500$ мВ — внутрішня опорна напруга стабілізатора, а резистор R1 обираєм рівним 2 кОм як базове значення дільника.

Для отримання на виході стабілізованої напруги 3,3 В, необхідної для живлення ESP32, знайдем опір R2 з формули (3.2):

$$R2 = \frac{R1}{\frac{V_{OUT}}{V_{ADJ}} - 1} = \frac{2\text{кОм}}{\frac{3.3\text{В}}{0.5\text{В}} - 1} = 357,14\text{Ом}.$$

Це розрахункове значення $R2 = 357,14$ Ом не є стандартним номіналом, тому з таблиці ряду резисторів обираємо найближче значення $R2 = 357$ Ом з допуском 1%.

3.2 Пристрої введення даних

Як зазначалося у попередньому розділі, до пристроїв введення даних для даної схеми належать два основних елементи:

Сенсор рівня води;

Сенсор температури.

В основі сенсора рівня води використовується геркон у парі з постійним магнітом. Геркон є електромеханічним комутаційним елементом, контакти якого замикаються або розмикаються під дією магнітного поля. Але так як при спрацюванні геркона виникає небажане явище — дрижання контактів, яке може призводити до хибних спрацювань у схемі зчитування. Для цього ефекту застосовується інтегруюче RC-коло, схема якого наведена на рисунку 3.3.

RC-коло згладжує перехідні процеси завдяки накопиченню заряду на конденсаторі, та дозволяє напрузі миттєво змінюватися при дрижанні контактів. Характеристикою такого кола є постійна часу τ , яка визначає швидкість реакції схеми і розраховується за формулою:

$$\tau = R \cdot C. \quad (3.3)$$

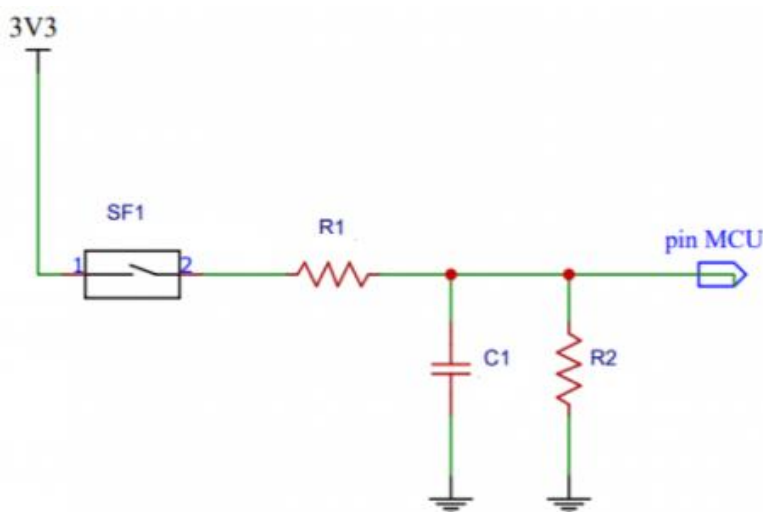


Рисунок 3.3- Схема включення сенсору рівня води

Щоб ефективно усунути дрижання контактів геркона, постійна часу RC-кола має перевищувати 0,1 мс. Виходячи з цієї умови,

прийємо ємністю конденсатора $C1 = 0,1$ мкФ як зручним стандартним значенням. Тоді з формули (3.3) можна визначити необхідний опір резистора $R1$:

$$R1 = \frac{\tau}{C1} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Розраховане значення $R1 = 2000$ Ом, що відповідає номіналу зі стандартного ряду резисторів, тому приймаємо $R1 = 2$ кОм. Така схема забезпечує надійне придушення перехідних процесів при комутації геркона.

Для коректної роботи сенсора температури води його сигнальна лінія потребує підключення підтягуючого резистора до шини живлення (рис. 3.4). Згідно з технічними вимогами, опір такого резистора повинен знаходитись у діапазоні від 1 до 10 кОм - менші значення призводять до зайвого споживання струму, а більші можуть спричинити спотворення сигналу через паразитні ємності лінії. З таблиці стандартного ряду номіналів обираємо для резисторів $R1$ та $R12$ значення 4,7 кОм, як таке, що знаходиться приблизно посередині допустимого діапазону та забезпечує оптимальний баланс.

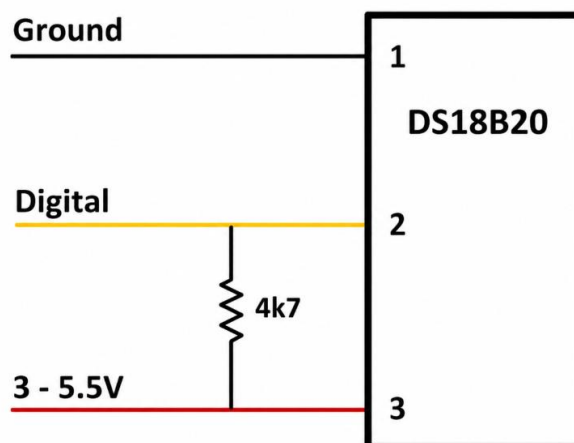


Рисунок 3.4 - Схема включення сенсора температури води

3.3 Пристрої виведення даних

Керування пристроями виведення здійснюється через реле (рис. 3.5). Так, як сигнали керування надходять безпосередньо з виводів мікроконтролера ESP32, для захисту керуючої електроніки від можливих перешкод та перепадів напруг з боку силових кіл застосовується гальванічна розв'язка на транзисторних оптронах 817С. У вхідне коло кожного оптрона послідовно увімкнено світлодіод, який своїм світловим випромінюванням керує відкриттям транзистора у вихідному колі, тому повну електричну ізоляцію між керуючою та силовою частинами схеми.

Матимемо на увазі, що через обидва світлодіоди протікає однаковий струм величиною 5 мА, а падіння напруги на кожному з них становить 1,8 В. Для обмеження струму через вхідне коло оптрона 817С розрахуємо опір обмежуючого резистора за допомогою такої формули та обчислення:

$$R_o = \frac{U_{vcc} - U_{817C} - U_{IN}}{I_{817C}} = \frac{5 - 1,8 - 1,8}{5 \cdot 10^{-3}} = 280 \text{ Ом}$$

Отже, розрахункове значення 280 Ом точно відповідає номіналу зі стандартного ряду резисторів, що гарантує точне дотримання заданого режиму роботи оптронів. Таким чином, резистори R1, R4, R5 та R8 обираються номіналом 280 Ом з допуском 1%, що забезпечує стабільну та надійну роботу кіл керування релейним модулем.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

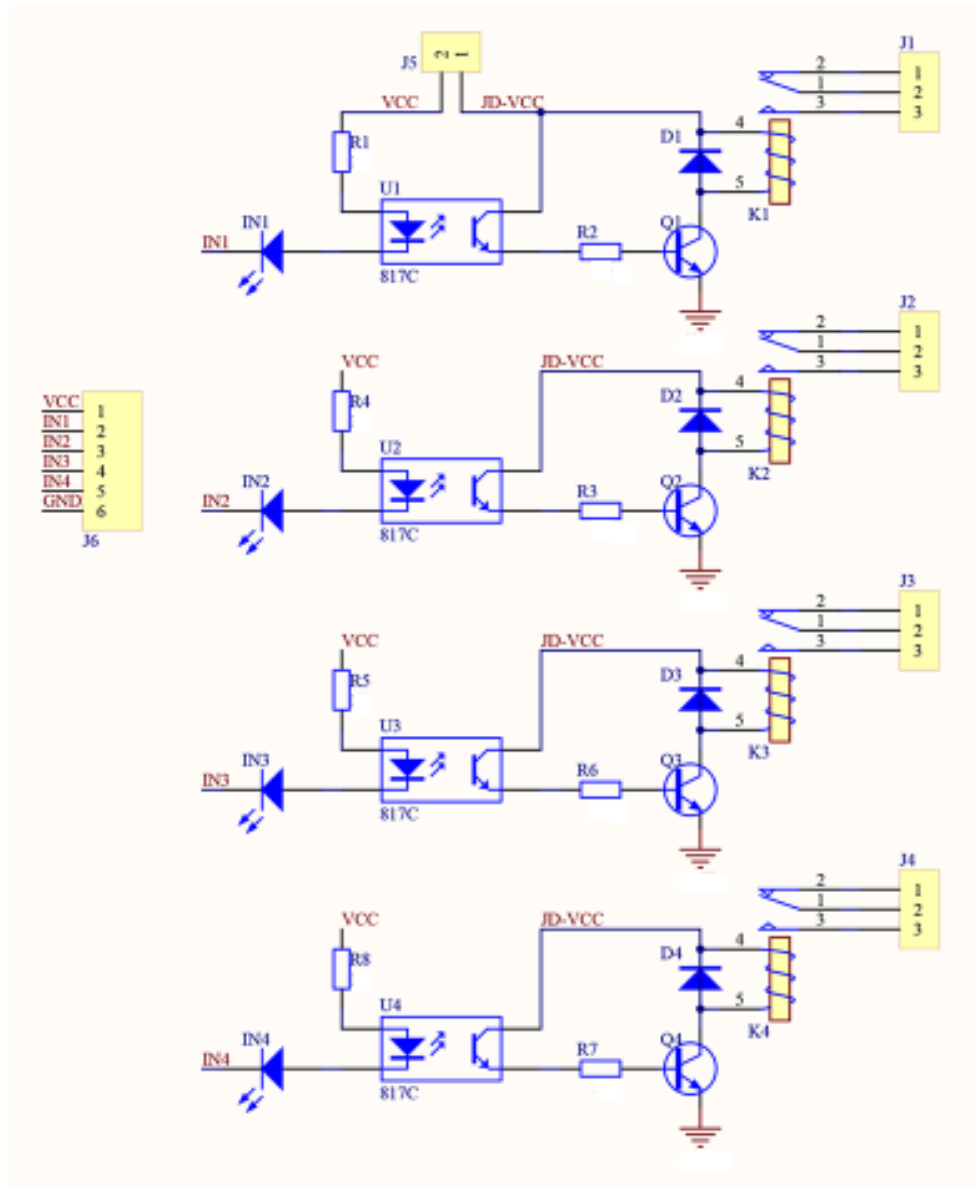


Рисунок 3.5 - Схема комутатора пристроїв виведення

Котушки реле підключені до транзисторних ключів, які виконують функцію підсилювачів струму, оскільки виходи мікроконтролера ESP32 не здатні забезпечити достатній струм для надійного спрацювання реле. Для визначення номіналу резисторів R2, R3, R6 та R7, розташованих у колі бази транзистора, розрахуємо струм бази за формулою:

$$I_B = \kappa_{нас} \frac{I_K}{\beta}, \quad (3.4)$$

де:

$\kappa_{\text{нас}}$ — коефіцієнт насичення, що знаходиться в діапазоні 2..4, приймаєм рівним 3.

