Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти перший(бакалаврський)

Система моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32

System for monitoring and maintaining a given level of soil moisture based on an STM32 microcontroller

(тема)

Виконав: здобувач 4 року навчання,
групи КІУКІ-21-9
Тітаренко Є.І.
(прізвище, ініціали)
Спеціальність 123 «Компьютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма
Компьютерна інженерія
(повна назва освітньої програми)
Керівник доц. Рожнова Т.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри АПОТ _____ Чумаченко С.В
(підпис) (прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки

Рівень вищої освіти перший(бакалаврський)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)

" 02 " 05 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Тітаренко Єгору Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32

затверджена наказом по університету від " 21 " 05 2025 р. № 403Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 19.06.2025

3. Вхідні дані до роботи

Характеристики плати STM32

Характеристики датчиків

Схема плати STM32

Мова програмування C

Середовища розробки STM32CubeIDE STM32CubeMX

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі

Аналіз предметної області, засобів розробки і постановка задачі;

Аналіз та вибір компонентів, для реалізації поставленої задачі;

Розробка схеми апаратної частини системи

Проектування роботи системи

Розробка програмного забезпечення системи;

Тестування програмного забезпечення системи

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій ((п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)) 12 слайдів у форматі .ppt

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розгляд тенденцій розвитку систем	05.05.25 - 15.05.25	+
2	Вибір компонентів та комплектуючих	15.05.25 - 19.05.25	+
3	Розробка схеми роботи системи	19.05.25– 21.05.25	+
4	Моделювання роботи системи	22.05.25– 24.05.25	+
5	Написання програмного забезпечення	25.05.25– 27.05.25	+
6	Тестування програмного забезпечення	28.05.25– 01.06.25	+
7	Збірка проекту	01.06.25– 05.06.25	+
8	Тестування роботи системи	06.06.25– 09.06.25	+
9	Перевірка керівником	10.06.25– 153.06.25	+
10	Подання роботи для захисту в ЕК	16.06.25 -30.06.25	-

Дата видачі завдання 05.05 2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Рожнова Т.Г.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 44 с., 22 рис.,3 табл. 2 дод., 10 джерел.

КОНТРОЛЬ, МОНІТОРИНГ, СИСТЕМА, STM32F3DISCOVERY, ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32F3 Discovery.

В роботі розглянуто принципи побудови систем моніторингу з автоматичним зволоженням ґрунту, методи реалізації автоматичного зволоження на основі мікроконтролера STM32. Розроблено структурна схема підключення компонентів системи.

Здійснена програмна реалізація алгоритму роботи системи. Програмне забезпечення для керування платформою було розроблено в середовищі STM32CubeIDE з STM32CubeMX. Розроблена система дозволяє виконувати автоматичне зволоження та моніторинг вологості грунту.

Програмування здійснено на мові програмування С, з використанням звичних для плат сімейства STM32 технологій

ABSTRACT

Master’s thesis 44 pages, 22 figures, 3 tables , 2 appendices, 10 sources.

CONTROL, MONITORING, SYSTEM, STM32F3DISCOVERY, HUMIDITY SENSOR.

The purpose of the qualification work is to develop a system for monitoring and maintaining a given level of soil moisture based on the STM32F3 Discovery microcontroller.

The paper considers the principles of building monitoring systems with automatic soil moistening, a method of implementing automatic moistening based on the STM32 microcontroller. A structural diagram of the system components is developed..

The software implementation of the system operation algorithm was carried out. The software for controlling the platform was developed in the STM32CubeIDE environment with STM32CubeMX. The developed system allows for automatic humidification and monitoring of soil moisture.

Programming is done in the C programming language, using technologies familiar to STM32 family boards.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ……..... 7
ВСТУП…… 8
1 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ …… 9
1.1 Аналіз поширених рішень систем зволоження ґрунту …… 10
1.2 Аналіз рішень контроля рівня вологості ґрунту на мікроконтролерних системах ……..…….. 16
2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ……..... 21
2.1 Датчики вологості ґрунту 22
2.2 STM32F3 Discovery..... 25
2.3 Водяний мембранний міні насос-помпа 26
2.4 Реле для системи контроля вологості 27
2.5 OLED дисплей графічний SSD1306…… 28
2.6 Розробка схеми апаратної частини нашої системи…… 29
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ……..…… 30
3.1 Середовище розробки STM32CubeIDE, STM32CubeMX 30
3.2 Проектування роботи системи 31
3.3 Програмна реалізація алгоритму роботи системи ……... 34
3.4 Реалізація логіки режимів 40
4 ЗБІРКА СИСТЕМИ ТА ТЕСТУВАННЯ ЇЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ. ….. 42
ВИСНОВКИ…… 43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ……..... 44
ДОДАТОК А ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ…… 45
ДОДАТОК Б ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ПРОЕКТА ……. 51

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗН АЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IP-адреса (Internet Protocol address) – це унікальний числовий ідентифікатор, присвоєний кожному пристрою, підключеному до комп'ютерної мережі, що використовує протокол Інтернет (IP) для зв'язку

STMICROELECTRONICS - STM32F303VCT6 - ARM-MCU, Universal, STM32 Family STM32F3 Series Microcontrollers, ARM Cortex-M4, 32 Bit

STATE MACHINE – це модель обчислення, яка представляє об'єкт, що перебувати в одному з декількох станів, і переходи між цими станами відбуваються на основі певних умов та подій;

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) – це простий асинхронний протокол послідовної передачі даних між двома пристроями.

ВСТУП

Розвиток сучасних технологій сприяє появі нових рішень у сфсфері автоматизації, швидкість обробки даних та виконання команд і можливість автономної роботи все це неоодємною вимогою до системи автоматизації. Реалізація подібної системи вимагає ретельного підходу до інтеграції апаратних та програмних компонентів.

У даній роботі буде запропоновано оптимальне та найпростіше рішення, що забезпечує стабільний моніторинг та підтримку заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32.

Найкращим вирішенням проблеми автоматизації процесу моніторингу і піддтримки вологості є впровадження сучасних досягнень в області автоматики в сферу поливу ґрунту. Так, при використовуючи датчик вологості, автоматизована система здатна самостійно визначає потребу ділянки в поливі, кількість води, необхідну для потрібного рівня зволоження ґрунту, самостійно складати графік поливу і проводити його в найкраще для зрошення час доби. Треба відзначити, що впровадження таких проектів в сферу господарства сприяє його ефективному управлінні.

Одним із найбільш універсальних підходів до реалізації таких систем є використання мікроконтролерних систем, що дозволить використовуючи датчик вологості, для визначення потреб ділянки в поливі, кількість води, необхідну для потрібного рівня зволоження ґрунту, самостійно без втручання людини підтримувати його, а обробляючи статистичні данні, що зберегаються у памяті системи, складати графіки поливу і проводити його в найкраще для зрошення час доби. Треба відзначити, що впровадження таких проектів в сферу господарства сприяє його ефективному управлінню.

1 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ

Сучасні технології та дистанційний моніторинг процесів активно впроваджуються у різні сфери діяльності, зокрема в моніторинг об’єктів і різних процесів [1]. Ефективне застосування таких систем вимагає інтеграції апаратних засобів із засобами програмного та алгоритмічного забезпечення.

Метою даної роботи є розробка системи моніторингу вологості грунту на базі мікроконтролера STM32, що здійснює підтримку заданого рівня вологості в реальному часі. Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання:

– проаналізувати ринок існуючих систем моніторингу вологості грунту;
– обрати необхідні компоненти для системи;
– розробити схеми підключення компонентів;
– розробити апаратну частину пристрою;
– розробити програмне забезпечення мікроконтролера;
– протестувати систему, що підтвердить її працездатність

Вимогами для нашої системи з функцією моніторингу, як і для більшості систем моніторингу, можуть стати такі:

1) система має забезпечувати збирання та обробку показників з датчиків в режимі реального часу з допустимими затримками;

2) керування пристроями системи повинно здійснюватися через відповідне програмне забезпечення для мікроконтролерної системи;

3) система повинна мати простий та інтуїтивно зрозумілий користувачеві інтерфейс;

4) простота розробки та доступність компонентів, що використовуються для реалізації, бажано низьку цінуна компоненти в порівнянні з існуючими на ринку в теперішній час;

5) система повиння підтримувати зв'язок з користувачем для сповіщення про несподівані збої в своїй роботі.

Перераховані вище вимоги мають забезпечити ефективну, стабільну роботу та зручність експлуатації такої системи протягом тривалого часу, без втручання людини.

1.1 Аналіз поширених рішень систем зволоження грунту

На ринку ємножина найрізноманітніших за своєю суттю і методами реалізації варіацій організації автоматичного зволоження ґрунту і не тільки використовують в своїх основах мікроконтролерні системи. Умовне розділення готових рішень на домашній і садово-аграрний сектор, залежить від передбачуваних обсягів здійснюваного зволоження. Виходячи з цього поділу ми і будемо надалі розглядати готові проекти для цієї галузі.

Відзначимо, що виробники систем для домашнього сегментасистем зволоження грунту роблять упор на непередбачуваність обставин і труднощі з поливом в разі відсутності господаря вдома який час, де система має вкатись і вимикатися самостійно. У свою чергу, представники садово-аграрної галузі відштовхуються від потенційних витрат, що витрачають на зволоження в великих обсягів площей та часу, або грощових витрат на забезпечення робітників.

Виробники аналогічних з нашою системою в своїх рішеннях виходять з трьох найчастіших випадків необхідності для споживача даної розробки, а саме:

– автоматизація поливу домашніх рослин;

– промислове використання системи зволоження ґрунту для великих фермерських ділянок, теплиць, тощо;

– автоматизація садово-паркового господарств .

Розглянемо методи зволоження і сфери їх застосування для виявлення принципів роботи з огляду на можливість використання в нашій розробці по організації зволоження ґрунту керованого МК

Системи зволоження грунту домашніх рослин. Для забезпечення і підтримки необхідної вологості ґрунту в домашніх умовах користуються певним попитом такі варіанти розв'язання різних цінових сегментів і реалізацій різного рівні простоти реалізації. Для домашніх потреб можуть бути використані такі види зволоження: ґнотовий полив, крапельне зрошення, розпилювачі, розумні горщики або МК системи.

Садово-парковий сектор має більші потреби в автоматизації процесу зволоження ґрунту, тому що від якості організації системи залежить не тільки особистий комфорт, а заробіток і матеріальні витрати на утримання додаткових робітників.

Великі обсяги землі потребують більше потужних систем зволоження, що найчастіше дорожче пропозицій у порівнянні з домашньою автоматизацією, такі системи вимагають підвищений рівень гнучкості в управлінні, що ускладнює їх розробку, поступаючись простоті користувацького інтерфейсу. Таким запитам відповідають наступні види можливих засобів:

– крапельне зрошення, тільки встановлений під землею близько кореневої системи,

– розприскувачі, прикореневий капілярний полив;

– спринклерні рішення, засновані на мікроконтролерних системах керування.

Розглянемо приинципи роботи основних готових рішень таких систем зволоження грунту [1-3].

Крапельне зрошення – є універсальним методом зволоження ґрунту, ттому що знаходить застосування як в домашній, так і в аграрно-садовій галузі. Принцип роботи такого методу простий, шланги з маленькими отворами встановлюються під землею, поблизу кореневої системи, вода, яка подається

під певним тиском, повільно просочується крізь отвори, тим самим зволожуючи грунт (рис. 1.1).

