Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Автоматизована система зрошення полів
Назва теми

КвРАКІТ.2023162.01.03.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-21-1 Підпис Владислав ГУМЕНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник Підпис Денис МАКАРИШКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер Підпис Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР Підпис Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«03» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інформаційних технологій*
Кафедра *автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки*
Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
Галузь знань *15 – Автоматизація та приладобудування*
Спеціальність *151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*
Освітня програма *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АКІТтаР
Валерій МАРТИНЮК
7 лютого 2025р.

**З А В Д А Н Н Я**
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Гуменюку Владиславу Васильовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система зрошення полів

Керівник роботи к.т.н., доцент Макаришкін Д.А.
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету №23 від 07.02.2025
2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.
3 Вихідні дані до роботи Технічні характеристики датчиків, Технологічний процес зрошення полів
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Огляд та аналіз технологічного процесу зрошення полів, Підбір обладнання для автоматизованої системи зрошення полів, Проєктування автоматизованої системи зрошення полів
5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)
6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Антиплагіат | Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР | | |
| Нормоконтроль | Корешька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР | | |

7 Дата видачі завдання 7 лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва розділу кваліфікаційної роботи | Строк виконання | Примітка |
|---|---|---|
| 1. Вступ | 15.02.2025 | Виконано |
| 2. Огляд та аналіз технологічного процесу зрошення полів | 30.02.2025 | Виконано |
| 3. Підбір обладнання для автоматизованої системи зрошення полів | 30.03.2025 | Виконано |
| 4. Проєктування роботи автоматизованої системи зрошення полів | 15.04.2025 | Виконано |
| 6. Висновки | 30.04.2025 | Виконано |
| 7. Оформлення пояснювальної записки до КРБ | 15.05.2025 | Виконано |
| 8. Оформлення пояснювальної записки до КРМ | 20.05.2025 | Виконано |
| 9. Оформлення презентаційних матеріалів | 30.05.2025 | Виконано |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Студент _____ Владислав ГУМЕНЮК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Денис МАКАРИШКІН
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

# АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система зрошення полів».
Автор роботи: Гуменюк В.В.
Керівник роботи: Макаришкін Д.А.
Пояснювальна записка: 73 с., 47 рис., 15 табл., 5 дод., 44 джерела.
Графічна частина: 14 презентаційних слайдів

ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ, ВОДЯНИЙ НАСОС, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ, ДАТЧИК КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ, ІНФРАЧЕРВОНИЙ ДАТЧИК, ПЕРЕДАЧА СИГНАЛУ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ, ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН

Метою роботи є розробка автоматизованої системи зрошення полів із функціоналом автоматичного зчитування показників ґрунту, таких як вологість та кислотність ґрунту, а також подальшим автоматичним запуском водяного насосу для виконання процесу поливу сільськогосподарських культур. В роботі проведено підбір обладнання для автоматизованої системи зрошення полів. Розроблена система складається із датчиків вологості, датчиків кислотності ґрунту та датчика температури, призначеного для реєстрації можливих пожеж на полі. Також в системі передбачений захист периметру від птахів та тварин. Запровадження розробленої системи дозволить збільшити точність поливу сільськогосподарських культур, збільшити рівень пожежної безпеки та покращити якість ґрунту для вирощування рослин.

30.05
дата

Підпис

## ЗМІСТ


ВСТУП ..... 6

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ .... 8

1.1 Проблематика технологічного процесу зрошення полів ..... 8

1.2 Технологічний процес зрошення полів ..... 12

1.3 Постановка задач автоматизації технологічного процесу зрошення полів . 22

1.4 Висновки до першого розділу ..... 23

2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ ..... 24

2.1 Мікроконтролер ..... 24

2.2 GSM модуль ..... 28

2.3 Датчики в автоматизованій системи зрошення полів ..... 32

2.3.1 Датчик вологості ..... 32

2.3.2 Датчик температури ..... 38

2.3.3 Датчик кислотності ґрунту ..... 40

2.3.4 Датчик удару ..... 43

2.4 Інше обладнання в автоматизованій системі зрошення полів ..... 44

2.5 Висновки до другого розділу ..... 52

3 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ 54

3.1 Розробка проєкту автоматизованої системи зрошення полів ..... 54

3.2 Прототип автоматизованої системи зрошення полів ..... 59

3.3 Оцінка розробленої автоматизованої системи зрошення полів ..... 62

3.4 Висновки до третього розділу ..... 65

ВИСНОВКИ ..... 66

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 65
ДОДАТКИ ..... 71

# ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів за останні десятиріччя поширилась на всі сфери видів економічної діяльності, наприклад, на машинобудівне виробництво, виготовлення мікросхем, процеси зварювання та лиття металів, будівництво, фармакологію, побутову автоматизацію, розумні будинки, тощо. Також автоматизація широко застосовується в аграрному та сільськогосподарському секторі.