I_K — струм колектора, що протікає через котушку реле;

β — коефіцієнт підсилення струму транзистора, що знаходиться в діапазоні 50..200, приймаємо рівним 150.

Струм колектора визначається з виразу (3.5):

$$I_K = \frac{\Delta U_{R_K}}{R_K}, \quad (3.5)$$

Де падіння напруги на опорі колектора знаходимо за формулою (3.6), враховуючи, що напруга живлення становить 5 В, а залишкова напруга на відкритому транзисторі — 0,1 В:

$$\Delta U_{R_K} = U_{KE} - \Delta U_{KE} = 5 - 0,1 = 4,9 \text{ В}, \quad (3.6)$$

Опір колектора R визначається як паралельне з'єднання опору котушки реле та додаткового резистора (3.7):

$$R_K = \frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_K} = \frac{1}{800} + \frac{1}{1000} = 445 \text{ Ом} \quad (3.7)$$

Підставимо знайдені результати (3.6) та (3.7) у формулу (3.5), та отримаєм струм колектора:

$$I_K = \frac{4,9 \text{ В}}{445 \text{ Ом}} = 0,011 \text{ А}$$

Далі знайдене значення струму колектора підставляєм у формулу (3.4), та знайдем необхідний струм бази для введення транзистора в режим насичення:

$$I_B = 3 \cdot \frac{0,011}{150} = 0,00022 \text{ А}$$

Знайдем опір резистора в колі бази транзисторного ключа який розрахуєм за формулою (3.8) та отримаєм:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

$$R_B = \frac{\Delta U_{R_B}}{I_B}, \quad (3.8)$$

Де падіння напруги на опорі бази визначимо з урахуванням напруги відкриття переходу база-емітер, який становить 0,6 В та визначаємо за формулою:

$$\Delta U_{R_B} = U_{BE} - \Delta U_{BE} = 5 - 0,6 = 4,4В$$

Підставляємо отримане значення у формулу (3.8), та маємо:

Отже, з таблиці стандартного ряду номіналів, опір резисторів R2, R3, R6 та R7 дорівнює 20 кОм. Тому таке значення забезпечує надійне керування транзисторним ключем при мінімальному навантаженні на виходи мікроконтролера.

3.4 Оцінка надійності системи

Оцінку надійності схеми виконаємо згідно з вимогами нормативних документів ГОСТ 27002-83 та ГОСТ 16325-86. Так як надійність є одним із ключових показників якості будь-якого електронного пристрою, оскільки визначає його здатність виконувати задані функції протягом встановленого терміну служби без збоїв та відмов.

Розрахунок надійності базується на врахуванні раптових відмов, які можуть виникати в процесі експлуатації пристрою. На відміну від поступових відмов, що розвиваються з часом внаслідок старіння або зносу елементів, раптові відмови є найбільш неочікуваними та критичними з точки зору безперебійної роботи системи, оскільки їх неможливо завчасно виявити шляхом планового технічного обслуговування.

Як вихідні дані для обчислення використаємо паспортні значення інтенсивності відмов кожного компонента схеми (табл.3.2, табл. 3.3), тому що інтенсивність відмов є статистичною характеристикою, що

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

відображає імовірність виникнення відмови елемента за одиницю часу в нормальних умовах експлуатації.

Таблиця 3.1– Інтенсивність відмов компонентів

| № | Групи рівноінтенсивних за відмовами компонент | Коефіцієнт навантаження | $\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$ | Кількість елементів в групі, шт | $\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$ групи. |
|-----------------|---|-------------------------|---|---------------------------------|--|
| 1 | Конденсатори керамічні | 0,7 | 0,5 | 23 | 4,6 |
| 2 | Мікросхеми | 0,8 | 1 | 12 | 9,6 |
| 3 | Резистори | 0,5 | 0,2 | 33 | 3,3 |
| 4 | Індикатор | 0,3 | 0,7 | 1 | 0,21 |
| 5 | Розняття | 0,5 | 0,32 | 3 | 0,48 |
| 6 | Кварцовий резонатор | 0,3 | 0,015 | 1 | 0,045 |
| 7 | Друкована плата | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 |
| 8 | Пайка | 1 | 0,04 | 228 | 9,12 |
| 9 | Провідник з'єднувальний | 1 | 0,12 | 23 | 2,76 |
| Всього по платі | | | | | 30,215 |

Таблиця 3.2 – Інтенсивність відмов всієї системи

| № | Групи рівноінтенсивних за відмовами компонент | Коефіцієнт тепло-електричного навантаження | $\lambda_0, 1/\text{год} \times 10^{-6}$ | Кількість елементів групи, шт | $\lambda_0, 1/\text{год} \times 10^{-6}$ групи |
|----------|---|--|--|-------------------------------|--|
| 1 | Плата | 1 | 30,215 | 1 | 30,215 |
| 2 | Пайка міжплатних з'єднань | 1 | 0,01 | 23 | 0,23 |
| ВСЬОГО : | | | | | 30,445 |

Для отримання реальної інтенсивності відмов з урахуванням фактичних умов експлуатації радіоелектронних елементів застосуємо формулу:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.9)$$

де:

λ_0 — номінальна інтенсивність відмов системи, визначена за паспортними даними компонентів;

K_1 — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив вібраційних навантажень;

K_2 — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив ударних навантажень;

K_3 — поправочний коефіцієнт, що відображає вплив підвищеної вологості навколишнього середовища;

K_4 — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив атмосферного тиску на роботу елементів.

З урахуванням стаціонарних умов експлуатації, при вологості до 98%, при мінімальному атмосферному тиску 80 кПа та температурі до 50°C, поправочні коефіцієнти матимуть такі значення: $K_1=1,04$; $K_2=1,03$; $K_3=2,5$; $K_4=1$. Але можемо зазначити, що найбільший вплив на загальну інтенсивність відмов має коефіцієнт вологості $K_3=2,5$, оскільки пристрій експлуатується в умовах підвищеної вологості. Тому підставимо коефіцієнти у формулу (3.9), та отримаємо загальну інтенсивність відмов системи:

$$\lambda=30,445 \cdot 10^{-6} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 2,5 \cdot 1,25=101,9 \cdot 10^{-6} (1/\text{год}).$$

Середній час напрацювання на відмову визначається як величина, обернена до інтенсивності відмов, тому що це є стандартним підходом для систем з експоненціальним законом розподілу відмов:

$$T=1/\lambda=1/(101,9 \cdot 10^{-6})=9,81 \cdot 10^3 (\text{год}). \quad (3.10)$$

Ми бачимо, що значення близько 9810 годин свідчить про достатньо високий рівень надійності системи, що відповідає вимогам, які висуваються до подібних пристроїв автоматизації.

Окрім часу напрацювання на відмову, важливою характеристикою надійності є середній час відновлення робочого стану системи після виникнення відмови. Цей показник можемо розрахувати за формулою:

$$T_{в.с} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \right) T_{в.i}, \quad (3.13)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

де:

m — кількість рівнонадійних груп елементів, $m = 9$;

λ_i — інтенсивність відмов i -ї групи елементів;

$T_{в.i}$ — середній час відновлення елементів i -ї рівнонадійної групи

Підставляємо відповідні значення та отримуємо:

$$T_{в.с.} = 1,27 \text{ (год)}$$

Таким чином, після виникнення відмови середній час, необхідний для повного відновлення працездатності системи, становить 1,27 години. Можемо вважати що це є високим показником для системи автоматизації, оскільки більшість відмов може бути усунена протягом одного робочого дня та без значних перерв у функціонуванні пристрою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Застосування та особливості сервісу Blynk IoT

У сучасній екосистемі Інтернету речей (IoT) зростає потреба у зручних платформах, які забезпечують керування розумними пристроями та їх інтеграцію у єдине інформаційне середовище. Одним із найпопулярніших рішень є сервіс Blynk IoT. Це програмна платформа дозволяє створювати повнофункціональні мобільні застосунки та веб інтерфейси для керування IoT-пристроями без необхідності розробки складної серверної інфраструктури. Розглянемо ключові особливості застосування сервісу Blynk IoT та його значення для побудови розумних систем.

1. Підтримка різних платформ та пристроїв.

Blynk IoT одна з небагатьох платформ українського виробництва, яка підтримує різні платформи та пристрої, що робить його універсальним рішенням для створення єдиної екосистеми.

Blynk IoT підтримує популярні мікроконтролери, такі як Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32, а також мобільні пристрої на базі iOS та Android. Це дозволяє розробникам легко інтегрувати різні пристрої та системи в єдину мережу та керувати ними з одного інтерфейсу.

2. Легкість використання.

Однією з переваг Blynk IoT є його простота використання. Платформа надає зручний інтерфейс, який дозволяє розробникам швидко створювати власні застосунки для керування IoT-пристроями без необхідності глибоких знань у програмуванні. Blynk має велику кількість готових віджетів та елементів управління, які можна легко інтегрувати та налаштувати у своїх проєктах.

3. Використання хмарної інфраструктури

Однією з ключових особливостей Blynk IoT є використання хмарних серверів для забезпечення постійного зв'язку між пристроями

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

та мобільним застосунком. Це дозволяє керувати обладнанням з будь-якої точки світу, завдяки підключенню до мережі Wi-Fi. Отримувати телеметрію, налаштовувати автоматизацію та оновлювати параметри роботи системи. При цьому, сервіс підтримує можливість розгортання локального сервера, що є важливим для проєктів з підвищеними вимогами до приватності, затримки або автономності.

4. Можливості автоматизації та інтеграцій

Платформа Blynk IoT надає широкі можливості для автоматизації процесів. Завдяки системі тригерів, умовних правил та таймерів можна організувати реакцію пристрою на зміни параметрів у реальному часі. Наприклад, Blynk може виконувати автоматичне увімкнення обладнання при перевищенні чи зниженні температури, надсилати сповіщення про аварійні стани.

Таким чином, Blynk IoT - потужна та зручна платформа для створення з'єднаної екосистеми IoT-пристроїв. Завдяки своїм особливостям, таким як легкість використання, підтримка різних платформ та пристроїв, хмарне управління та розширені можливості, Blynk стає відмінним вибором для розробників, які бажають створити розумну та з'єднану мережу своїх пристроїв. Застосування Blynk IoT дозволяє створювати інноваційні проєкти в галузі IoT та сприяє швидкому розвитку цієї галузі.

Створення функціонального додатку, в сервісі Blynk IoT, який дозволить користувачу керувати та спостерігати за показниками насосної станції відбувається в наступній послідовності:

Крок 1: Реєстрація та налаштування проєкту в Blynk IoT

Першим кроком є реєстрація на платформі Blynk та створення проєкту. Коли буде створено проєкт буде надано токен проєкту, який необхідно буде використовуватись для з'єднання додатку з Blynk-сервером. Після створення проєкту зможемо налаштувати віджети

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

(кнопки, слайдери тощо), які будуть використовуватися для керування насосною станцією.

Крок 2: Підключення мікроконтролера ESP32 до Blynk IoT.