У домашніх умовах трубки не мають отворів, замість них використовується спеціальні насадки на кінцях, які злегка вставляються у грунті зверху, такі системи можуть працювати з використанням насоса або помпи під управлінням мікроконтролера, так і без нього (установка резервуара з водою вище рівня зволожуваного ґрунту). Така система на МК надає можливості контролю тривалості зволоження, а значить і його якості та економному використанню води [2].

Отже мікроконтролерні варіанти реалізації крапельного поливу умовно простоті в реалізації, мають середню вартість та зі застосування МК мають високу кінцеву якість зволоження грунта за невелику вартість.

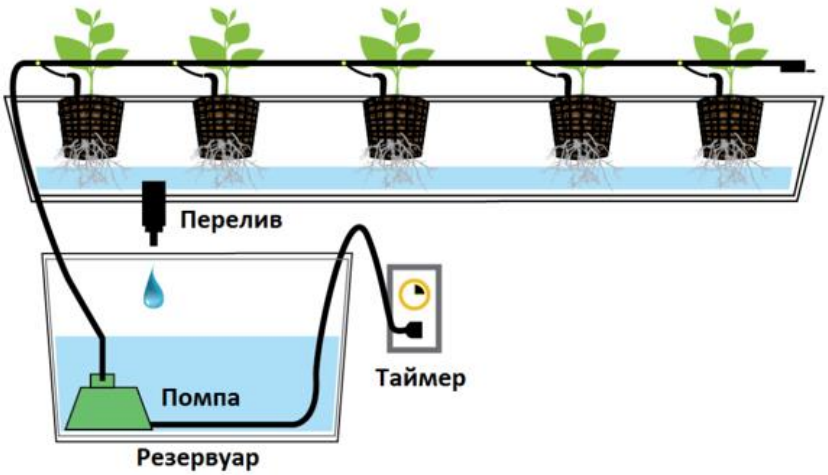


Рисунок 1.2 – Система крапельного зволоження грунту

Недоліком крапельного зрошення є складність установки на великих обсягах площіни і в у випадку відсутності централізованого управління за допомогою контролера, ненормоване зволоження грунту.

Іншим методом організації зволоження грунту є «розумні горщики», або так званий smart-pot, підійде для тих, хто бажає отримати від автоматичного зволоження не тільки позбавлення від рутини, а й прекрасний декор в

будинку. Принцип роботи та конструкція такого пристрою куди складніше описаних раніше, але для кінцевого користувача smart-pot легкий в застосуванні, але не може застосовуватись у великих проектах .

Пристрій складається з двох вкладених один в одного горщиків, перший служить резервуаром для води, другий для ґрунту. Усередині горщика, що з грунтом, встановлюється датчик вологості, в залежності від показників якого мікроконтролер проінформує користувача про стан грунту навколо рослини. Зволоження проводиться всередині горщика нижнім і комбінованим типами. Комбінований тип забезпечує надходження рідини не тільки знизу, але й з декількох боків, такий спосіб зволоження має більшу ефективність .

Переваги такого «розумного горщика»:

– простота експлуатації;

– красивий оригінальний дизайн,

– оптимальна організація зволоження рослин;

– мінімальні витрати часу на обслуговування.

Недоліки такого «розумного горщика» є недостатня гнучкість для різних типів потреб та висока ціна пристрою.

Можливість застосування горщика тільки для однієї рослини, задоволення не є дешевим для забезпечення зволоження грунту в умовах теплиці для великої кількості рослин. Види системи зволоження смарт-горщиками наведено на рисунку 1.2.

Рисунок 1.2 Система зволоження смарт-горщиками

Спринклерна система зрошення грунту на мікроконтролері або система "дощування" (рис. 1.3) – це система, що використовує серію спринклерних головок для рівномірного розподілу води на великій площі. Система складається з джерела води, насоса та мережі труб, які подають воду до спринклерних головок, які зрошують грунт навколо себе. При зрошенні спринклер розсікає воду на краплі, що схоже з дощем [3].

Така технологія зволоження грунту може застосовуватися практично на будь-яких площах землі, у часному дворі або у величезних парках, або в теплицях промислових масштабів. Спринклерна система здатна проводити рівномірне зволоження, також її можна використовувати для рівномірного розподілу добрива по заданій ділянці грунту під контролем МК.

а) спринклер в неактивній фазі;

б) спринклер у фазі зрошення

Рисунок1.3– Спринклерна система

Важливою частиною спринклерної системи зволоження служить висувна робоча система (головка), що в неактивному стані перебуває в грунті та виходить на поверхню під час поливу, та ще самі спринклерні головки (рис.1.4), розроблені для розподілу води під різними швидкостями, кутами та

відстанями, що забезпечує потрібну кількість води для газону чи теплиці, також вони доступні в різних версіях:

– обертові спринклери;

– стаціонарні спринклери;

– ударні спринклери.

Рисунок 1.4 – Види спринклерів

Переваги спринклерної системи зволоження є:

– повна автоматизація, що надає можливість планувати ввімкнення/вимкнення спринклерів, щоб зробити зрошення грунту в заданому просторі більш практичним;

– допомагає, фактично, економити воду в порівнянні з ручним поливом, розподіляючи воду більш рівномірно, зменшуючи втрати води через стікання.

Така система, як варіант системи автоматизації зволоження грунту, є біль цікавим рішенням для нас у порівнянні з крапельним зрошенням.

Ще одним рішенням є «лавки Ebb and Flood Bench» від фірми YBY (рис.1.5) – інноваційне гідропонне рішення оптимізує використання ресурсів, використовуючи динамічний і контрольований підхід, є екологічно чистим варіантом вирощування рослин [4].

Принцип гідропонного вирощування, використовують лавки для відпливу та затоплення. Такі лавки утворюють об’єднану гідропонну систему, яка періодично заливає та осушує середовище для вирощування, забезпечуючи рослинам необхідну кількість води та поживних речовин у

контрольованому за допомогою МК циклі. Така система лавок налаштовується до різних типів культур та різне планування теплиць.

Рисунок 1.5 – Рухомі лавки Ebb and Flood Bench

Основні переваги:

– забезпечує рослинам постійний доступ до води та поживних речовин;

– контроль циклів води мінімізує витрати води, для зволоження грунту.

– спрощення затрат зрошення та обслуговування, заощаджуючи час витрати на робітників.

Після проведеного аналізу систем автоматизації зволоження грунту побачили, що крапельне зрошення є найбільше універсальним засобом з високою ефективністю зволоження та використання його у складі мікроконтролерної системи зволоження грунту, цікавіше за будь-які інші варіанти реалізації даного методу зволоження.

1.2 Аналіз рішень контроля рівня вологості ґрунту на мікроконтролерних системах

Розглянемо існуючі мікроконтролерні реалізації систем для зволоження грунта, на предмет використання принципів та методів їх організації в нашому проекті, спираючись на цінове питання на конкретні комплектуючі конкретних компаній і на характеристики що означені в завданні на розробку під дану технологію.

Таймерні системи. Отримали наймасовіше вживання в сільськогосподарській та садовій сфері, можна сказати що вже є стандартними рішенями автоматизації з використанням мікроконтролера. Є множина таймерних систем різної цінової категорії і обсягів наданого зволоження. Принцип роботи всіх їх досить простий, існує ряд запрограмованих режимів з прописаними нормами зволоження і відповідними їм тривалістю. Система підключається до централізованого водопостачання та джерела струму, чи використовує звичайні пальчикові підживлювачі, отримуючи можливість автоматично, без втручання людини, проводити полив, користуючись отриманими раніше даними, що індивідуальні для кожного окремого режиму роботи. У деяких, більш опрацьованих моделях, (рис. 1.6), за допомогою представленого кнопками, розташованими безпосередньо на самому пристрої, інтерфейсі користувач може власноруч проводити настройку частоти і тривалості здійснення зволоження.

Рисунок 1.6 – Таймерна система зволоження

Більш сучасні таймерні системи забезпечені датчиком дощу, який дає можливість пристрою не проводити полив під час і відразу після дощу, тим самим не перезволожуючи грунт, мають високий рівень автономності впорівнянні з ціною та граничну легкість установки вому діапазоні.

Недоліком таймерних систем є незручний для користувача інтерфейс налаштування параметрів частоти поливу, а стандартні режими можуть не

підходити для ефективного проведення зрошення, але ця проблема не має варіанту стандартного рішення і завжди присутня для всіх МК систем.

Розумні системи. Багато в чому смарт системи подібні таймерній реалізації, за винятком декількох факторів. Відмінною особливістю розумних систем зволоження грунту є можливість здійснювати підключення пристрою до мережі wi-fi, здійснюючи більш комфортну і точну настройку бажаного режиму роботи системи за допомогою наданих мобільних додатків з широким спектром налаштувань. Датчик дощу вже не фігурує в розумних системах як це було в таймерних, всі свідчення і прогноз надходять по wi-fi.

Розумні системи долають недоліки користувацького інтерфейсу таймерних рішень. За допомогою мобільного додатку можна ініціювати полив в будь-який момент часу, перебуваючи в одній мережі wi-fi разом з розумним пристроєм, а також отримати корисну інформацію про передбачуваний час наступного або минулого поливу, останнього дощу і т. д. Приклад смарт-контроллеру з мобільним додатком наведена на рисунку 1.7.

Рисунок 1.7 – Smart-контроллер компанії Orbit для истеми зволоження

Програмований таймер шлангового зволоження. Зазначимо, що з усіх микроконтроллерних продуктів компаній програмовані таймерні системи займають важливе місце. Поливальний таймер має вбудований датчик дощу, що дозволяє більш гнучко справлятися з поставленим завданням зволоження. Як ми можемо бачити на рисунку 1.8, таймер має стандартну панель керування , але не дуже зручний користувацький інтерфейс (рис. 8).

Рисунок 1.8 – Автоматичний програмований таймер поливу HCT-322 з ЖК-екраном

Характеристики [5] :

– живлення від 2-х алкалінових батарейок ;

– вхідний порт 3/4;

– вихідний порт 3/4;

– РК-екран Є;

– ступінь захисту IPX5;

– робочий тиск у межах 0.05 – 0.8 МПа;

– робоча температура у межах 3 – 45 ° С;

– діапазон значень тривалості поливу 1 сек. – 299 хв.;

– діапазон значень частоти поливу від 1:00 годин до 15 днів;

– розміри (ШхВхТ) – 126 х 98 х 47 мм;

Недоліком програмованих таймерів є відсутність можливості підключення таймера до електричного кола. Електроживлення усього механізму здійснюється за допомогою двох пальчикових батарейок, які додають необхідність постійно стежити за працездатністю механізму і не забувати вчасно проводити заміну живлення.

Розумний спринклерный контроллер вологості грунту b-hyve XR. Є передовою розробкою компанії Orbit преміального зразка (рис.1.9) з підтримкою 8-ми(16-ти) поливальних зон. Смарт контролер не може

підключитися шлангової системи, замість цього він керує спринклерами дистанційно за допомогою Bluetooth модуля, запускаючи зволоження в різних зонах окремо один від одного.

Перевагою системи є її безпосереднє підключення до джерела живлення, на відміну від інших розробок компанії Orbit. Контролер простий в управлінні за допомогою центральної кнопки і має всі функції, які в описаних таймерних розробках.