В світі спостерігається щорічне зростання попиту на продукти харчування, в результаті чого виникає необхідність вдосконалення технологій та процесів виробництва сільськогосподарської продукції.

За веденням економічної діяльності Україну можна класифікувати як велику аграрну країну, в якій традиції землеробства передаються поколіннями. На територію України припадає третина світових чорноземів, тому серед виробництва цукру, меду, соняшникової олії та зерна Україна посідає одну із лідерських позицій в світі [1].

У 2020 році Україна отримала рекордний показник щодо експорту агропродовольства, який становив 22,4 млрд. доларів США. Наступного, 2021 року, рекордний показник був побитий та становив 27,9 млрд. доларів США [2]. До основних сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні та експортуються в інші країни, та серед яких Україна вважається лідером, є ячмінь, соняшник, пшениця, кукурудза, цукровий буряк та інші. Аграрна політика на державному рівні в Україні є пріоритетним напрямком розвитку [3, 4].

Зрошення або іригація – це процес підведення води до ґрунту, найчастіше на поля, в яких спостерігається нестача вологи, з подальшим збільшенням запасів вологи в ґрунті з метою збільшення родючості [5]. Процес зрошення призводить не тільки до збільшення родючості, але й до загального покращення якості плідної землі та ґрунтів, та може сприяти покращенню якості самої рослинної продукції [6].

Метою роботи є розробка автоматизованої системи зрошення полів із функціоналом автоматичного зчитування показників ґрунту, таких як вологість та кислотність ґрунту, а також подальшим автоматичним запуском водяного насосу для виконання процесу поливу сільськогосподарських культур.

Для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра були поставлені наступні завдання:

– провести аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень з підходів до зрошення полів;

– виконати підбір необхідного обладнання для системи автоматизованого зрошення полів;

– розробити схеми функціонування автоматизованої системи зрошення полів;

– змоделювати роботу автоматизованої системи зрошення полів;

– створити прототип та перевірити роботу автоматизованої системи зрошення полів.

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ

## 1.1 Проблематика технологічного процесу зрошення полів

Автоматизація в сфері сільського господарства базується на досвіді, який був отриманий в інших сферах автоматизації технологічних процесів. При цьому до засобів і методів такої автоматизації ставиться ряд специфічних вимог, які характерні сферам рослинництва, тваринництва та аграрного сектору і що є ключовими відмінностями у порівнянні із виробництвом іншої готової продукції.

В таблиці 1.1 наведено статистичну інформацію по загальній площі насаджень різних видів сільськогосподарських культур, а у таблиці 1.2 – статистичні дані по Хмельницькій області [7]. Як видно з таблиць 1.1 та 1.2, питання вдосконалення процесу зрошення полів для України достатньо актуально, оскільки Україні характерна велика площа полів, на яких може використовуватись автоматизована система зрошення полів (АСЗП).

Такою основною особливістю автоматизації сільськогосподарських процесів є нерозривний зв’язок між біологічними об’єктами та техніки, що застосовується. Біологічним об’єктам автоматизації характерна циклічність процесів утворення продукції та її безперервність, а також неможливість прискорення виробництва і, як наслідок, збільшення випуску продукції [8].

Слід відзначити також іншу характерну відмінність автоматизації в аграрному секторі. Майже вся техніка, яка застосовується для такої автоматизації, використовується на відкритому просторі під впливом чинників навколишнього середовища, до яких відносяться сонячне випромінювання, погодні умови, чергування високої та низької вологості повітря, зміна температур, тощо [9].

В аграрному секторі досягнення покращення умов праці та продуктивності, а також збільшення не тільки кількості, але й якості продукції, що отримується, можлива за допомогою впровадження комплексної автоматизації та механізації

[9]. До переваг запровадження засобів автоматизації та механізації в аграрний сектор також відносяться можливість звільнення робітників від важкої фізичної праці, підвищення терміну експлуатації техніки, що використовується, а також зниження собівартості продукції та початкових витрат.