Для забезпечення зв'язку між інтерактивним насосом та додатком на смартфоні ви повинні підключити мікроконтролер ESP32 до Blynk IoT. Blynk підтримує різні платформи, такі як Arduino, Raspberry Pi, ESP32 та інші. Залежно від вибраного мікроконтролера, необхідно буде налаштувати його програмне забезпечення для з'єднання з Blynk-сервером за допомогою токєну проєкту.

Крок 3: Налаштування віджетів у додатку Blynk.

Після успішного підключення мікроконтролера до платформи можна налаштовувати віджети в додатку Blynk. Наприклад, можемо створити кнопку для ввімкнення чи вимкнення насосної станції. За допомогою функцій Blynk можна легко налаштувати зворотній зв'язок між насосом та додатком, щоб користувачі могли бачити актуальну інформацію та керувати роботою насосної станції.

Крок 4: Реалізація функціоналу насосної станції.

Тепер коли додаток та мікроконтролер підключений до Blynk IoT та налаштовані, тепер є можливість реалізувати функціонал насосної станції. Залежно від можливості обладнання можна вмикати вимикати насос та спостерігати за температурою води. Для цього необхідно розробити програмне забезпечення на мікроконтролері, яке буде інтерпретувати команди від додатку Blynk на керувати насосною станцією відповідно.

Крок 5: Тестування та вдосконалення.

Після реалізації функціоналу насосної станції важливо провести тестування, щоб переконатися, що додаток працює належним чином. Можна провести тестові запуски насосу, перевірити реакцію додатку на

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

команди користувача та виявити та виправити можливі помилки або недоліки.

Узагальнюючи, розробка додатку для системи керування насосною станцією в сервісі Blynk IoT включає кілька основних кроків, таких як реєстрація та налаштування проєкту, підключення мікроконтролера до Blynk, налаштування віджетів у додатку Blynk, реалізацію функціоналу насосної станції та тестування. За допомогою Blynk IoT можемо створити потужний та зручний додаток для керування насосом, який забезпечить користувачеві зручність та контроль.

4.2 Розробка алгоритму та інтерфейсу

Програмне забезпечення для плати ESP32 розроблене з використанням стандартних бібліотек[9]:

- WiFi
- BlynkSimpleEsp32
- OneWire
- DallasTemperature

Алгоритм роботи IoT-системи керування насосною станцією представлено на рис. 4.1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

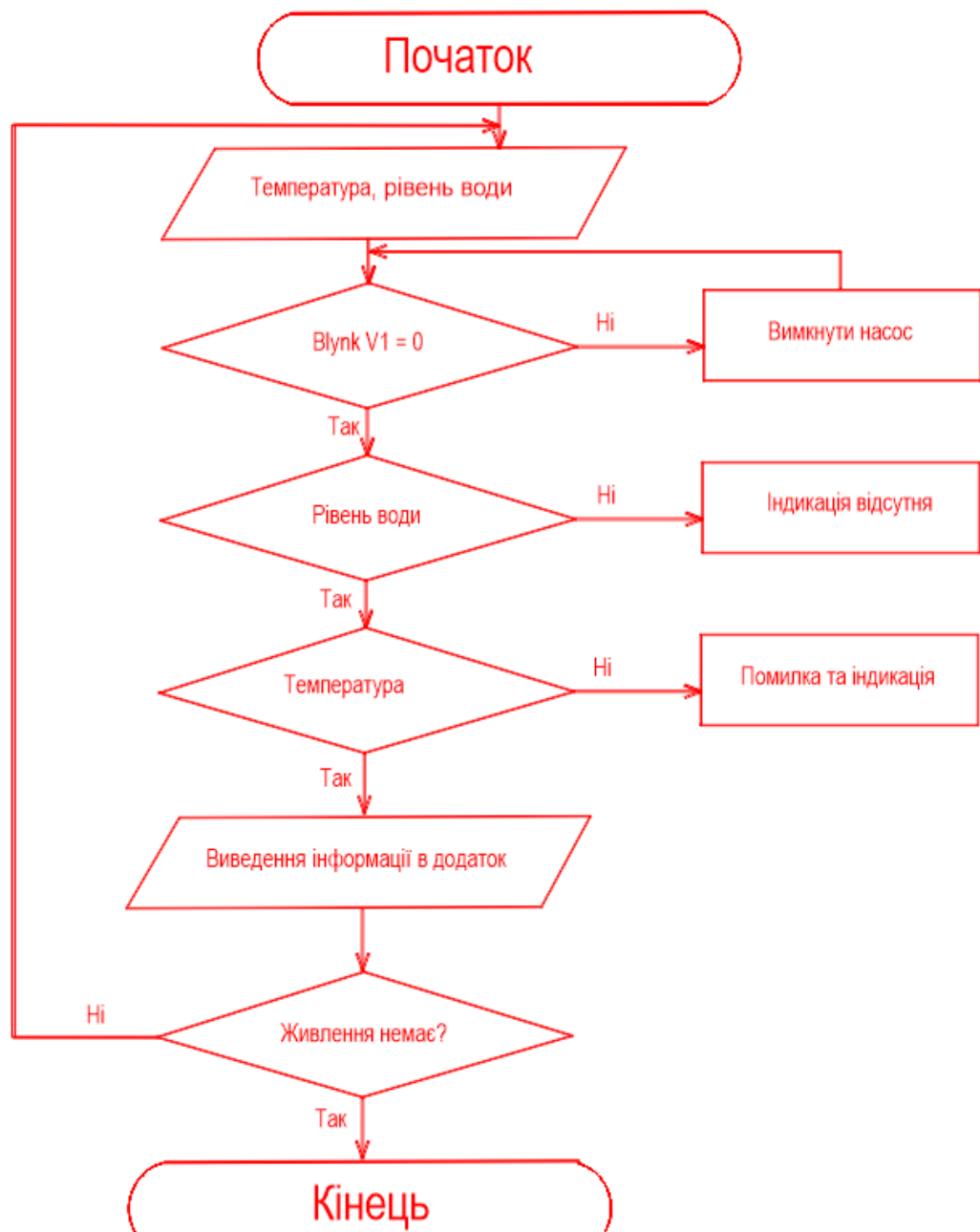


Рисунок 4.1 - Алгоритм IoT-системи насосною станцією

Vlynk був розроблений для Інтернету речей. Він може контролювати апаратне забезпечення віддалено, відображати дані датчиків, може зберігати дані, візуалізувати їх і робити багато інших цікавих речей.

IoT – система керування насосною станцією відбувається послідовно по колу. Почнімо розгляд нашого алгоритму з самого верху.

Так як всі сенсори вже підключенні, то на початковому етапі ми вже маємо інформацію про температуру та рівень води . У разі якщо

відсутнє живлення насосної станції, то алгоритм не працює і все починаємо спочатку. Якщо ж живлення є, то далі йде перевірка чи увімкнений насос з додатку. Якщо ні, то індикація вимкнена на насосі, насос не працює, якщо перемкнутий вмикач у додатку, насос запрацює і перейде до наступного етапу чи рівень води в нормі чи ні. Якщо ні, індикація рівня води буде вимкнена, що буде сигналізувати, що рівень води низький і насос буде вимкнений. Якщо рівень води в нормі, індикатор буде увімкнений і можна перейти до перевірки температури води. Якщо датчик працює не коректно, то буде індикація помилки, тобто буде мигання 3 рази, що буде сигналізувати, що дані з сенсора відсутні та потрібно перевірити чи підключений датчик. Якщо сенсор працює, то дані виводяться в додаток. І так повторюється циклічно алгоритм і далі йде завершення алгоритму.

Перед створенням інтерфейсу додатку IoT – системи керування насосною станцією, необхідно розробити веб-інтерфейс. Для цього потрібно визначитись з віджитами, які будуть відображати необхідну інформацію та керувати насосом. Для відображення інформації про стан температури води використаєм віджит Gauge, який дозволяє наочно виводити інформацію як у цифровому вигляді так і наочному вигляді. Таким чином розташуємо один такий віджит для відображення інформації про температуру води. Під час налаштування віджиту необхідно вказати віртуальний пін, через який буде надходити інформація до віджиту. Також необхідно вказати діапазон в якому може змінюватись температура. Разом з тим можемо вибрати одиниці вимірювання. Для вмикання насосу подачі води використаємо віджит switch. В інтерфейсі додатку він буде у вигляді перемикача. Для цього віджита теж можна змінювати колір. Веб-інтерфейс проекту представлено на рисунку 4.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

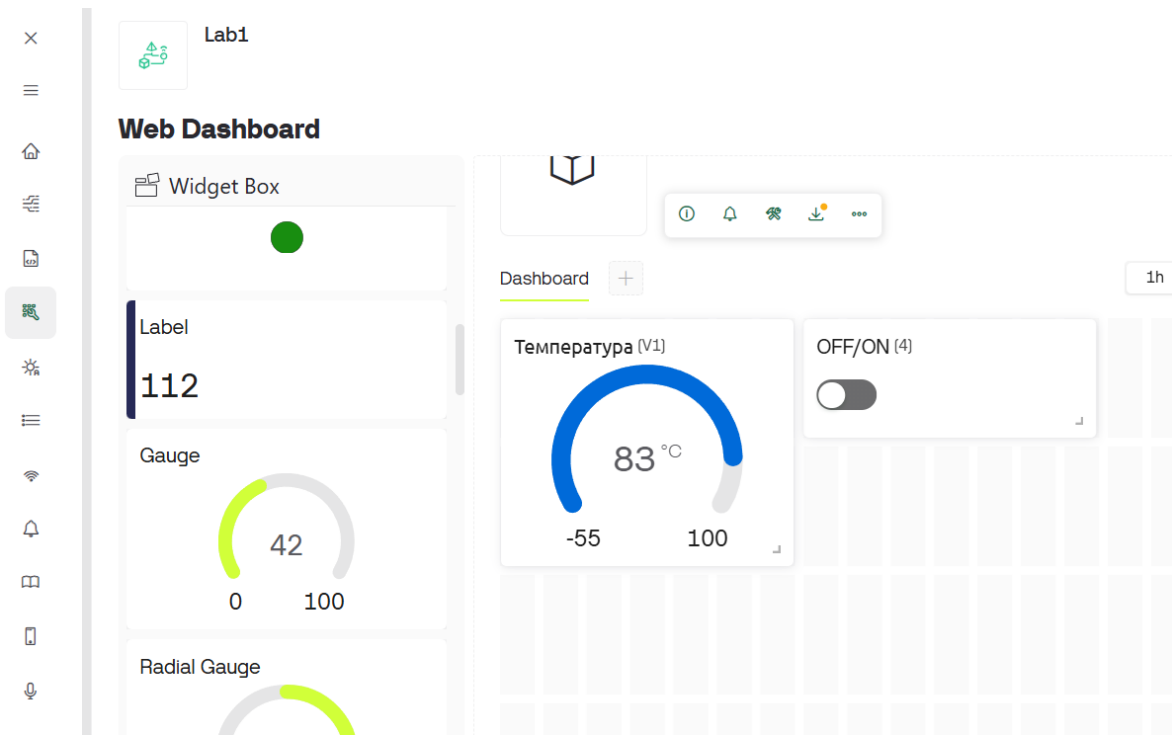


Рисунок 4.2 – Веб-інтерфейс IoT- системи насосної станції

Після того як буде створено веб-інтерфейс, можна розпочати створення інтерфейсу додатку. Для цього необхідно з App Store скачати та встановити на смартфон додаток Blynk IoT. Далі необхідно обрати режим – розробника і додати такі ж самі віджети до інтерфейсу. Під час налаштування необхідно обрати наявні потоки даних для кожного віджиту. Інтерфейс додатку IoT- системи насосної станції представлено на рисунку 4.3.