Недолік, єдиний, b-hyve XR не працює без вже готової спринклерної системи (що разом з контролером завдає зовсім не малих до витрат).

Рисунок 1.9 – Smart-контроллер B-hyve

Одним важливим спостереженням після аналізу ринку є таке про тенденцію до здешевлення таймерних рішень через появу розумних контролерів зрошення, про можливість зайняти місце на ринку, за аналогією з Xiaomi, яка робить це в багатьох інших сферах, що говорить про успішність такої політики недорогих систем.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

Визначення вологості грунту виконується в такий спосіб вимірювання його електричного опору. Чим вища вологість ґрунту, тим вища електропровідність. Датчик занурений на 45мм в грунт вимірює електропровідність між його контактами. Напруга на виході датчика прямо пропорційна провідності, що вимірюється. Рівень сигналу на виході датчика вище тоді коли вище рівень вологості (рис.2.1) показано залежність вихідної напруги від вологості ґрунту, також видно, що електропровідність і вихідний сигнал датчика піддаються флуктуації (хаотичні відхилення від середнього значення). Рівень сигналу на виході датчика знаходиться в діапазоні від 0 до 4,5 В.

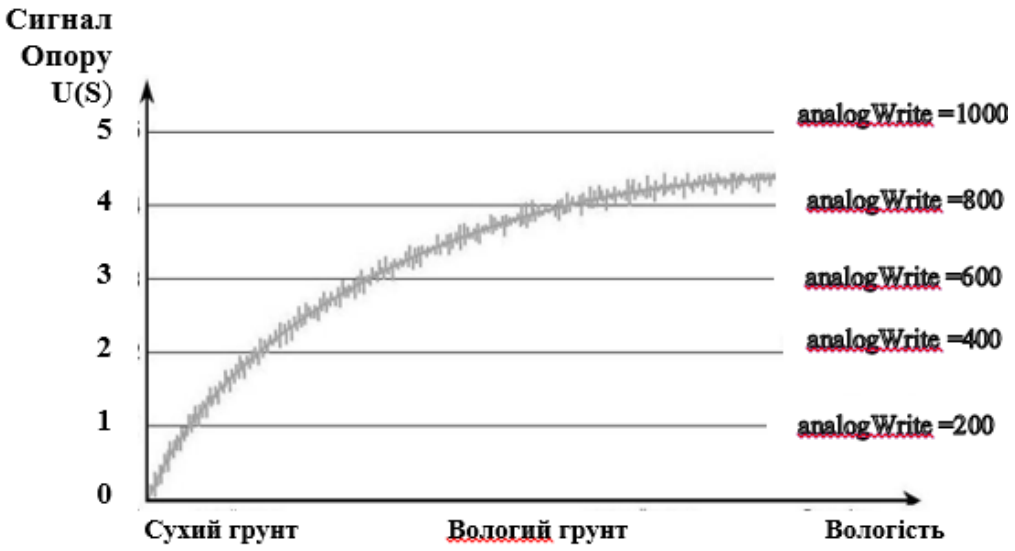


Рисунок 2.1 – Залежність вихідної напруги від вологості ґрунту

На показчики датчика впливають такі чинники:

– ступінь занурення датчика в ґрунт (чим глибше занурення- точність показчиків вище);

– тип ґрунту, хімічні і фізичні властивості (щільніший ґрунт – вище показчики датчика);

– кількість домішок у воді для поливу грунту.

Проєктування системи включає вибір та інтеграцію таких ключових компонентів, як мікроконтролер STM32, датчик вологості ґрунту, насос, реле перемикач, ЖК-дисплей для виводу даних, блок живлення.

2.1 Датчики вологості ґрунту

Резистивний датчик вологості ґрунту YL-69 (рис. 2.2.а) дозволяє вимірювати вологість ґрунту [8]. Має 3 зонда і окремі плати з електронікою з'єднується дротами, має антикорозійне покриття. Має два входи, один з них аналоговий, видає аналогове значення пропорційне рівню вологості; другий дискретний, видає логіку "1" при досягненні певного рівня вологості.

Датчик вологості ґрунту легко підключається до мікроконтролерних плат Arduino, AVR, STM. Датчик має такі характерики:

– робоча напруга живлення 3-5В;

– сигнал виводу аналоговий;

– розміри- довжина і ширина зонду 59х19.

а) б)

а) резистивний датчик вологості ґрунту;

б) ємнісний датчик вологості ґрунту

Рисунок 2.2 – Датчики вологості ґрунту

Ёмкісний датчик вологості ґрунту V1.2 (рис.2.2.б) [9]. Ємнісний датчик вологості ґрунту – це вдосконалений датчик, який може контролювати

вологість ґрунту в системах автоматичного зволоження, він не піддається електролітичній корозії, так він прослужить довго в системі, має такі характеристики:

– робоча напруга живлення 3,3-5В;

– сигнал виводу аналоговий 0-3В;

– роз’єм типу PH2.0-3P;

– розміри- довжина і ширина зонду 99х16мм.

Для оптимального вибору датчику вологості проведем порівняльний аналіз ємнісного датчику вологості, з аналоговим (резистивним) датчиком вологості ґрунту YL 69, на сухому піщаному ґрунті експериментально..

Резистивний датчик, підключений до аналогового входу МК, вимірює опір між двома контактами (діапазон від 0 до 1023 Герц). Ємнісний датчик вимірює частоту заряду/розряду конденсатора (діапазон значень вимірювання змінюється від 0 до 13000 фарад), або частоту генерації датчика під впливом поливу ґрунту [8,9].

Для аналізу експериментальних даних обидва датчики (ємнісний та аналоговий-резистивний) занурили у сухий ґрунт. Далі ґрунт зволожували порціями води (по 10 мл), після чого кожний раз знімали показання, фіксуючи. Як результат отримано графік залежності частоти поливу від електричного опору для двох датчиків (рис. 2.3).

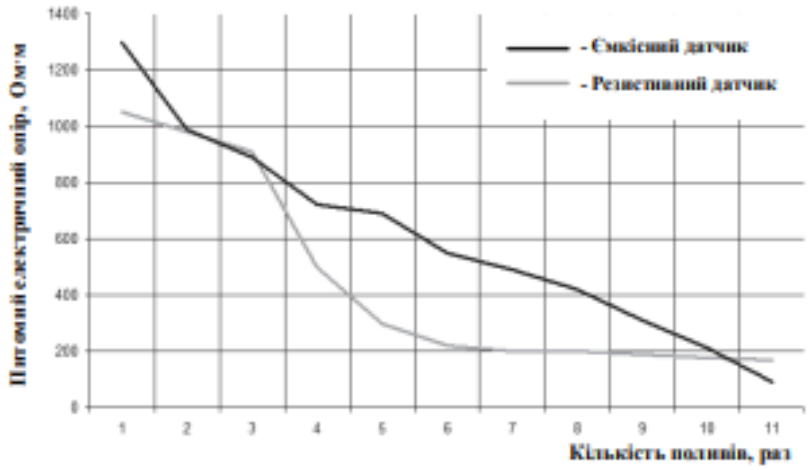
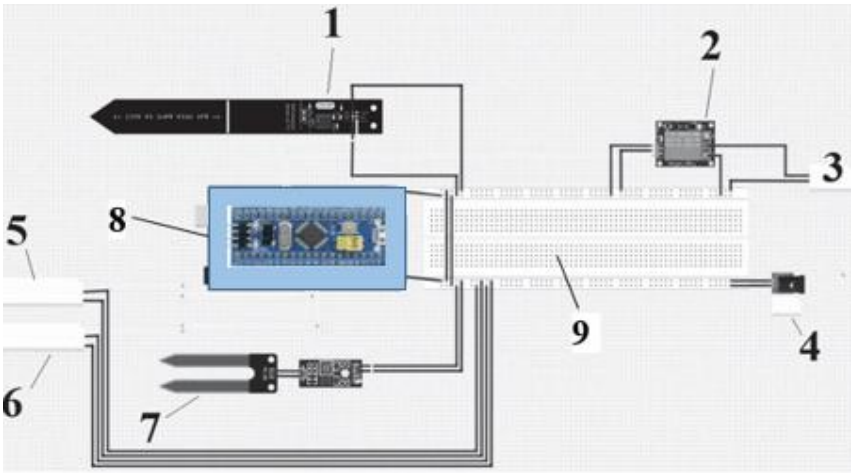


Рисунок 2.3 – Графік залежності частоти поливу від електричного опору

Схема підключення датчиків до мікроконтролеру приведена на рисунку 2.4.

Для поливу ґрунту ми додали водяну помпу та реле для перемикання насосу. Працює система так. Коли датчик вологості показує високий показник опору (для ємнісного датчику мінімальне і максимальне значення – 9000 і 1200, а для резистивного відповідні значення – 200 і 700), то до реле поступає сигнал на включення помпи для подавання води в систему зволоження ґрунта.



1 – ємнісний датчик; 2 – реле; 3 – водяна помпа; 4 – блок живлення; 5,6 – датчики рівня води; 7 – датчик рівня вологості ґрунту; 8 – платаSTM32; 9 – макетна плата.

Рисунок 2.4. – Схема підключення датчиків до мікроконтролеру

З аналізу графіку видно, що датчик ємнісний швидше реагує на зміну вологості ґрунту, тому для виміру вологості в нашій системі зволоження будемо використовувати ємнісний датчик, що запобігає перезволоження ґрунту, має більш широкий діапазон вимірюваних значень та точність вище.

Недоліком є залежність від відстані між схемою посилення і чутливим елементом, що розвязується за рахунок розміщення всіх компонентів датчика на одній платі.

2.2 STM32F3 Discovery

STM32F3 Discovery є МК серії STM32L0 з ядром Cortex-M0. МК призначені для додатків з критичним споживанням енергії.

Тактова частота до 32МГц, мають від16 до 128 кБ флеш пам’яті, от 2 до 20 кБ ОЗУ, 512 байтів EEPROM.

Периферійні модулі мають в собі :

– до 51 ллінії вводу/виведення;

– 12 бітний АЦП;

– 7 канаів DMA;

– USART, SPI, I2C;

– таймери захвату/порівняння (16-ти бітний таймер з 4-мя каналами захвату/порівняння, два 16-ти бітнних таймера с 2-мя каналами захвату/порівняння);

– системний таймер – SysTick;

– таймер для відліку часу/дати – RTC;

– 2 сторожеві таймери watchdogs;

– модуль підрахунку контрольної суми – CRC;

– може мати контролери датчиків дотику, USB і контролер управління ЖК-індикатором (до 8x40 ліній підложок/сегментів).

На рисунку 2.5 показано схематичний вигляд з разміщенням єлементів на платі STM32F3 Discovery та вигляд самої плати [7].

Сама електрична схема STM32F3 Discovery представлена в додатку Б (рис. ДБ.3).