Таблиця 1.1 – Площа насаджень різних сільськогосподарських культур в Україні за роками [7]

| Вид культури | Площа за роками насаджень сільськогосподарської культури, тис. га | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Плодові та ягідні | 225,5 | 227,9 | 224,9 | 219,0 | 217,1 | 193,4 | 187,1 |
| Кормові | 206,2 | 201,6 | 191,4 | 190,7 | 175,8 | 161,9 | 156,5 |
| Зернові та зернобобові | 14560,3 | 14794,1 | 15291,9 | 15282,9 | 15948,4 | 11772,9 | 10835,9 |
| Картопля | 1323,2 | 1319,9 | 1308,8 | 1325,2 | 1283,2 | 1204,3 | 1210,2 |
| Овочеві культури | 446,3 | 440,3 | 452,4 | 464,9 | 460,8 | 374,9 | 396,7 |
| Олійні | 8925,2 | 9027,3 | 8923,3 | 9006,9 | 9052,4 | 7978,9 | 8608,0 |
| Соя | 1981,9 | 1728,7 | 1612,8 | 1364,3 | 1322,9 | 1527,2 | 1834,0 |

Досягнення зазначених позитивних сторін запровадження автоматизації можливе за умови передбачення наступних особливостей:

– безперервний процес вдосконалення автоматизованого сільськогосподарського технологічного процесу (ТП) із переходом періодичного переривчастого типу ТП до безупинного ТП;

– встановлення чіткої черговості автоматизації та її оптимального обсягу;

– визначення динамічних та статичних характеристик об’єктів автоматизації в аграрному секторі, наряду із безпосереднім моделюванням та математичним описом об’єктів керування;

– виявлення типових рішень в сфері використання апаратури автоматики, а також їх аналогів та можливостей застосування у сфері аграрного комплексу;

– вдосконалення методів та засобів розрахунку автоматики та проєктування відповідного обладнання із розширенням його функціоналу, наряду із підвищенням експлуатаційної надійності при збереженні максимальної ефективності в рамках виконання технологічного процесу [5].

Таблиця 1.2 – Площа насаджень різних сільськогосподарських культур в Хмельницькій області за роками [7]

| Вид культури | Площа за роками насаджень сільськогосподарської культури, тис. га | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Плодові та ягідні | 14,9 | 14,9 | 14,6 | 13,9 | 13,8 | 13,4 | 13,3 |
| Кормові | 18,3 | 18,9 | 18,4 | 18,5 | 15,6 | 15,5 | 15,4 |
| Зернові та зернобобові | 549,8 | 574,8 | 576,3 | 620,5 | 626,1 | 554,2 | 515,0 |
| Картопля | 66,2 | 66,7 | 66,1 | 66,2 | 61,1 | 61,4 | 61,3 |
| Овочеві культури | 11,1 | 11,3 | 10,8 | 11,1 | 10,5 | 10,9 | 11,0 |
| Олійні | 393,0 | 397,9 | 397,3 | 384,4 | 387,6 | 464,7 | 487,7 |
| Соя | 191,1 | 57,4 | 179,3 | 132,8 | 139,1 | 177,4 | 210,6 |

В автоматизованій системі в аграрному секторі наявні декілька режимів, які відрізняють цей ТП від типового виготовлення продукції. До цих особливих режимів відносяться біологічний, обслуговування та настановчий (рисунок 1.1).

Зрошення або іригація – це процес підведення води до ґрунту, найчастіше на поля, в яких спостерігається нестача вологи, з подальшим збільшенням запасів вологи в ґрунті з метою збільшення родючості [5]. Процес зрошення призводить

не тільки до збільшення родючості, але й до загального покращення якості плідної землі та ґрунтів, та може сприяти покращенню якості самої рослинної продукції [6].