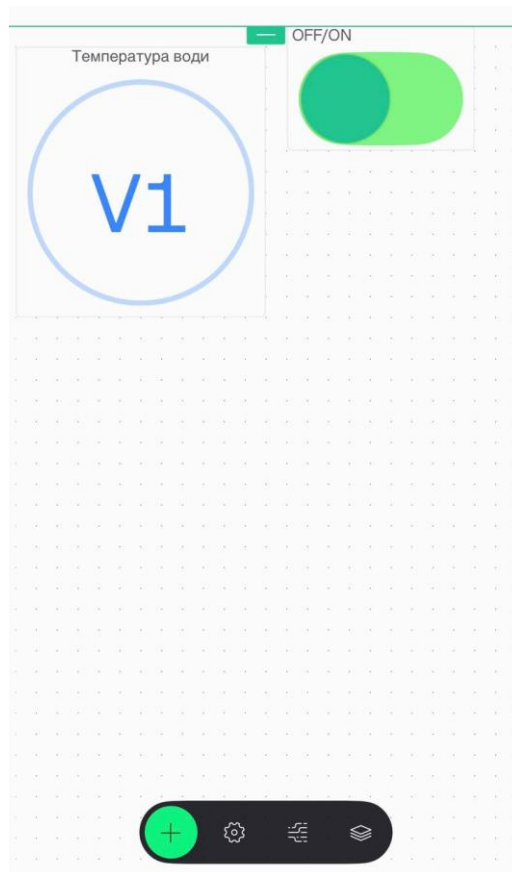


Рисунок 4.3 – Інтерфейс додатку IoT – системи насосної станції

4.3 Розробка програмного забезпечення для обробки даних від сенсорів та віджита

Для покращення якості програмного коду бібліотека blynk, дозволяє безпосереднє виконання функцій пов'язаних з обробкою даних від сенсорів[7-8]. Разом з тим представимо функції для обробки даних. Програмне забезпечення матиме наступний код:

Для підключення мікроконтролера ESP32 до хмарного сервісу Blynk IoT використано стандартні бібліотеки WiFi.h та BlynkSimpleEsp32.h. У коді задаються облікові дані шаблону (ID, назва та токен автентифікації), а також параметри Wi-Fi мережі, до якої підключається контролер:

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4P-j6So1N"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Lab1"
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

```
#define
BLYNK_AUTH_TOKEN "oaPkaXulluabxbNZswb0Kk3WPi4FRNS
x"
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "iPhoneAnton";
char pass[] = "12345678";
```

Для зчитування даних температури з цифрового датчика DS18B20 застосовується спеціалізований програмний стек, що складається з бібліотек OneWire та DallasTemperature. Датчик підключено до виводу GPIO16 (константа ONE_WIRE_BUS), а результат температури надалі передається у віртуальний пін V1 мобільного застосунку Blynk:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 16
#define VIRTUAL_PIN_TEMP V1
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

Для керування світлодіодами та датчиком рівня води на апаратному рівні використано декілька GPIO виводів ESP32. Кожен пін має своє функціональне призначення: LED_PIN_BLYNK – світлодіод, керований з Blynk; LED_PIN_ERROR – світлодіод індикації помилки датчика; LED_PIN_BUTTON – світлодіод, що керується фізичною кнопкою; BUTTON_PIN – сам вхід кнопки:

```
#define LED_PIN_BLYNK 4 // Світлодіод 1 (Керування з Blynk, V0)
#define LED_PIN_ERROR 2 // Світлодіод 2 (Помилка DS18B20)
#define LED_PIN_BUTTON 13 // Датчик рівня води
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

```
#define BUTTON_PIN 25
```

```
BlynkTimer timer;
```

Для обробки керування світлодіодом з боку користувача через мобільний застосунок Blynk використано callback-функцію BLYNK_WRITE(V0). Вона викликається автоматично при зміні стану віджета на віртуальному піні V0. Функція має наступний вигляд:

```
BLYNK_WRITE(V0) {  
  ledStateBlynk = param.asInt();  
  digitalWrite(LED_PIN_BLYNK, ledStateBlynk);  
  plotter_blynk_led = ledStateBlynk ? 1 : 0;  
  if (ledStateBlynk) {  
    Serial.println(">>> Blynk LED (GPIO 4) УВИМКНЕНО");  
  } else {  
    Serial.println(">>> Blynk LED (GPIO 4) ВИМКНЕНО");  
  }  
}
```

Для періодичного зчитування температури з датчика DS18B20 та передачі її до Blynk використано окрему функцію обробки даних. Функція також відповідає за індикацію помилки у випадку втрати зв'язку з датчиком (блмання світлодіода):

```
void readTemperatureAndSendToBlynk() {  
  sensors.requestTemperatures();  
  current_tempC = sensors.getTempCByIndex(0);  
  if (current_tempC == DEVICE_DISCONNECTED_C) {  
    plotter_error_flag = 1;  
    Serial.println("!!! Помилка: неможливо зчитати температуру.");  
    for (int i = 0; i < 3; i++) {  
      digitalWrite(LED_PIN_ERROR, HIGH); delay(100);  
      digitalWrite(LED_PIN_ERROR, LOW); delay(100);  
    }  
  }  
}
```

```

}
} else {
// Скидання прапора помилки
plotter_error_flag = 0;
digitalWrite(LED_PIN_ERROR, LOW);
Blynk.virtualWrite(VIRTUAL_PIN_TEMP, current_tempC);
Serial.print("Температура: ");
Serial.print(current_tempC);
Serial.println(" °C");
}
}

```

Для візуалізації роботи системи за допомогою Serial Plotter Arduino IDE використано окрему функцію, що формує рядок даних у форматі «температура, стан світлодіода Blynk, стан світлодіода кнопки, прапор помилки». Функція має наступний вигляд:

```

void sendDataToPlotter() {
// Формат даних для плотера: Temp, Blynk_LED, Button_LED,
Error_Flag
Serial.print(current_tempC);
Serial.print(",");
Serial.print(plotter_blynk_led);
Serial.print(",");
Serial.print(plotter_button_led);
Serial.print(",");
Serial.println(plotter_error_flag);
}

```

Ініціалізація всіх апаратних та програмних компонентів системи виконується у функції setup(). Тут налаштовуються режими роботи

GPIO, запускаються бібліотека датчика DS18B20 та клієнт Blynk, а також конфігуруються періодичні таймери:

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  pinMode(LED_PIN_ERROR, OUTPUT);  
  pinMode(LED_PIN_BLYNK, OUTPUT);  
  pinMode(LED_PIN_BUTTON, OUTPUT);  
  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);  
  digitalWrite(LED_PIN_ERROR, LOW);  
  digitalWrite(LED_PIN_BLYNK, LOW);  
  digitalWrite(LED_PIN_BUTTON, LOW);  
  sensors.begin();  
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);  
  timer.setInterval(2000L, readTemperatureAndSendToBlynk);  
  timer.setInterval(500L, sendDataToPlotter);  
  Serial.println("\n*** Система ініціалізована та підключена до Blynk  
***");  
  Serial.println("--- Плотер: Temp, Blynk_LED(4), Button_LED(13),  
Error_Flag(2)");  
}
```

Для обробки сигналу від датчика рівня води та керування світлодіодом LED_PIN_BUTTON використано основний цикл loop(). У цьому циклі також реалізовано програмний антидребезг контакту кнопки, що забезпечує коректне визначення моменту натискання та відпускання. Функція loop() має наступний вигляд:

```
void loop() {  
  Blynk.run();  
  timer.run();  
  // Зчитування кнопки з антидребезгом
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

```

int reading = digitalRead(BUTTON_PIN)
if (reading != lastButtonState) {
lastDebounceTime = millis();
}
if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
if (reading != stableButtonState) {
stableButtonState = reading;
if (stableButtonState == LOW) {
digitalWrite(LED_PIN_BUTTON, HIGH);
// Оновлення змінної для плотера
plotter_button_led = 1;
Serial.println("--- Кнопка (GPIO 25) НАТИСНУТА. ІНДИКАТОР
УВИМКНЕНО.");
} else {
digitalWrite(LED_PIN_BUTTON, LOW);
plotter_button_led = 0;
Serial.println("--- Кнопка (GPIO 25) ВІДПУЩЕНА. LED 3 (GPIO
13) ВИМКНЕНО.");
}
}
}
lastButtonState = reading;
}

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

ВИСНОВКИ

В ході проєктування було розроблено систему керування віддаленої насосної станції з використанням технологій IoT.

Метою даного проєкту була розробка програмного коду та схеми електричної структурної IoT-системи керування насосної станції з метою подальшої реалізації.

Відповідно до поставленої мети , користуючись сучасними САПР під час проєктування, розроблено наступні креслення:

- а) креслення структурної схеми КПТР. 22081.01.03Е1;
- б) креслення алгоритму роботи КПТР. 208101.100
- в) креслення електричної схеми КПТР.22081.01.03Е3

Разом з тим в другому розділі розроблено структурну схему IoT-системи керування насосною станцією та обрано пристрої введення і виведення даних. Зокрема до пристроїв введення даних відносяться сенсори: датчик рівня води, сенсор температури води. До пристроїв виведення даних- дисплей та індикаторні світлодіоди.

В четвертому розділі розроблено алгоритм роботи IoT-системи керування насосною станцією. Розроблено програмний код функцій зчитування, обробки і виведення даних. Крім того розроблено веб-інтерфейс та інтерфейс додатку IoT-системи керування станцією насосною.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 4-х канальний модуль реле 5В 10А з опторозв'язкою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod206-4-h-kanalnii-modul-rele-5v-10a>
2. Автоматика та автоматизація насосних установок : довідник / Ю. І. Гребінь та ін. — Київ : Техніка, 2019. — 312 с.
3. Архітектура та технології Інтернету речей : навчальний посібник / С. М. Пулеко, С. М. Білан, Ю. В. Журавський. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 152 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8093/Пулеко.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
4. Датчик рівня рідини (поплавковий вимикач). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://co-di.com.ua/ua/p544866125-poplavkovyj-vyklyuchatel-utkonos.html>
5. Датчик рівня рідини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://co-di.com.ua/ua/p544866125-poplavkovyj-vyklyuchatel-utkonos.html>
6. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології Інтернету речей : навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/44413>
7. Племянік В. О. ІоТ-система керування автомийкою : кваліфікаційний проєкт бакалавра зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / В. О. Племянік ; Хмельницький національний університет. – Хмельницький, 2023. – Режим доступу: <https://elar.khmnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1de9785f-c469-45b6-ac08-5dbc32c0cff5/content>
8. Положення про практичну підготовку здобувачів вищої освіти у ХНУ / Вчена рада ХНУ від 26.09.2019 № 2. — URL: <http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/158.pdf>.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

9. Пулеко І.В. Архітектура та технології Інтернету речей: навч. посіб. / І.В. Пулеко, А.А. Єфіменко. – Електронні дані. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. – 234 с.