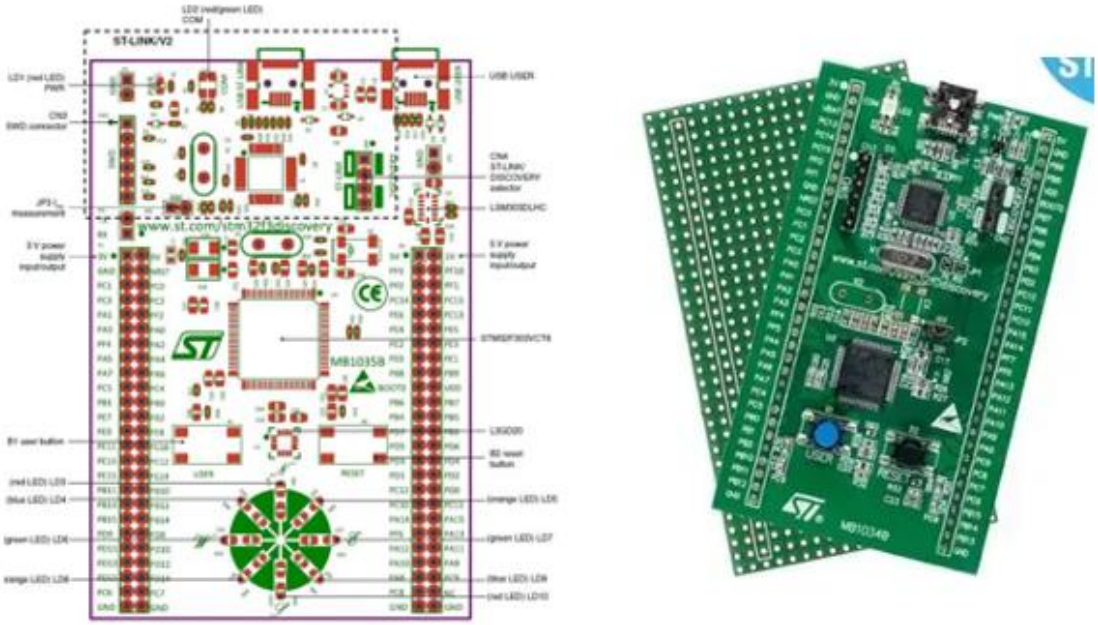


Рисунок 2.5 – Схематичний вигляд з розміщенням елементів на платі та самої плати STM32F3 Discovery

2.3 Водяний мембранний міні насос-помпа

Водяний мембранний міні насос помпа 6-12В, двигун R385 (рис. 2.6) використовують для перекачування води (неагресивних рідин).

Рисунок 2.6 – Водяний мембранний міні насос помпа

Насос працює таким чином – всмоктує рідину знаходячись на поверхні води, має такі характеристики (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристики мембраного міні насосу помпи 6-12В

Назва характеристики	Розмірність
Тип двигуна	R385
Номінальна напруга	6-12В
Робочий струм	0.5-0.7А (мах)
Потужність	4-7Вт
Висота виштовхування рідини	3м (мах)
Глибина всмоктування рідини	2м
Габарити	90х40х35мм
Стартовий струм	до 2А
Продуктивність	1.5-2 л/хв

2.4 Реле для системи контроля вологості

Реле, або вимикач, необхідно для управлінням декількома сигналами одночасно. одноканальне реле, або канальний релейний модуль низького рівня на 5В, вмикається логічним нулем, вимикається – логічною одиницею, з напрацювання на відмову –100 000 перемикань.

Модуль має два світлодіоди:

– червоний показує присутність апруги живлення;

– зелений сигналізує, що реле працює.

На рисунку 2.7 показано реле одноканальне 24В.

Рисунок 2.7 – Реле одноканальне 24В

Характеристики модуля реле одноканального 24В наведено нижче в таблиці 2.2 [6,7].

Таблиця 2.2 – Характеристики реле одноканального 24В

Назва характеристики	Розмірність
Керуючий сигнал	24В
Комутований сигнал (змінний струм)	250В/10А
Комутований сигнал (постійний струм)	30В/10А
Час відгуку	до 20мс
Габарити	5.7 х 1.7 х 2мм

2.5 OLED дисплей графічний SSD1306

OLED- дисплей графічний SSD1306 I2C 0.91" 128x32 призначений для роботи з Arduino, AVR, STM32, PIC, та іншими мікроконтролерами (рис.2.8).

Рисунок 2.8 – Графічний OLED-дисплей на контролері SSD1306

OLED-технологія дисплею – світлодіоди самі випромінюють світло без додаткового підсвічування, хороші кути огляду, мінімальне енергоспоживання з високою якістю відображення. Дисплей маєэ такі характеристики (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Характеристики реле одноканального

Назва характеристики	Розмірність
Діагональ екрану	0.91"
Роздільна здатність	128 x 32
Інтерфейс підключення	I2C
Напруга живлення	3.3-5 В
Габарити плати	3.8 x 1.2 см

2.6 Розробка схеми апаратної частини нашої системи

Для розробки електричної схеми системи контроля вологісті грунту використаємо систему Easyeda, це автоматизоване проектування електронних пристроїв, набір стандартних бібліотек компонентів.

Далі підключаємо датчик до плати STM32F3 DISCOVERY, пін GND плати з піном GND датчика, пін A4 з піном Aout датчика, а також пін 5V з піном VCC. Підключаемо обрані нами компоненти системи зволоження грунту (рис. 2.9).

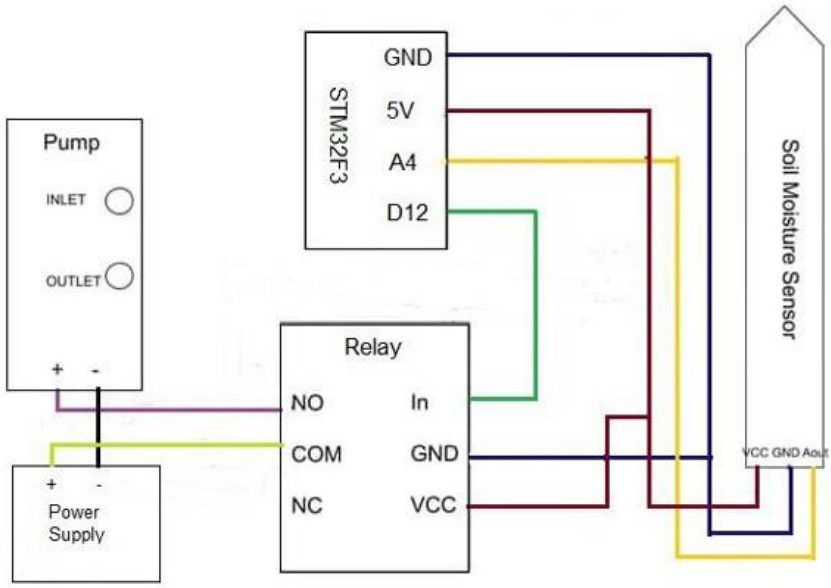


Рисунок 2.9 – Схема підключення компонентів системи зволоження грунту

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 Середовище розробки STM32CubeIDE, STM32CubeMX

STM32CubeIDE є платформою розробки на мовах C/C++ зі функціями конфігурації периферійних пристроїв, генерації коду, компіляції коду та налагодження для мікроконтролерів STM32, базується на фреймворку Eclipse та інструментарії GCC для розробки, для налагодження на GDB.

STM32CubeIDE інтегрує функції конфігурації STM32 та створення проектів з STM32CubeMX, має універсальний інструмент для розробки проектів з STM32. Містить аналізатори збірки і стеку, що надають користувачеві корисну інформацію про стан проекту та пам'яті, включає стандартні та розширені функції налагодження, з переглядом регістрів ядра процесора, пам'яті та периферійних регістрів та спостереження за змінними в реальному часі. Вигляд інтерфейсу STM32CubeIDE наведено на рисунку 3.1.

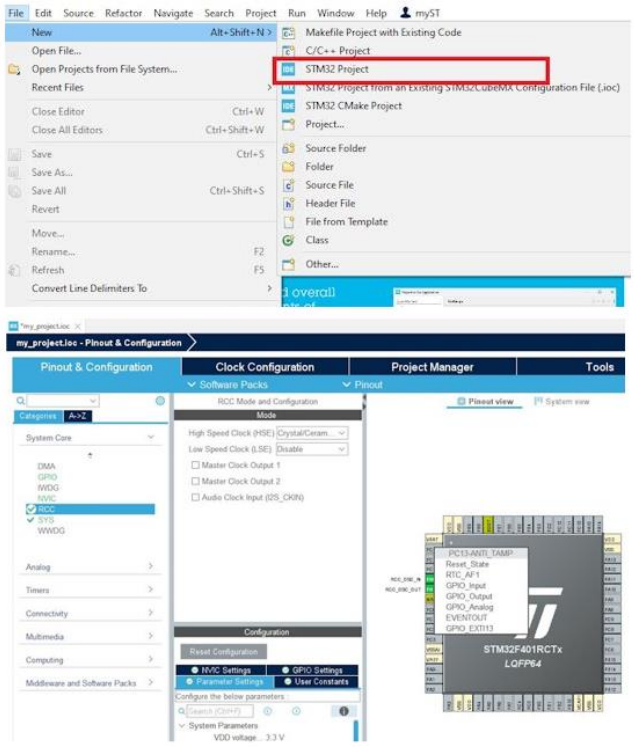


Рисунок 3.1 – Середовище розробки STM32CubeMX

STM32CubeProgrammer є програмним інструментом,що розроблений STMicroelectronics для програмування мікроконтролерів STM32. Він забезпечує зручний інтерфейс для програмування та налагодження пристроїв STM32 і підтримує різні методи програмування, такі як JTAG, SWD і UART.

3.2 Проектування роботи системи

Перед початком безпосередньої програмної реалізації, найоптимальнішим рішенням буде продумати метод і форму написання програмного коду.

Умовний алгоритм роботи системи можна представити у вигляді блок схеми алгоритму (рис. 3.2).

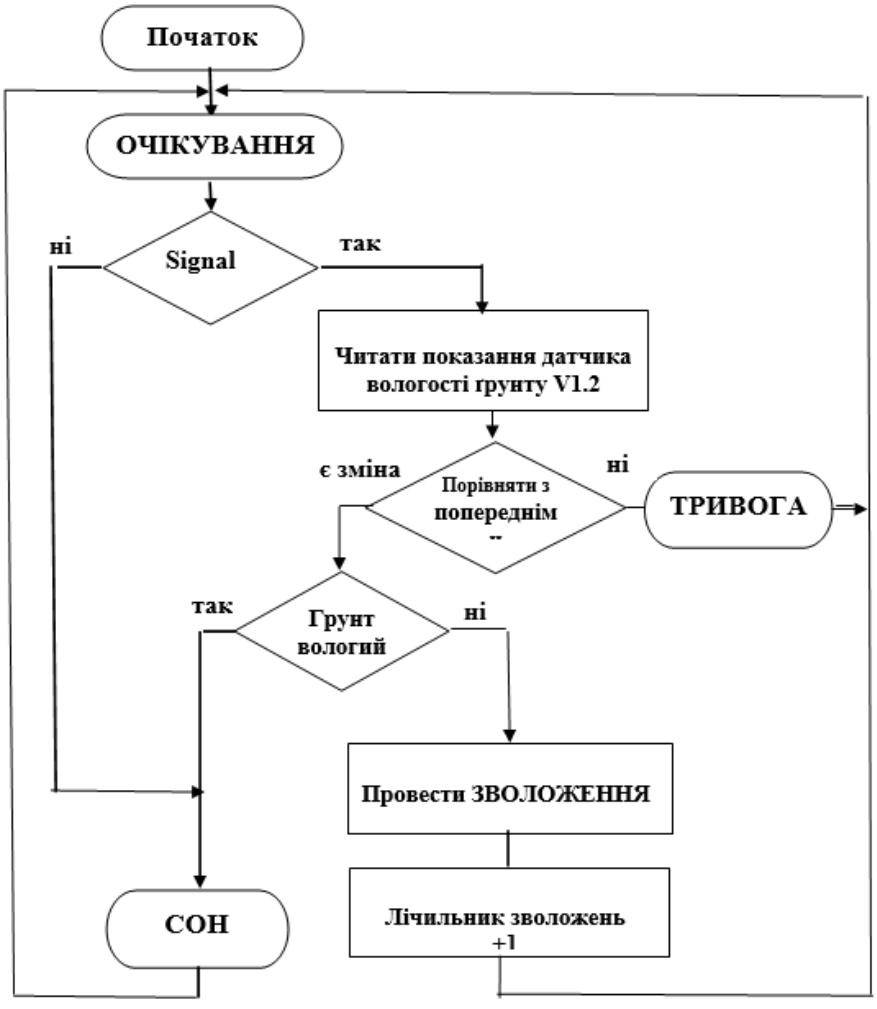


Рисунок 3.2 –Блок-схема алгоритму роботи системи

Виходячи з представленого вище алгоритму можна виділити чотири стану роботи системи:

– очікування – головний стан;

– зволоження ;

– тривога;

– сон.

Зі стану «Очікування» при низьких показчиках вологості викликається режим зволоження, або режим «Сон» в іншому випадку. При двох невдалих поливах викликається стан «Тривога», вихід з якого в стан «Зволоження» та далі в «Очікування». Для управління переходами зі стану в стан використано різні сигнали керування (рис. 3.3).

Стан	Керуючий сигнал	Новий стан
Очікування	Sign1	Зволоження
Очікування	Sign2	Тривога
Очікування	Sign3	Сон
Тривога	Sign1	Зволоження
Зволоження	Sign1	Очікування
Сон	Sign1	Очікування

Рисунок 3.3 – Переходи станів через керуючі сигнали

Для адекватної реалізації станів, стан «Сон» задано неявно. Буде використано функцію очікування модуля HAL, із одним із можливих станів системи «Сон». Нижче наведено граф переходів для нашої системи (рис.3.4) , що також показує ініціалізацію портів входу/виходу та інших компонентів.

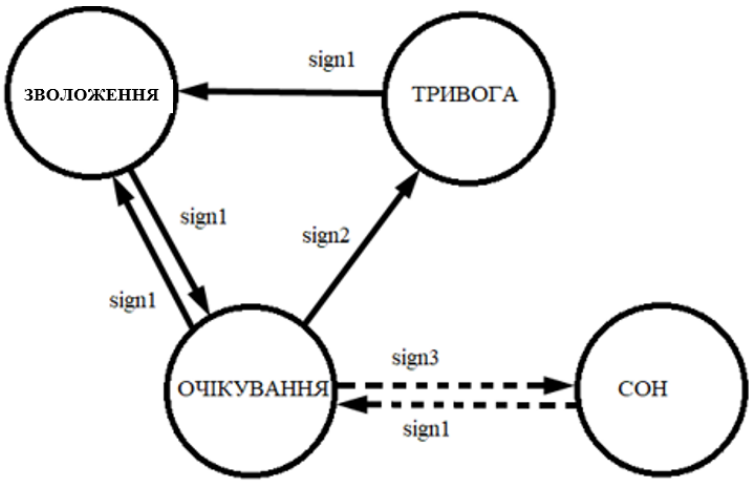


Рисунок 3.4 – Граф переходів для нашої системи

Виконуємо ініціалізацію входів, створюємо аналоговий вхід, налаштотуємо інтерфейс USART, RCC та інших компонентів та надалі будемо використовувати ініціалізацію при додаванні нових функцій.

Ми вже визначилися з інструментами розробки, в якому створимо проект і проведемо налаштування.

Наступним портам призначено такий функціонал (рис. 3.5).

Вхід	Функція
PA0	GPIO_EXTI0
PA1	ADC1_IN2
PA2	GPIO_Output
PC4	USART1_TX
PC5	USART1_RX
PE8-PE15	LD1-LD8

Рисунок 3.5 – Порти за функціоналом

Далі виконуємо налаштування RCC та інших компонентів. Створюємо проект використовуючи для ініціалізації налаштованих в STM32CubeMX компонентів (лістинг 3.1).

Лістинг 3.1 –Ініціалізація RCC та компонентів

```
    /* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface
and the Systick. */
      HAL_Init();

      /* Configure the system clock */
      SystemClock_Config();

      /* Initialize all configured peripherals */
      MX_GPIO_Init();
      MX_ADC1_Init();
      MX_I2C1_Init();
      MX_SPI1_Init();
      MX_USART1_UART_Init();
      MX_USB_PCD_Init();
```

3.3 Програмна реалізація алгоритму роботи системи

Програмна реалізація МС починається з декларації структури машини станів State, а також функцій імплементації конкретних станів машини (рис. 3.4).

У структурі State ми зберігаємо показчик на функцію наступного стану і число кількості невдалих зволожень. Показчики є ключовою особливістю мови С, де не треба зберігати змінну або інший тип даних в структурі, замість цього зберігається показчик на фізичну адресу данних, це оптимізує витрати пам'яті мікроконтролера, бо розмір покажчика на комірку ОП займає небільше 8байт.

```
/* State machine declaration */
struct State;
     typedef void state_fn(struct State *);

struct State
{
    state_fn * next; // Pointer to the next state
    int cnt_unsucc_waterings;
};

/* Declare three state functions. */
static state_fn Watering, Idle, Warn;
```

Рисунок 3.4 – Декларація структури машини станів State

імплементація станів

На останньому рядку коду ми задекларуємо три функції станів, а саме:

– Watering – виконання контролю зволоження грунту;

– Idle – контролер системи;

– Warn – непередбачені сценарії вроботі системи (закінчення води в резервуарі).

Вхідна точка програми і розташований в ній головний цикл (рис. 3.5).

```
/* Initializing starting state */
  struct State state = { Idle, 0 };

  /* Delay before program executing.
   * Goal: give time to setting system before first watering
   */
  HAL_Delay(DELAY_BEFORE_EXECUTING);

  /* Main infinite loop */
  while (1)
  {

       /* Execute current state ("Idle" for first time) */
       state.next(&state);
  }
```

Рисунок 3.5 –Головний цикл виконання програми, контроль

Після ініціалізацій компонентів у функції main () відбувається установка

початкового стану «Очікування».

Далі деякий проміжок часу виконується тайм-аут програми для того, щоб дати користувачеві можливість встановити систему до здійснення першого зволоження. По закінченню затримки, програма переходить в головний цикл свого виконання, в якому завжди відбувається лише одна дія - виклик поточної функції стану. У перший раз це буде Idle, всі наступні рази-функція, що викликається визначається в залежності від умов зміни стану всередині функцій станів. Це значною мірою спрощує для розуміння логіку програми, замість розташовування контролю в циклі, ми виділяємо його в окремий стан і надаємо циклу тільки роль компонента, що викликає потрібний стан. Як аргумент викликаємої функції ми передаємо фізичну адресу об'єкта типу struct. Таким чином кожної з функцій стану буде дозволено змінювати поточний стан.

Першою буде функція аналог популярної вбудованої на мікроконтролерах сімейства Arduino map (). Так як на МК сімейства STM32 немає призначених для Ардуіно бібліотек, ми самі напишемо цю просту функцію :

```
/* convert analog port output (1230-3140) to percents (1-100)*/
static int Convert_to_percents(int input, int input_min, int input_max, int output_min, int output_max)
{
return ((((input - input_min)*(output_max - output_min))/(input_max - input_min)) + output_min);
}
```

Мета цієх функції - переклад аналогового розкиду вхідних даних з датчика вологості грунту в звичну нам шкалу відсотків від 1 до 100, що є звичайною математичною пропорцією.

Напишемо функцію, яка здійснює читання даних з датчика (рис. 3.6).

```
static int Read_From_Sensor(void)
{
	char msg[10];

	uint16_t raw;
	int percentage;

	HAL_ADC_Start(&hadc1);
	HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, HAL_MAX_DELAY);
	raw = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);

	percentage = Convert_to_percents(raw, 1230, 3140, 0, 100);

	sprintf(msg, "%hu%%\r\n", percentage);
	HAL_UART_Transmit(&huart1, (uint8_t*)msg, strlen(msg), 10);

	return percentage;
}
```

Рисунок 3.6 – Функція читання даних із датчика

Ця функція цікава для нас, так як саме в ній ми використовуємо раніше оголошений інтерфейс UART. Сама ж функція проводить опитування аналогово порту входу і привласнює отримані значення змінній raw, після цього конвертує аналогові дані в відсотки і повертає їх, перш зробивши пересилання відсотків в якості дебаг інформації на комп'ютер, використовуючи UART. Змінна msg і два рядки пов'язані з відправкою даних по UART, в програмі знаходяться вже під коментарями, а на рисунку 3.6. вони представлені в звичайному вигляді для зручності читання. Прийняті по інтерфейсу UART дані показано на рисунку 3.7

Рисунок 3.8– Прийняті по інтерфейсу UART дані

Опис головного функціоналу програми починається з першого циклу виконання – функції стану Idle (рис. 3.8).

```
static void Idle(struct State * state)
{

    int dryness = Read_From_Sensor();


    if (dryness > 87)

        state->next = state->cnt_unsucc_waterings >= 2 ? Warn :
Watering;
    else

        HAL_Delay(DELAY_AFTER_LOOP);
}
```

Рисунок 3.8– Реализація функції стану Idle

При старті функції ми отримуємо показники вологості в змінну dryness, користуючись раніше розглянутої функцією читання даний з датчика. Після, при значеннях вологості, відповідних сухості грунту, використовуючи тернарний оператор, ми робимо установку наступного стану, а саме Warn в разі, якщо лічильник невдалих зволожень на структурі state, покажчик на яку ми приймаємо в якості аргументу функції, перевищує або дорівнює двом, в іншому ж випадку запускається зволоження - стан Watering. При достатньому рівні вологості ми здійснимо перехід в неявний стан сну, представлений у вигляді простої затримки, як це вже було розглянуто.

Дана реалізація машини станів не використовує явно сигнали переходів, вони умовні, при програмній реалізації їх замінюють покажчики на конкретний з чотирьох станів.

Функція стану Watering (рис. 3.9), що фактично є контролером зволоження делегує повноваження зволоження функції Humidify ().

```
static void Watering(struct State * state)
{
    int dryness_before = Read_From_Sensor();
    Humidify();

    HAL_Delay(DELAY_AFTER_WATERING);
    int dryness_after = Read_From_Sensor();

    if (abs(dryness_after - dryness_before) >= 10)
     state->cnt_unsucc_waterings = 0;
    else
     state->cnt_unsucc_waterings++;

    state->next = Idle;
}
```

Рисунок 3.9 – Функції стану Watering – зволоження

Якщо ми знаходимося в даному стані, це означає що вологість низька та необхідно здійснювати зволоження грунту. Для того, щоб дізнатися, наскільки воно буде успішно, запишемо показники вологості до зволоження і здійснимо його, після почекаємо деякий час і запитаємо нові показники вологості у нову змінну.