10.Ряд резисторів E24[Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://asenergi.com/pdf/rezistory/ryad_rezistorov_e24.pdf

11.Смірнов В.В. Програмування мікроконтролерних систем/ Смірнов В.В., Смірнова Н.В., Пархоменко Ю.М. // навчальний посібник ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 262 с.

12.Стандарт вищої освіти України за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка», затверджений наказом МОНУ від 12.12.2018 № 1382.

13.Сторчак К.П. Технології Інтернет речей/ Сторчак К.П., Тушич А.М., Срібна І.М., Яковенко Н.Д., Кравець Д.В. // Навч. посібник підготовлено для студентів вищих навчальних закладів – Київ: ДУТ, 2021. – 68 с.

14.Тарарака В. Д. Архітектура комп'ютерних систем: навч. посібник. Житомир : ЖДТУ, 2018. 383 с.

15.Технологія Wi-Fi: принципи роботи та особливості використання / Західноукраїнський національний університет. – [Електронний ресурс].

– Режим доступу: <https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/b0ae233d-7cbf-40b3-ab54-b3360cfc2111/content>

16.Тищенко К. В. Програмування систем збору і аналізу даних / К. В. Тищенко, О. П. Ткач. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 168 с.

17.Цирульник С. М. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

18.Цифровий датчик температури DS18B20. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1942-cifrovoi-datchik-temperatyri-sensor-ds18b20-dlya-sonoff-th10-th16>

19.Яворський Н. Б., Марікуца У. Б., Андрійчук М. І., Фармага І. В. Лабораторний практикум з дисципліни «Алгоритмізація та програмування» : навчальний посібник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 191 с.

20.Assessment of Demand Response and Advanced Metering (Docket AD06-2-000) / Federal Energy Regulatory Commission. – U.S. Department of Energy, August 2006. – 20 p.

21.Blynk Inc. Why Use ESP32 + Blynk IoT Platform for Your Connected Product : [технічна стаття]. — 2024. — URL: <https://www.blynk.io/blog/esp32-blynk-iot-platform-for-your-connected-product>.

22.Blynk IoT швидкий старт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oxorona.com/blynk-esp8266/>

23.Bogusławski P. et al. Water pumping stations remote control system in depression areas based GSM900 cellular communications system // Academia.edu. — 2017. — URL: <https://www.academia.edu/35179807>.

24.Dautov R. T. et al. IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks // Water. MDPI. — 2022. — Vol. 14, No. 3. — Art. 309. DOI: 10.3390/w14030309.

25.Detection Services. How IoT and Pump Monitoring Devices are Transforming Asset Management. – 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.detectionservices.com.au/how-iot-and-pump-monitoring-devices-are-transforming-asset-management/>

26.Espressif Systems. ESP-IDF Programming Guide. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/>

27. Google Patents. Пошук за ключовими словами «IoT float sensor ESP32 pump monitoring Blynk». — URL: <https://patents.google.com>

28. Mustafa F. H., Abbas S. A. Design a Remote Control System for Submersible Pumps Based on GSM-SMS // ResearchGate. — 2017. — URL: <https://www.researchgate.net/publication/313473724>.

29. Mustapha I., Teow M.-H. IoT-Based Water Monitoring Systems: A Systematic Review / I. Mustapha, M.-H. Teow // Water. MDPI. — 2022. — Vol. 14, No. 22. — Art. 3621. DOI: 10.3390/w14223621.

30. OLED дисплей 0.91 "I2C 128x32 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1794-oled-displei-modyl-0-91-i2c-128x32-golyboi>

31. Parra L. et al. Design and Implementation of a Pressure Monitoring System Based on IoT for Water Supply Networks // Sensors. MDPI. — 2020. — Vol. 20, No. 15. — Art. 4247. DOI: 10.3390/s20154247.

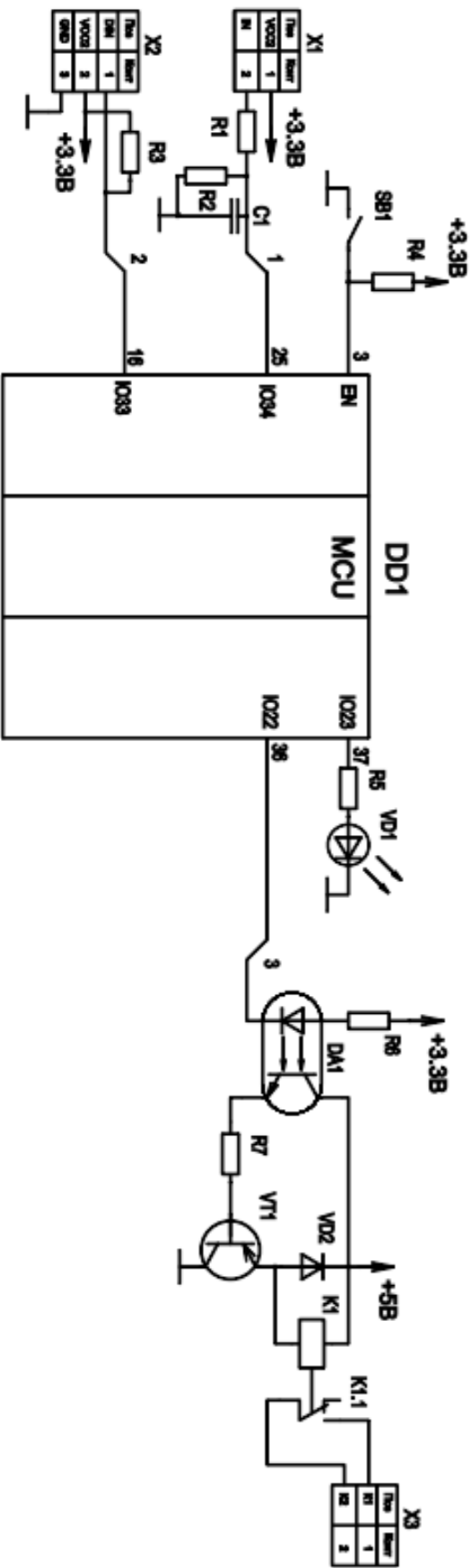
32. Srivastava P., Bajaj M. Smart Technologies for Water Resource Management: An Overview // PMC. — 2022. — URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9414186/>.

33. WebbyLab. IoT in Water Management: Benefits & Solutions. — 2025. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://webbylab.com/blog/iot-in-water-management/>

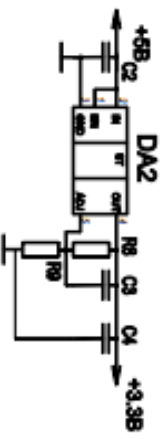
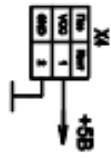
| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | КПТР. 22081.01.11 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

| Поз. познач. | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------------|--|------|----------|
| | ДОДАТКИ Конденсатор | | |
| C1...C4 | 0603-X7R-16-100nF K EPSON | 4 | |
| | Мікросхеми | | |
| DA1 | PC817C KeepJump International Technology | 1 | |
| DA2 | LP38513 Texas Instruments | | |
| DD1 | ESP32-WROOM-32 USB Type-C CP2102 Espressif Systems | 1 | |
| | Реле | | |
| K1 | SRD-05VDC-SL-C Sangle Relay | 1 | |
| | Резистори | | |
| R1, R2, R4 | 0603 4.7k 5% Rohm | 4 | |
| R3 | 0603 2M 5% Rohm | 1 | |
| R6...R9 | 0603 280 1% Rohm | 4 | |
| | Комутаційні прилади | | |
| SB1 | TL6330AF200Q E-Switch | 1 | |
| | Діоди | | |
| VD1 | APT1608EC Kingbright | 1 | |
| VD2 | S1G SMC Diode Solutions | 1 | |
| | Транзистори | | |
| VT1 | BC847BPDW1T3G Onsemi | 1 | |
| | Роз'єми | | |
| X1 | 7-215083-2 TE Connectivity | 1 | |
| X2 | 7-215083-3 TE Connectivity | 1 | |
| X3 | 7-215083-2 TE Connectivity | 1 | |

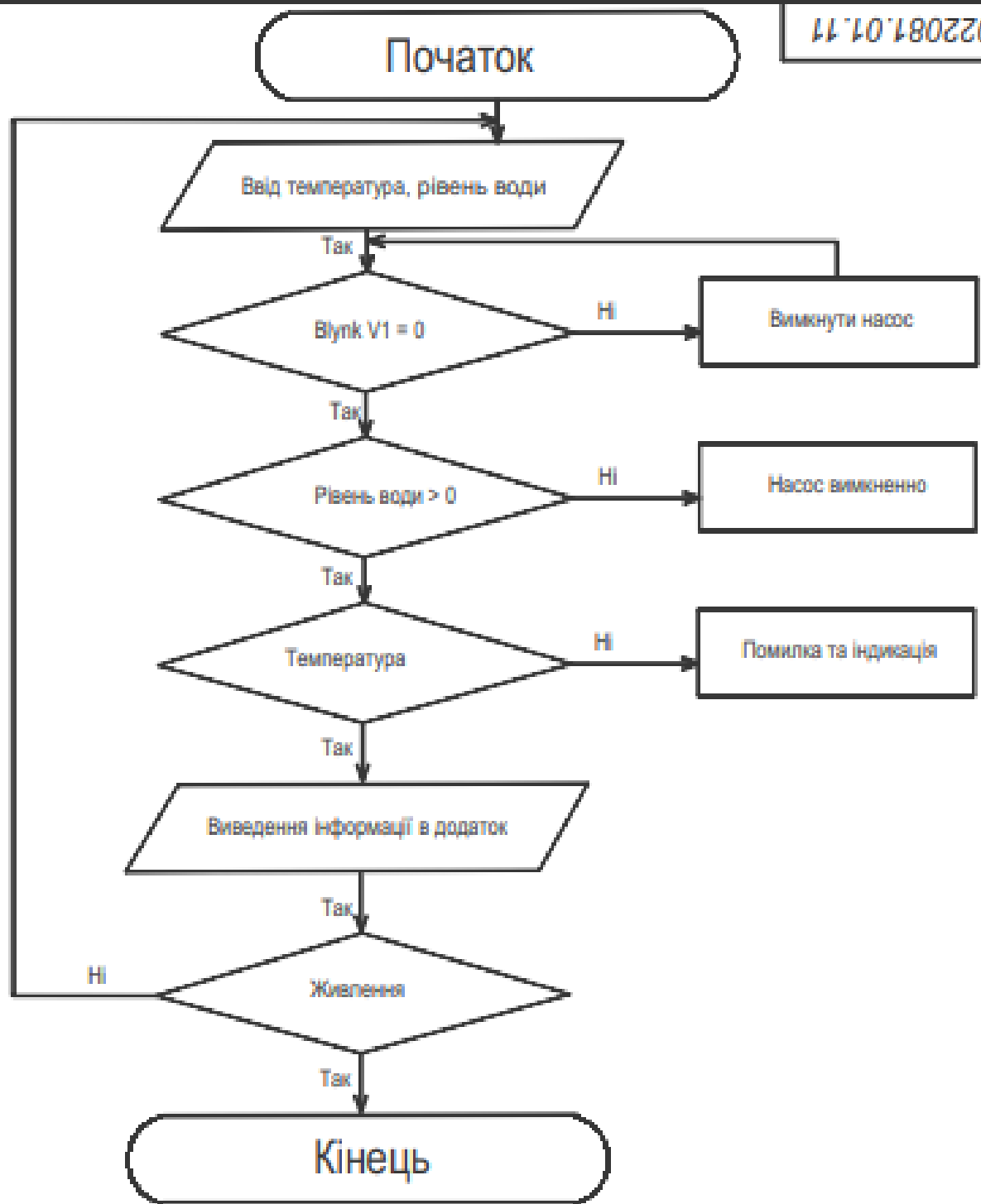
| | | | | |
|--|-----------|----------|--------|---------|
| КПТР. 022081.01.11 ПЕ | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | Савіцький | | | |
| Перевір. | Петрушак | | | |
| Т. Контр. | | | | |
| Н. Контр. | Пивовар | | | |
| Затверд. | Підченко | | | |
| Система керування насосною станцією на базі сервісу Влук ІоТ | | | | |
| Перелік елементів | | | | |
| | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| | | | 60 | 1 |
| гр. TP2-22-1, ХНУ | | | | |



| Номер детали | Наименование | Кол. | Примеч. |
|--------------|---|------|---------|
| C1,C4 | 0603-X7R-1R-100NF-K EPCOS Конденсаторы | 4 | |
| DA1 | PC817C Клепачки International Technology Микросвет | 1 | |
| DA2 | LP2951D Texas Instruments ЛП2951D | 1 | |
| DD1 | ESP32-WROOM-32 USB Type-C CP2102 Expressif Systems Плата | 1 | |
| KT | SMD-0910C-SL-C Single Relay Реле | 1 | |
| R1, R2, R4 | 0603 4.7k 5% Rohm Резисторы | 4 | |
| R3 | 0603 20k 5% Rohm Резисторы | 1 | |
| RC_R9 | 0603 200 1% Rohm Резисторы | 4 | |
| S81 | TL6330AF2000 E-Switch Коммутационный аппарат | 1 | |
| VD1 | AP71608C Kinglight Алгоритм | 1 | |
| VD2 | S10 SMC Diode Solutions Диоды | 1 | |
| VT1 | BC847BPOW173G Onsemi Транзисторы | 1 | |
| X1 | I-215009-2 TE Connectivity Разъемы | 1 | |
| X2 | I-215009-3 TE Connectivity Разъемы | 1 | |
| X3 | I-215009-2 TE Connectivity Разъемы | 1 | |



| | | | | |
|------------------------------------|--|-----|------|---------|
| КТП:022081.01.11 E3 | | Ит. | Взм. | Исполн. |
| Схема электрическая принципиальная | | И | | |
| Создано на базе схемы | | И | | |
| Бланк lot | | | | |
| Схема электрическая принципиальная | | И | | |
| Исполн. | | | | |
| Дата: 11.05.2024 | | | | |
| XHY | | | | |
| rp.TP2-22-1 | | | | |



| | | | | |
|----------|------|-----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | | Савицький | | |
| Перев. | | Петрушак | | |
| Г. конт. | | | | |
| Н. конт. | | | | |
| Затв. | | | | |

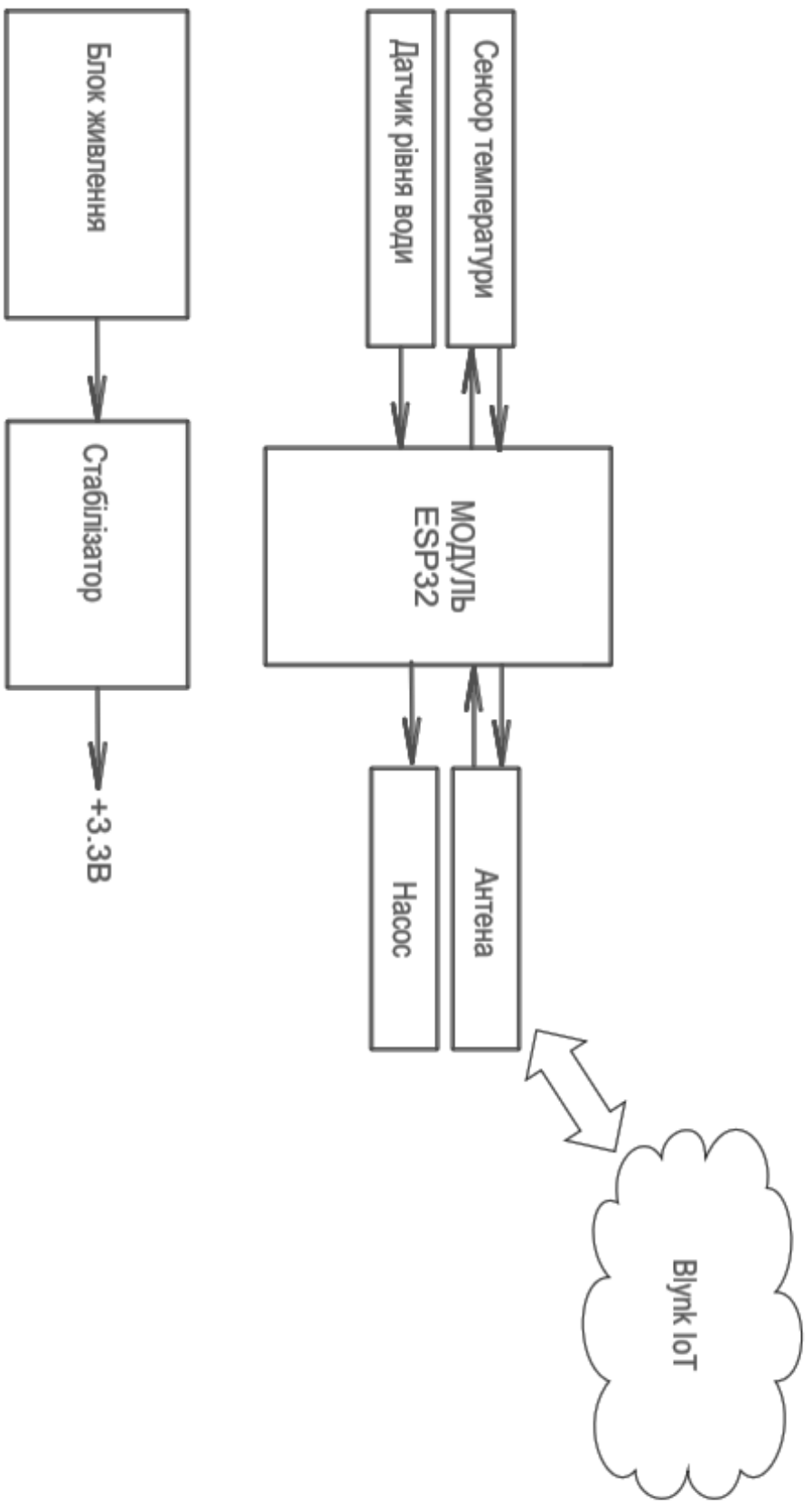
КПТР.022081.01.11

Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT

Алгоритм роботи

| | | |
|-------|-------|---------|
| Літ. | Вітра | Масштаб |
| у | | |
| Аркус | Аркус | |

ХНУ
гр. TP2-22-1



| | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|------|---|---------|-------|--|
| | | | | КІТТР.022081.01.11 Е1 | | | |
| | | | | <i>Система керування насосною станцією на базі сервісу Вулк IoT</i> | | | |
| Зм. Адк. | № ДОКУМ. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Савицький | | | | | | |
| Перев. | Петрушак | | | | | | |
| Т. КОПІ. | | | | | | | |
| Н. КОПІ. | | | | | | | |
| Затв. | | | | | | | |
| | | | | Схема електрична структура | | | |
| | | | | Літ. | Варта | Масш. | |
| | | | | У | | | |
| | | | | Аркуш | Аркушів | | |
| | | | | ФІТ, ХНУ | | | |