У разі розходження показників за, більше похибки датчика, є лічильник невдалих зволожень на 0, так як в стан Watering ми могли потрапити з Warn і лічильник вже з переповненнням. Однако ж, якщо зволоження було невдало, ми збільшимо лічильник на один. В кінці кожного з варіантів ми здійснюємо зміну стану на Idle.

Останній стан Warn є функція яку показано на рисунку 3.10.

```
static void Warn(struct State * state)
{
     Flash_LED();
     state->next = Watering;
     }
```

Рисунок 3.10 – Функції стану Warn

Вона фактично служить для повідомлення користувача про несправності, що не перебувають в прямій залежності від системи. У випадку виклику функції Panic може підпадати випадок відсутності води в резервуарі або ж випадання датчика за горщик. Panic так само приймає покажчик на структуру state для того, щоб здійснити перехід в стан Watering і спробувати зробити зволоження після довгого миготіння червоними лампочками з метою привернути увагу користувача.

3.4 Реалізація логіки режимів

Режими служать забезпечення системі придатності в різних умовах і для задоволення системой призначених для користувача потреб. Вони роблять кінцевий продукт більш гнучким і пристосованим для використання в різних областях.

Для надання швидкої, зручної і наочної зміни режимів, вирішено було реалізувати цю логіку в тісному зв'язку з призначеною для користувача кнопкою. Система має 4 режими. Прцес зміни режимів простий, при натисканні на кнопку до системи надходить запит на переривання максимального пріоритету.

Програма зупинить свій робочий цикл, запам'ятавши місце зупинки, і перейде до обробника переривань, та змінить режим на наступний за списком (здійснивши миготіння необхідною кількістю діодів, під кожний режим своя кількість) (рис. 3.11).

Затримка діоду реалізована на власній функції, реалізує цикл for (затримка півсекунди).

Режими організовано у вигляді списку типу Enum.

Весь функціонал прописано за вимогами до системи, його достатньо для роботи в реальних умовах. Програмне рішення реалізовано за допомогою паттернів проектування, з використанням мови С, дане рішення займає

мінімально можливу кількість оперативної та основної пам'яті пристрою, та забезпечує високий рівень швидкодії системи.

```
void EXTI0_IRQHandler(void)
{

  HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_0);
  current_mode = (current_mode + 1) % 4;

  /* Visualize mode changing by blinking LEDs */
  switch(current_mode)
  {
  case LOW:
       HAL_GPIO_TogglePin (GPIOE, LD6_Pin);
       Ext_Delay();
       HAL_GPIO_TogglePin (GPIOE, LD6_Pin);
            break;
```

Рисунок 3.11 –Функція обробки переривань

4 ЗБІРКА СИСТЕМИ ТА ТЕСТУВАННЯ

Після завантаження програмного забезпечення на МК збираэться модель системи моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32, яку розробляэмо. Вигляд підключення датчика вологості грунту до мікроконтролера (рис. 4.1) та макет зібраного пристрою (рис. 4.2) Вигляд мікроконтролера STM32 під час роботи помпи при зволоженні грунту (рис. 4.3)

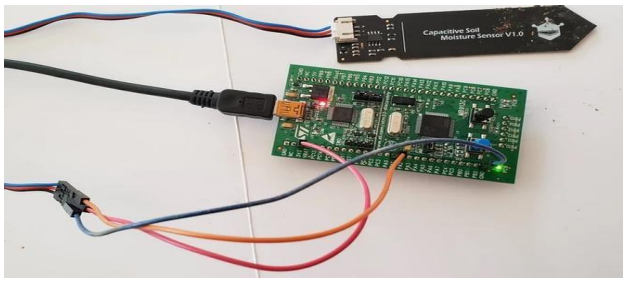


Рисунок 4.1 Підключення датчика вологості грунту до мікроконтролера

Рисунок 4.2 Макет підключення зібраного пристрою

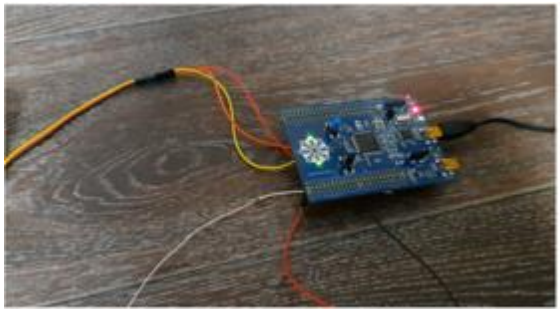


Рисунок 4.3 Мікроконтролера STM32 під час роботи помпи

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено Система моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту на базі мікроконтролера STM32.

Обосновано вибір датчика вологості експериментально, що показав значні переваги використання ємнісного датчику вологості, тому в автоматизованих системах для визначення вологості ґрунту пропонується використання ємнісних датчиків у схемі автоматизованого зволоження з вимірюванням питомого опору ґрунту.

Здійснена програмна реалізація алгоритму роботи системи на базі мікроконтролеру для зчитування показників вологості ґрунту. Програмне забезпечення для керування МК було розроблено в середовищі STM32CubeIDE з STM32CubeMX. Розроблена система дозволяє виконувати автоматичне зволоження та моніторинг вологості грунту.

Розроблено прототип системи моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту у вигляді макету, тестування якого показало працездатність розроблюваної системи.

Програмування здійснено на мові програмування С, з використанням звичних для плат сімейства STM32 технологій, з використанням патернів проектування, що дозволило практично не витрачати ОП та забезпечує високу швидкодію пристрою.

Розроблена система задовольняє усім поставленим вимогам кваліфікаційну роботу, та може бути використана в галузі аграрного, паркового господарства і в IOT, її можна розширювати додаючи кількість датчиків.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Системи зрошення грунту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://irrigator.ua/automatizatsia-system-oroshenia/

2 Сучасні системи зрошення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/suchasni-systemy-zroshuvannya/

3. Спринклерна система зрошення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agroex.com.ua/sprinklernoe-oroshen/

4. Лавки YBY Ebb and Flood Bench: покращте вирощування за допомогою інноваційних гідропонних рішень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ua.yby-irrigation.com/info/yby-ebb-and-flood-benches-elevate-cultivation-86084984.htm

5. Автоматичний програмований садовий таймер поливу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vazistaz.com.ua/drugie-avtotovary/avtomaticheskiy-programmiruemyy-sadovyy-taymer-poliva-podachi-vody-s-zhk-ekranom-hct-322.htm

6. Характеристики модуля реле одноканального 24В [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.google.com/search?q

7. STM32F3 Discovery є МК серії STM32L0 з ядром Cortex-M0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arduino.ua/ru/art99-mikrokontrolleri-semeistva-stm32?srsltid

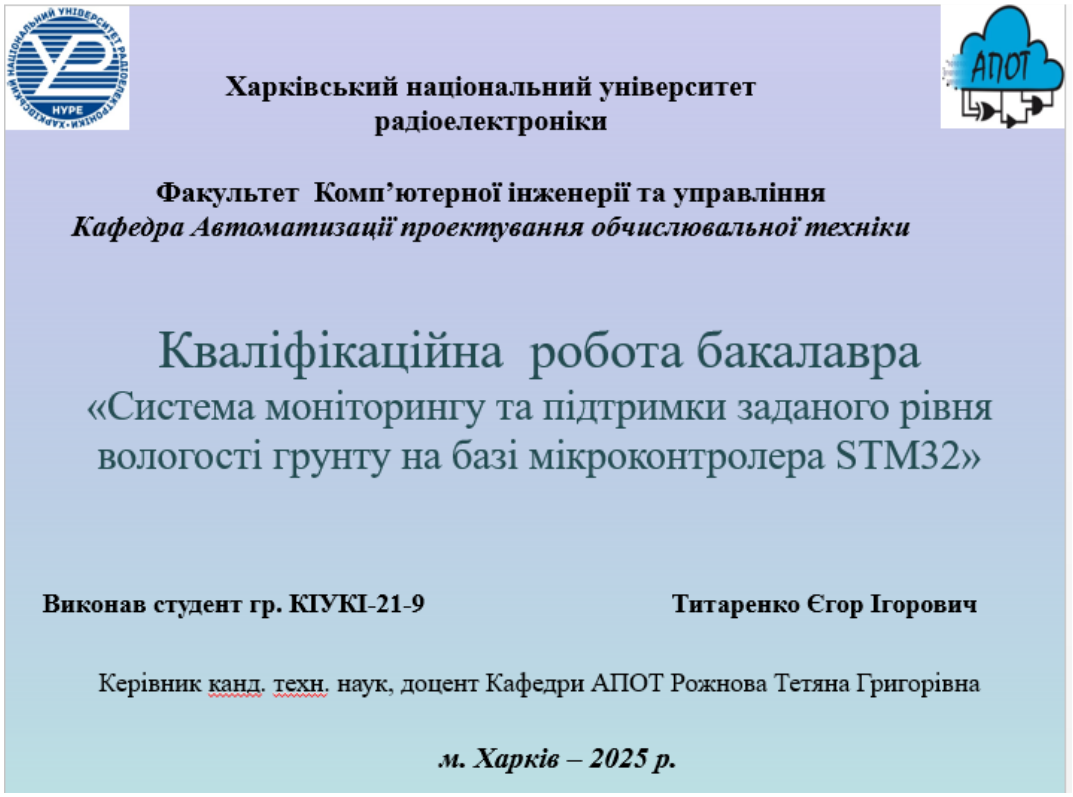
8. Датчик вологості ґрунтуYL-69 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://controller.in.ua/ua/p1610820636-datchik-vlazhnosti-pochvy.html

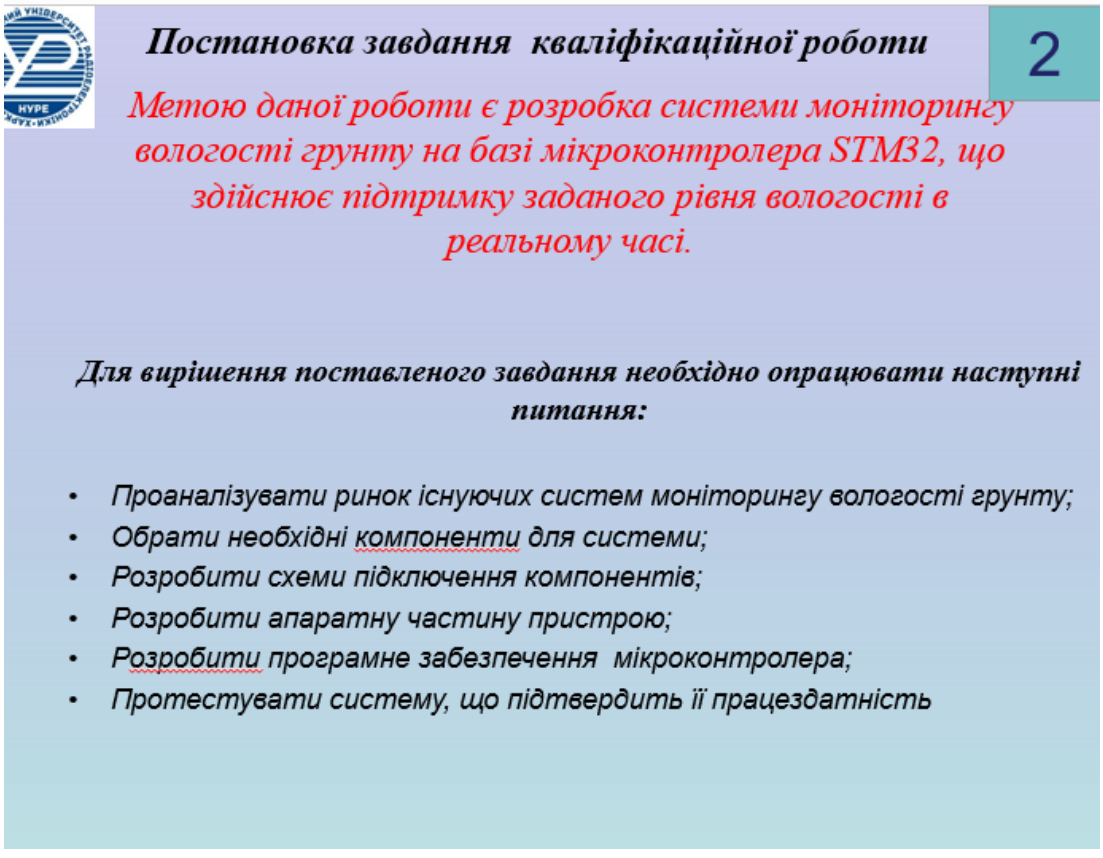
9. Ємнісний датчик вологості ґрунту V1.2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://controller.in.ua/ua/p2128913824-yomkostnyj-datchik-vlazhnosti.html