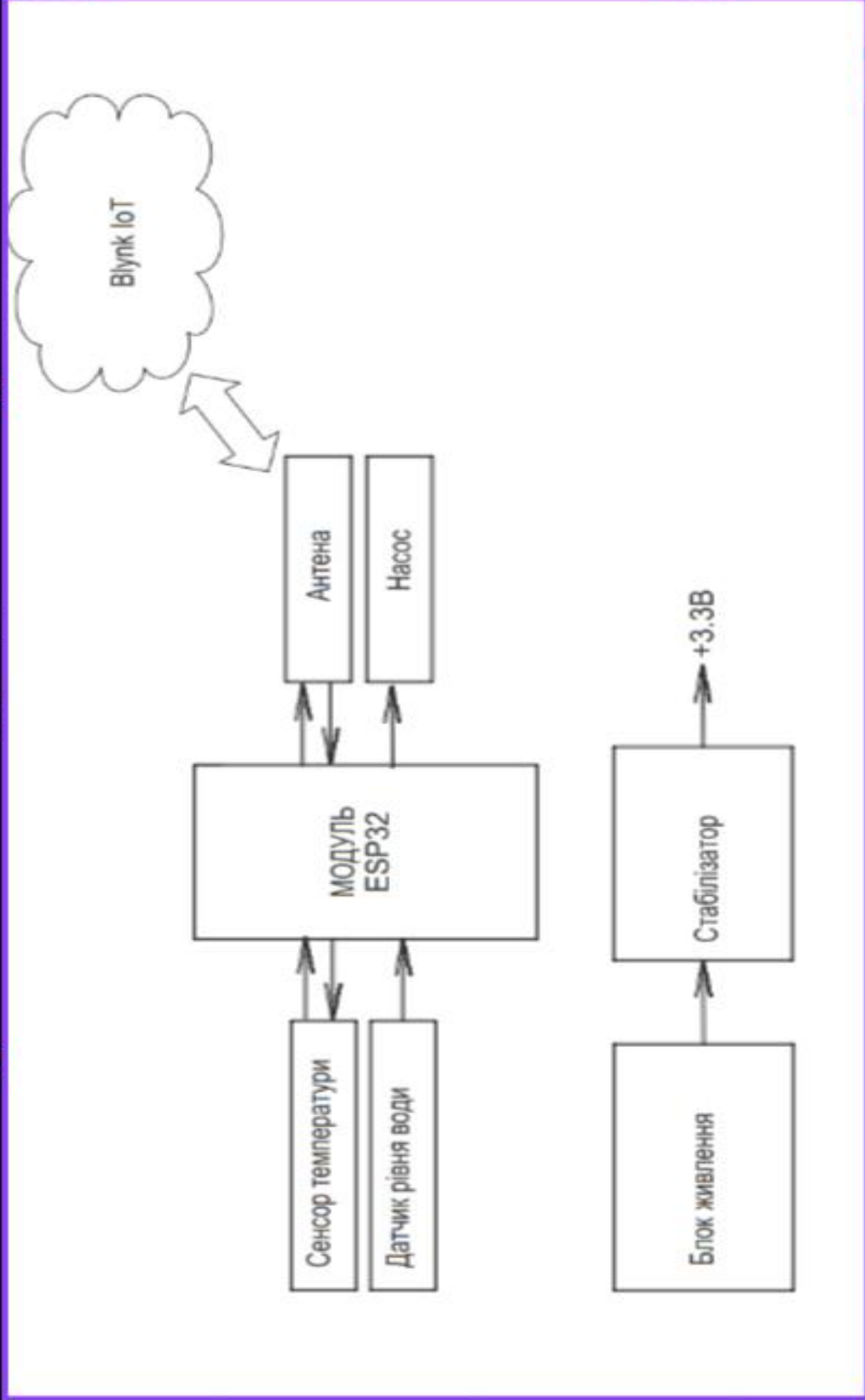


СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ НА
БАЗІ СЕРВІСУ ВЛҀНК ІОТ



Виконав ст.гр. ТР2-22-1
Савіцький Антон
Науковий керівник Петрушак В.С

Схема структурна



Алгоритм роботи

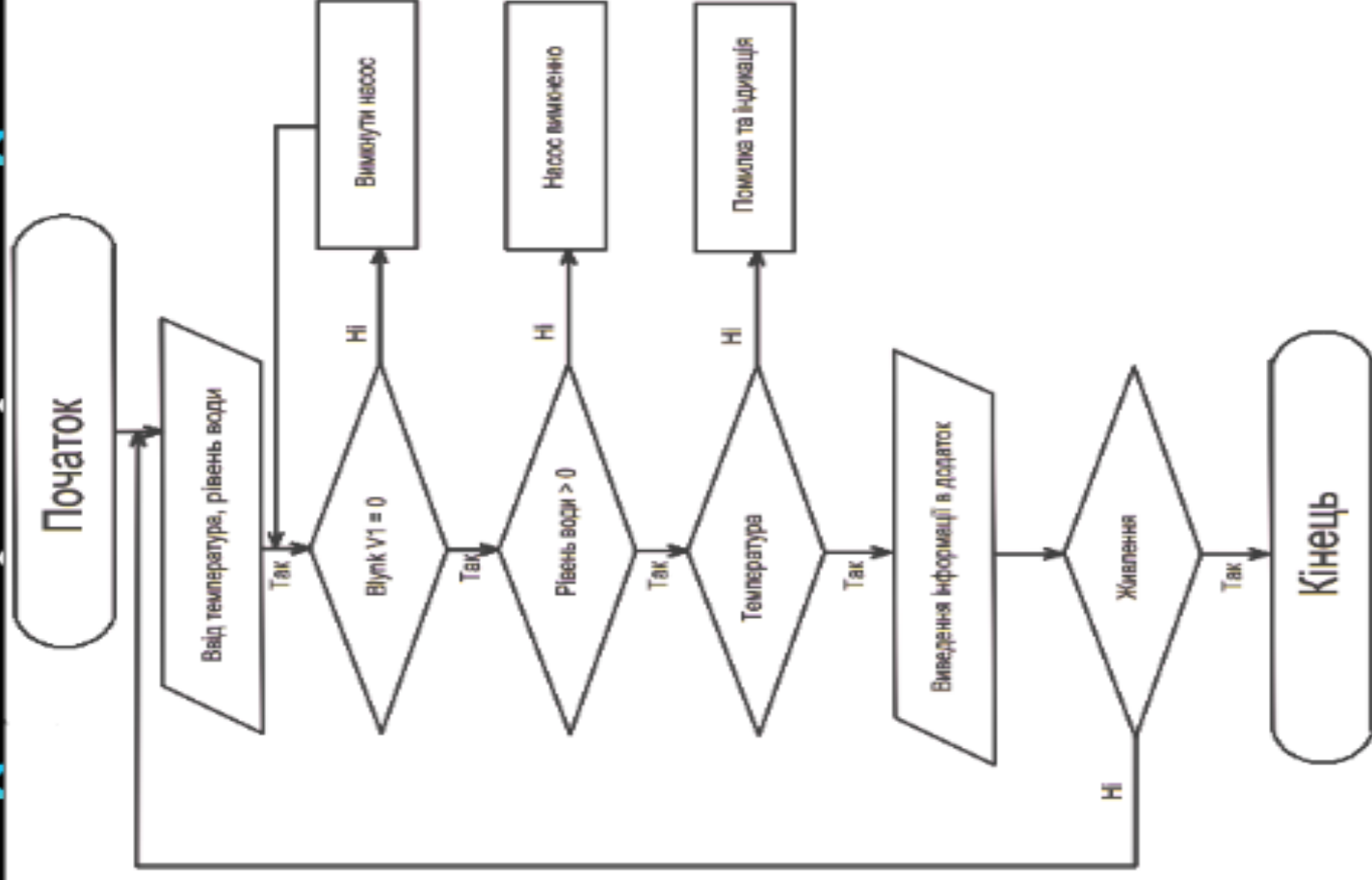
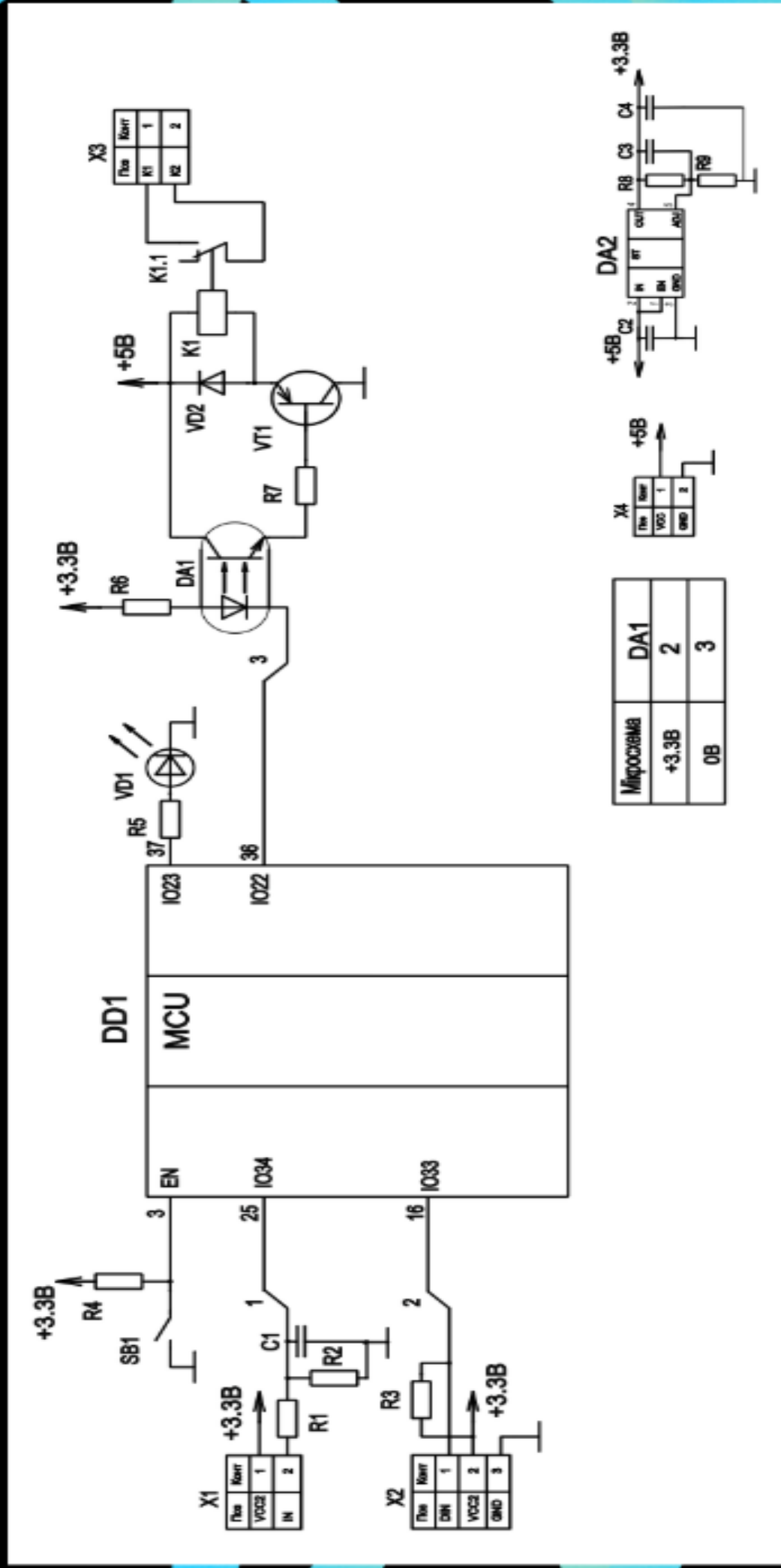