10. Водяний мембранний міні насос помпа 6-12 В, 1.5-2 літри в хвилину, Двигун R385 (160057) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://gsm-komplekt.ua/product/83625/?gad_source

ДОДАТОК А

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ





3

Вимогами для системи моніторингу вологості грунту на базі мікроконтролера STM32,

1) система має забезпечувати збирання та обробку показників з датчиків в режимі реального часу з допустимими затримками;

2) керування пристроями системи повинно здійснюватися через відповідне програмне забезпечення для мікроконтролерної системи;

3) система повинна мати простий та інтуїтивно зрозумілий користувачеві інтерфейс;

4) простота розробки та доступність компонентів, що використовуються для реалізації

5) система повиння підтримувати зв'язок з користувачем для сповіщення про несподівані збої в своїй роботі.

4

РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ПЛАТФОРМИ

.

Вибір найбільш підходящих модулів та аналіз їх переваг

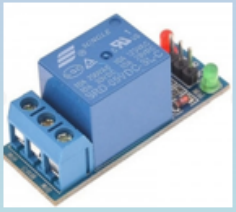
1)Потужний, для свої розмірів, процесор STM32F3 Discovery є МК серії STM32L0 з ядром Cortex-M0..

- Компактні розміри.
- Тактова частота до 32МГц, від16
- до 128 кБ флеш пам'яті, от 2 до 20 кБ ОЗУ, 512 байтів EEPROM.
- USART, SPI, I2C;

2) ємнісний датчик вологості грунту V1.2

3)Водяний мембранний міні насос помпа

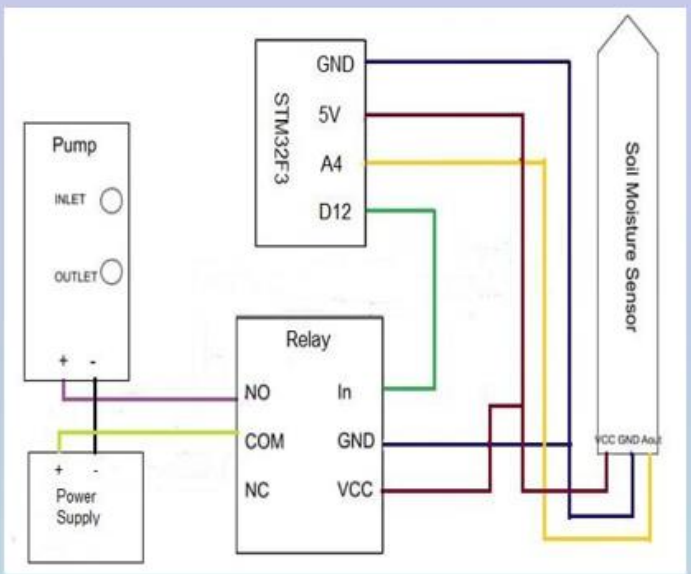
4) Реле, для управлінням декількома сигналами одночасно. або канальний релейний модуль низького рівня на 5В



РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ПЛАТФОРМИ

5

Схема підключення компонентів до МК



РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ STM32

6

Середовище розробки та мова програмування

- *Поєднання мови програмування С та середовища розробки STM32STM32CubeIDE, STM32CubeMX дає можливість використати необхідні бібліотеки та розробити програмне забезпечення*
- *Використання STM32CubeProgrammer надає зручні пакети для роботи з STM32 та дозволяє завантажити програмне забезпечення на плату.*

Мова програмування

Середовище розробки

Середовище для завантаження коду на плату

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ STM32

7

Умовний алгоритм роботи системи

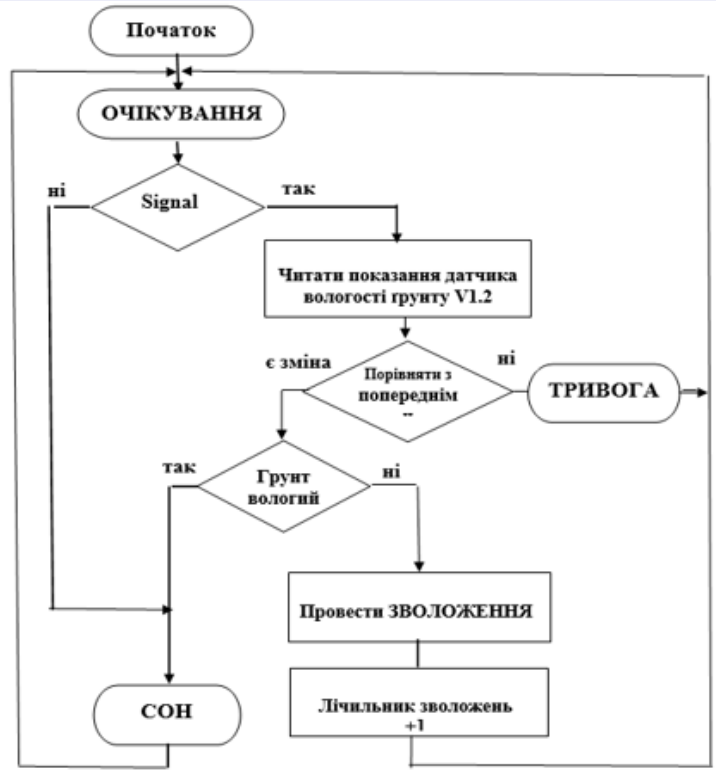
Виходячи з представленого алгоритму можна виділено чотири стану роботи системи:

– очікування – головний стан;

– зволоження ;

– тривога;

–сон.



Блок-схема алгоритму роботи системи

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПЛАТФОРМОЮ

8

Умовний алгоритм роботи системи можна представити через керючі сигнали

- *Переходи станів через керючі сигнали*

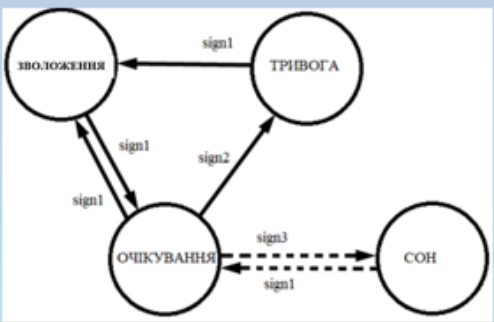
Стан	Керуючий сигнал	Новий стан
Очікування	Sign1	Зволоження
Очікування	Sign2	Тривога
Очікування	Sign3	Сон
Тривога	Sign1	Зволоження
Зволоження	Sign1	Очікування
Сон	Sign1	Очікування

- Грф переходів для нашої системи

- *Порти за функціоналом*

Вхід	Функція
PA0	GPIO_EXTI0
PA1	ADC1_IN2
PA2	GPIO_Output
PC4	USART1_TX
PC5	USART1_RX
PE8-PE15	LD1-LD8

- *Граф переходів для нашої системи*



РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 9

Програмна реалізація МС починається з декларації структури машини станів State, а також функцій імплементації конкретних станів машини

• *Декларація структури машини станів State*

```
/* State machine declaration */
struct State;
     typedef void state_fn(struct State *);

struct State
{
    state_fn * next; // Pointer to the next state
    int cnt_unsucc_waterings;
};

/* Declare three state functions. */
static state_fn Watering, Idle, Warn;
```

Головний цикл виконання програми, контроль.

```
/* Initializing starting state */
  struct State state = { Idle, 0 };

  /* Delay before program executing.
   * Goal: give time to setting system before first watering
   */
  HAL_Delay(DELAY_BEFORE_EXECUTING);

  /* Main infinite loop */
  while (1)
  {

       /* Execute current state ("Idle" for first time) */
       state.next(&state);
  }
```

– Watering – виконання контролю зволоження грунту;

– Idle – контролер системи;

– Warn – непередбачені сценарії вроботі системи

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПЛАТФОРМОЮ 10

Функції читання даних з датчика *руху та керування платформою*

```
static int Read_From_Sensor(void)
{
      char msg[10];
      uint16_t raw;
      int percentage;

      HAL_ADC_Start(&hadc1);
      HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, HAL_MAX_DELAY);
      raw = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);

      percentage = Convert_to_percents(raw, 1230, 3140, 0, 100);

      sprintf(msg, "%hu%%\r\n", percentage);
      HAL_UART_Transmit(&huart1, (uint8_t*)msg, strlen(msg), 10);

      return percentage;
}
```

Функція Read_from_Sensor() для читання даних з датчика .

```
static void Idle(struct State * state)
{

    int dryness = Read_From_Sensor();


    if (dryness > 87)

        state->next = state->cnt_unsucc_waterings >= 2 ? Warn :
Watering;
    else

        HAL_Delay(DELAY_AFTER_LOOP);
}
```

Функція стану Idle () - Опис головного функціоналу програми.

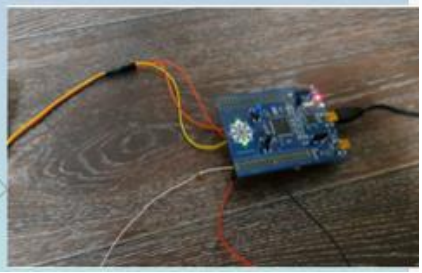
11

ЗБІРКА СИСТЕМИ ТА ТЕСТУВАННЯ

Підключення датчика вологості грунту до мікроконтролера

Макет підключення зібраного пристрою

Перевірка працездатності Мікроконтролера STM32 під час роботи помпи



12

ВИСНОВКИ

- ***Проалізовано*** *принципи роботи автоматизованого зволоження з вимірюванням питомого опору трунту та ринок необхідних апаратних компонентів.*
- ***Підібрано*** *необхідні апаратні та програмні компоненти, які підходять для виконання поставлених задач.*
- ***Розроблено*** *структурну та функціональну схеми ситеми прототип системи моніторингу та підтримки заданого рівня вологості грунту*
- ***Розроблено*** *програмне забезпечення* ***мові програмування С, з використанням звичних для плат сімейства STM32 технологій, з використанням патернів проектування, що дозволило практично не витрачати ОП та забезпечує високу швидкодію пристрою***
- ***Перевірено*** *працездатність.*
- ***Розроблена система задовольняє*** *усім поставленим вимогам кваліфікаційну роботу, та може бути використана в галузі аграрного, паркового господарства і в IOT, її можна розширювати додаючи кількість датчиків.*

ДОДАТОК Б

ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ПРОЕКТА

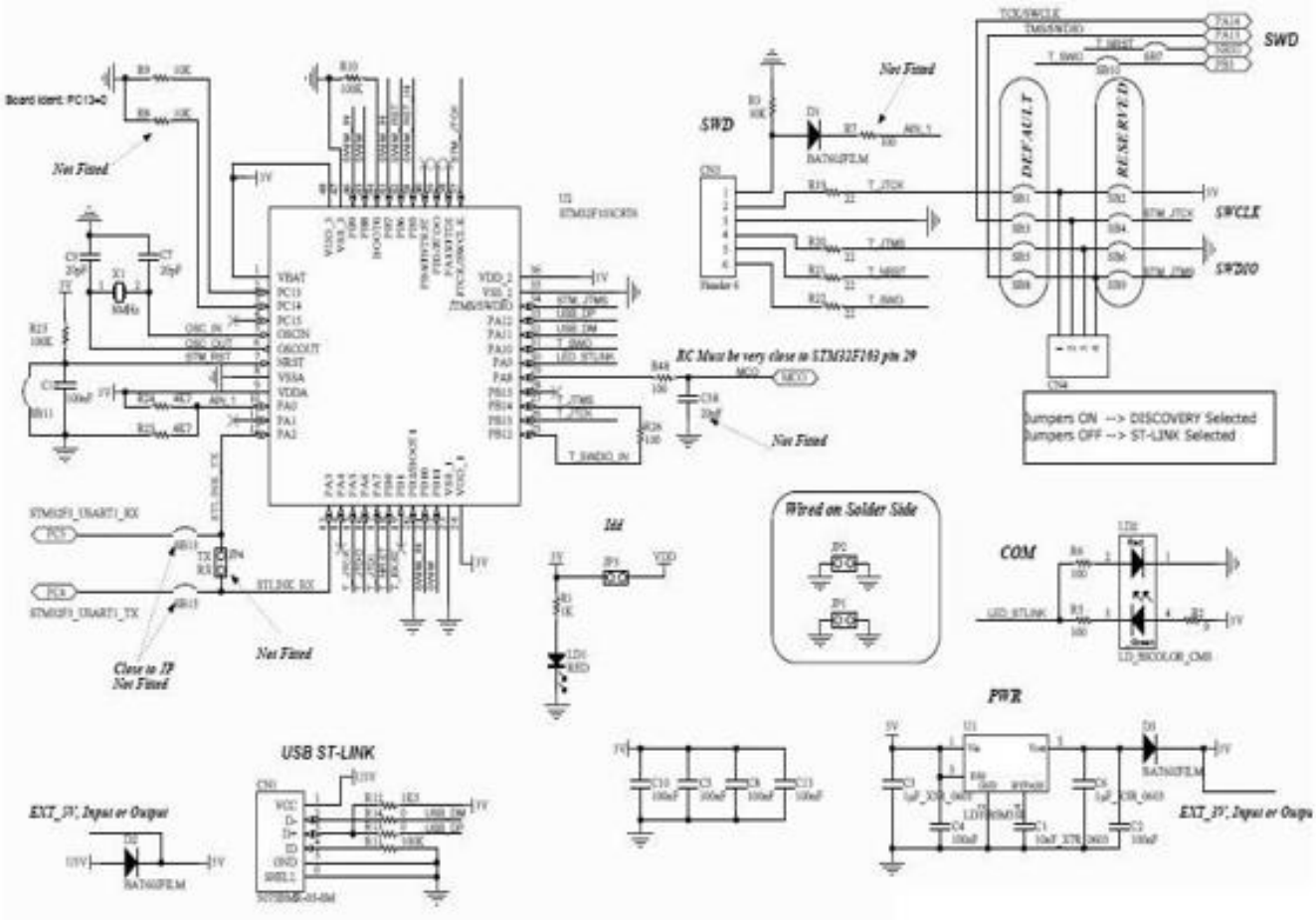


Рисунок ДБ.1 - Електрична схема STM32F3 Discovery

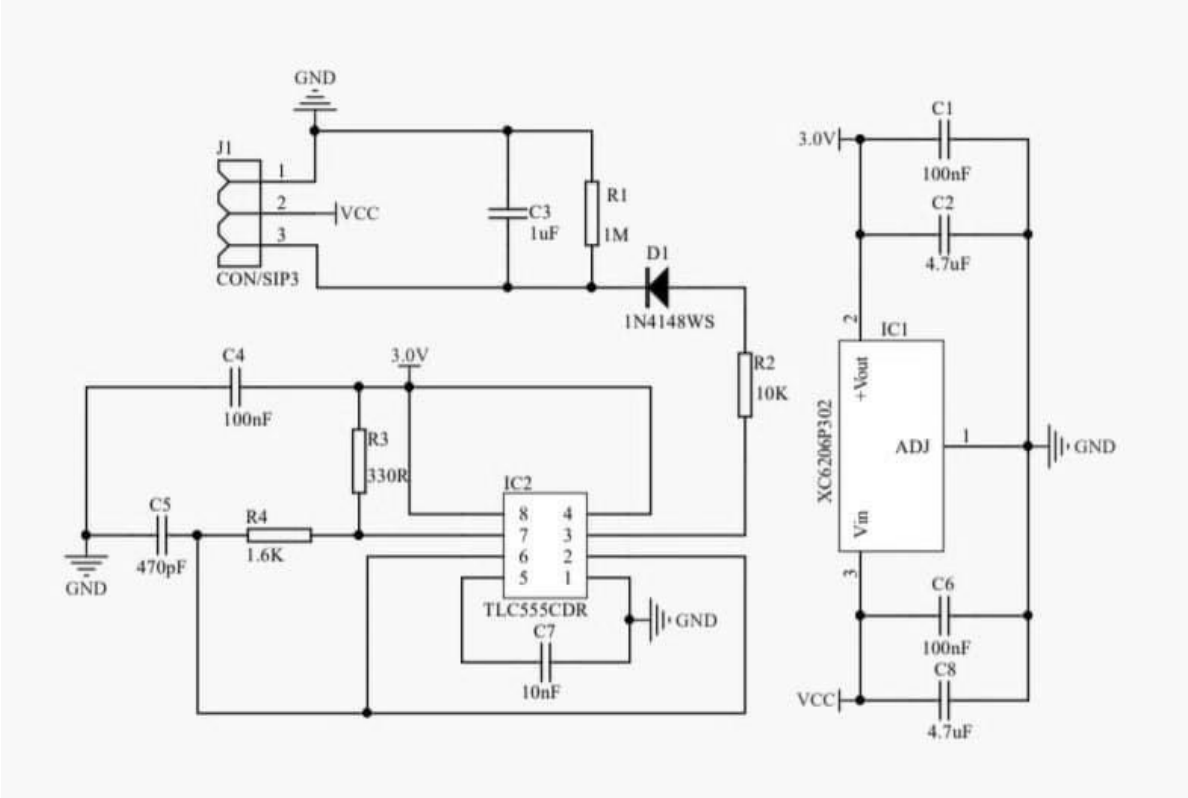


Рисунок ДБ.2 - Електрична схема ємнісного датчика вологості ґрунту

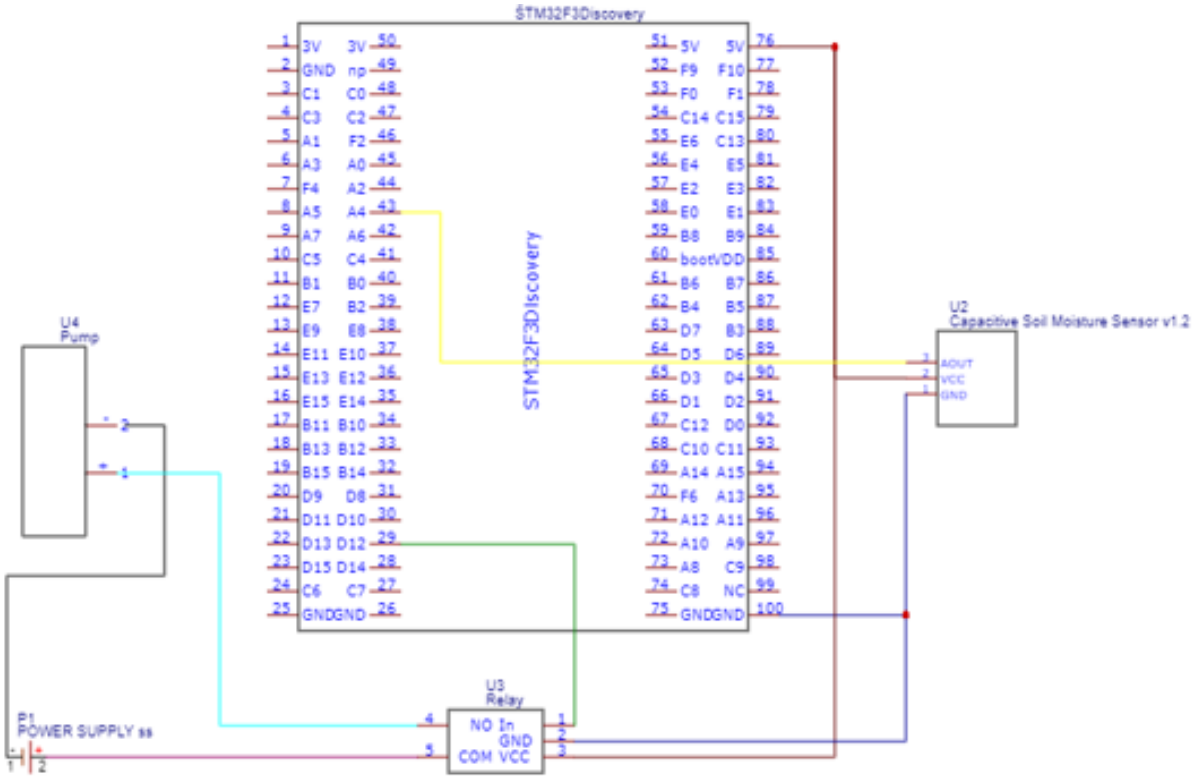


Рисунок ДБ.3 - Електрична схема системи контроля

Відомість кваліфікаційної роботи

«Дистанційно керована мобільна платформа з функцією відеомоніторингу»

	Прізвище та ініціали відповідальної особи	Підпис	Дата
Роботу виконав здобувач групи КІУКІ 21-9 Структура кваліфікаційної роботи: -пояснювальна записка 44с; -графічний матеріал 15 арк;	Тітаренко Є.І.		15.06.25
Керівник роботи	Рожнова Т.Г.		15.06.25
Перевірка на наявність академічного плагіату здійснена.	Литвинова Є.І.		17.06.25
Нормоконтроль проведено :	Рожнова Т.Г.		15.06.25