Схема принципова

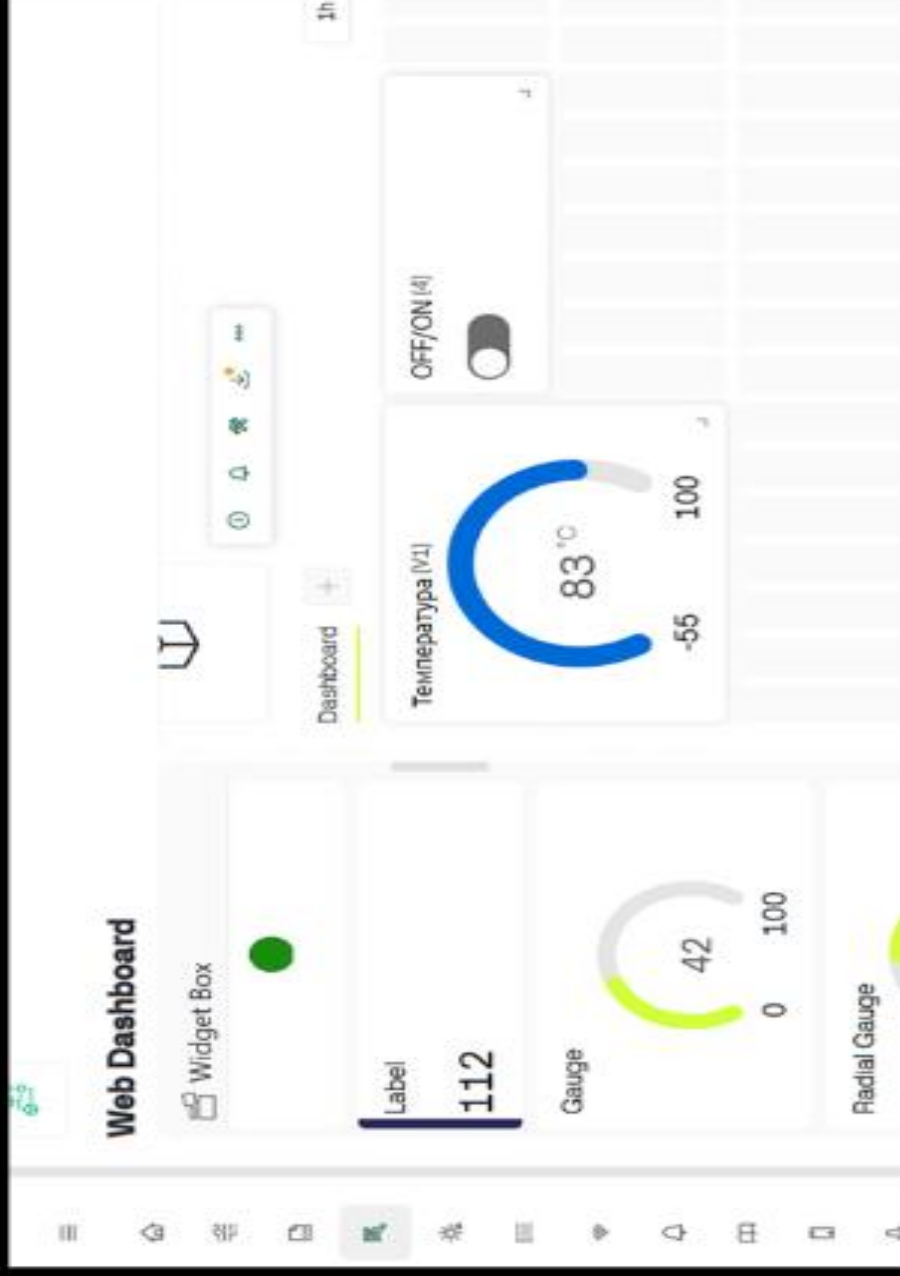


| Мікросхема | DA1 |
|------------|-----|
| +3.3B | 2 |
| 0B | 3 |

| Pin | Конт |
|------|------|
| VCC2 | 1 |
| IN | 2 |
| GND | 3 |

| Pin | Конт |
|-----|------|
| IN | 1 |
| OUT | 2 |
| GND | 3 |

Інтерфейс додатку



Міжнародний конкурс студентських наукових робіт "Black Sea Science"



Міжнародний конкурс студентських наукових робіт
Одеський національний технологічний університет



ВИСНОВКИ

Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT була розроблена з використанням мікроконтролера ESP32 для дистанційного моніторингу та автоматичного керування. Система вимірює температуру та рівень води, забезпечує захист від низького рівня води та дозволяє здійснювати моніторинг та керування в режимі реального часу через хмарну платформу Blynk, тим самим демонструючи ефективність технологій Інтернету речей для безпечних та енергоефективних систем водопостачання.



Завідувачу кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних технологій
д.т.н., професору ПІДЧЕНКУ Сергію
здобувача вищої освіти
Савіцького Антона Віталійовича
ФІТ, гр. ТР2-22-1


ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений. Надаю університету право на передачу мого кваліфікаційного проекту для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом мого кваліфікаційного проекту «Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT» в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія мого кваліфікаційного проекту збігається (ідентична) з друкованою.

9.05.2026 (дата)

 (підпис)

Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-16.716

Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%

Словники перевірки: UA, US, RU. Помилки в документах: 16%

| | | | | |
|--|----------|---------|-----------------------------|----------|
| ID: 271110 Назва: Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT Додано в БД: 2026-05-07 Автора: Савіцький Антон Віталійович Керівники: Петрушак Володимир Степанович Консультанти: Опоненти: | Документ | | Сумарний збіг по Базі Даних | |
| | Символи | Лексеми | Символи | Лексеми |
| | 68517 | 653 | 4336 (6%) | 68 (10%) |

Джерело плагіату

| ID | Опис | Наявність плагіату в документі | |
|----|------|--------------------------------|---------|
| | | Символи | Лексеми |

РІШЕННЯ КАФЕДРИ

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT

Автор: Савіцький Антон Віталійович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.т.н., доц. Петрушак Володимир Степанович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|--|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом(далі-зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту. | <u>Відповідає</u> |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи. | |
| 3 | Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | |
| 4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | |
| 5 | Інше: | |

Підтвердження: Запозичення у розмірі 29,15%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків, решта запозичень є випадковими, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються практичної значущості роботи.

8.05.2026р.

Відповідальний за перевірку на плагіат
к.т.н., доц.

Гарант ОПГ

Зав.каф. ТМІТ
д.т.н., доц.

Пивовар О.С.

Стецюк В.І.

Підченко С.М.

ВІДГУК

на кваліфікаційний проект студента групи TP2-22-1

Савіцького Антона Віталійовича

«Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT»

Розроблена електронна система керування насосною станцією базується на технології інтернет речей. Особливістю використання технології інтернет речей є можливість доступу до органів керування та сенсорів системи насосною станцією з будь-якої відстані від станції. Це дозволило зменшити кількість дротів та усунути необхідність у виносному пульті керування, оскільки інтерфейс пульта керування насосною станцією доступний через додаток BLYNK IOT, що розташований на смартфоні.

Під час виконання кваліфікаційного проекту студент Савіцький А.В., з належною наполегливістю віднісся до вирішення поставлених завдань, зарекомендував себе кваліфікованим спеціалістом в області телекомунікацій та радіотехніки з глибокими системними теоретичними знаннями та добрими практичними навичками.

В цілому кваліфікаційний проект Савіцького А.В., “Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT” відповідає вимогам до кваліфікаційних проектів, заслуговує на оцінку “відмінно”, а її автор – на присвоєння кваліфікаційного рівня бакалавр зі спеціальності 172 – “Телекомунікації та радіотехніка”.

Науковий керівник к.т.н., доцент  (Володимир Петрушак)

“ 8 ” 06 2026 р.

Рецензія

1. Короткий зміст кваліфікаційного проєкту та прийнятих рішень

Кваліфікаційний проєкт «Система керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT» присвячений розробці автоматизованої системи дистанційного моніторингу та керування водопостачанням. Проєктом передбачено створення апаратно-програмного комплексу на базі мікроконтролера ESP32, який зчитує показники з датчиків (рівня води, температури) та керує силовим реле насоса

2. Висновок про відповідність кваліфікаційного проєкту завданню

Зміст кваліфікаційного проєкту повністю відповідає завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу

У першому розділі проведено аналіз літературних та електронних джерел за темою проєкту. Виконано огляд і класифікацію існуючих рішень для автоматизації насосних станцій, здійснено їх порівняльний аналіз та обґрунтовано вибір базового прототипу з описом його технічних характеристик.

У другому розділі обґрунтовано вибір технічного обладнання та розроблено загальну структурну схему системи. Детально розглянуто обрану апаратну платформу для розробки, а також необхідні периферійні пристрої введення (сенсори) та виведення (виконавчі механізми).

У третьому розділі здійснено розрахунок та розробку електричної принципової схеми. Наведено детальні схеми підключення модуля ESP32, пристроїв введення та виведення даних, а також проведено оцінку надійності розробленої апаратної частини системи.

У четвертому розділі описано розробку програмного забезпечення. Розглянуто особливості застосування хмарного сервісу Blynk IoT, розроблено алгоритм роботи системи, користувацький інтерфейс у додатку, а також розроблено програмний код для обробки даних від сенсорів та керування віджетами.

4. Позитивні сторони кваліфікаційного проєкту

1. Проведено ґрунтовний огляд існуючих рішень для автоматизації насосних станцій та систем моніторингу на базі технологій IoT. Виділено їхні особливості, проаналізовано переваги та недоліки, що дозволило обґрунтовано обрати оптимальну апаратну платформу.

2. Розроблено структурну та електричну принципову схему системи керування на базі мікроконтролера ESP32. Здійснено вдалий підбір сучасної елементної бази (датчики температури і рівня води, елементи гальванічної розв'язки, силове реле) та проведено оцінку надійності розробленої апаратної частини.

3. Успішно реалізовано програмну складову проєкту з інтеграцією у хмарний сервіс Blynk IoT. Розроблено надійний алгоритм збору й обробки даних від сенсорів, а також створено зручний користувацький інтерфейс у мобільному додатку для безперебійного віддаленого моніторингу та керування насосом у режимі реального часу.

5. Негативні сторони кваліфікаційного проєкту

Серед недоліків роботи можна відмітити недостатньо розгорнутий аналіз методів та засобів вимірювання частоти. Крім того по тексту пояснювальної записки зустрічаються орфографічні помилки та русизми.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки кваліфікаційного проєкту

З точки зору оформлення кваліфікаційний проєкт представлений графічними кресленнями і пояснювальною запискою обсягом 62 аркуші (з додатками), складається з 4 головних розділів. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні, послідовність викладення матеріалу є логічною та зрозумілою. Крім того робота оформлена з використанням сучасних засобів автоматизованого проєктування AutoCAD, PCAD та документування зокрема пакету MS Office.

7. Відгук про кваліфікаційний проєкт в цілому

Виконаний проєкт відповідає загальним вимогам, що пропонуються до кваліфікаційних проєктів бакалавра

8. Інші зауваження

Немає

9. Оцінка кваліфікаційної роботи

Виконаний проект заслуговує оцінки "відмінно", а Савіцький Антон Віталійович – присвоєння кваліфікації бакалавра зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент

к.т.н. доц. кафедри інформатики
Мулер І.К.

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Антон САВІЦЬКИЙ TR2-22-1

Співавтор:

Назва: Система віддаленого керування насосною станцією на базі сервісу Blynk IoT

Науковий керівник: Володимир ПЕТРУШАК к.т.н., доц

Підрозділ: Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Коефіцієнт подібності 1:29.15%

Коефіцієнт подібності 2:13.5%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 18

Інтервали: 0

Білі знаки: 6

Дата створення звіту: 2026-05-08 17:03:10.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Керівник *В. П. Петрушак* Володимир Петрушак

Дата 08.05.2026р.

експерт

Олег ПУБОВАР