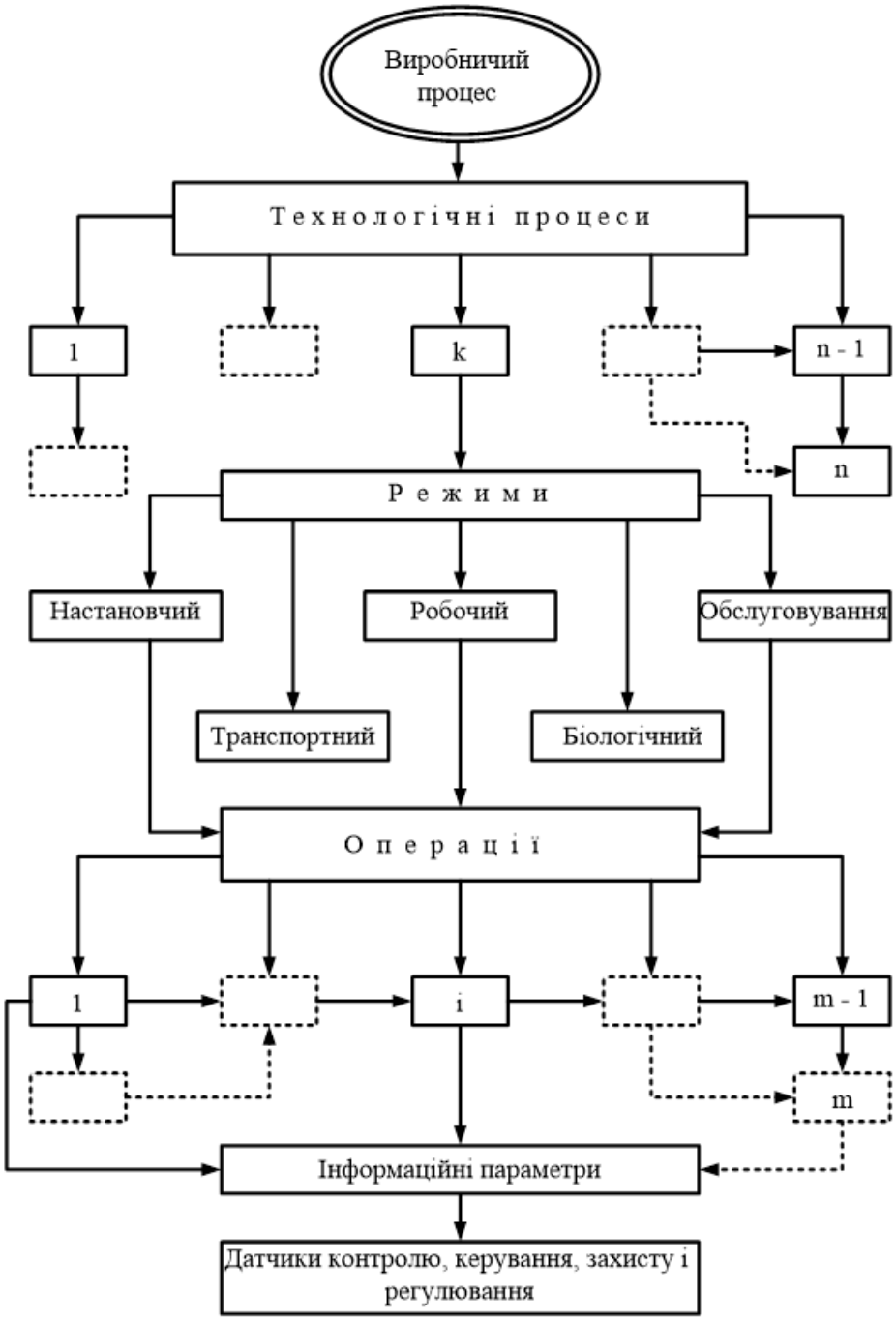



Рисунок 1.1 – Умовна схема автоматизації в сільськогосподарському секторі

В результаті впливу глобального потепління у деяких сільськогосподарських культур зросла потреба в зрошенні, оскільки зменшилась

кількість опадів. Тобто, культури, які вирощувались раніше лише на живленні від дощової води, в 21 столітті почали потребувати додаткового підведення вологи [11].

Можна зробити висновок, що зрошення – це необхідний процес при вирощуванні сільськогосподарських культур, оскільки він попереджає недостатню зволоженість ґрунту, в результаті чого рослини не страждають від нестачі поживних речовин. Перезволожені рослини більше страждають від хвороб, тому надмірне зрошення є теж великим недоліком в аграрному секторі. Таким чином актуальною є задача розробки автоматизованої системи зрошення полів із автоматичним вимкненням системи у випадку надмірної подачі води.

## 1.2 Технологічний процес зрошення полів

Існує декілька видів зрошення полів:

– традиційне, яке полягає у поливанні водою по борознах, вода при цьому подається або зі зрошувального каналу, або насосом (рисунок 1.2, а);

– дощування або крапельне зрошення – подача води по спеціально прокладеним трубопроводам із її подальшим розбризкуванням (рисунок 1.2, б);

– аерозольне – зрошування краплями невеликого розміру, яке призначене для регулювання вологості та температури приземного шару атмосфери (рисунок 1.2, в);

– підґрунтове – подача води напряму до коріння рослин, тобто в зону ґрунту (рисунок 1.2, в);

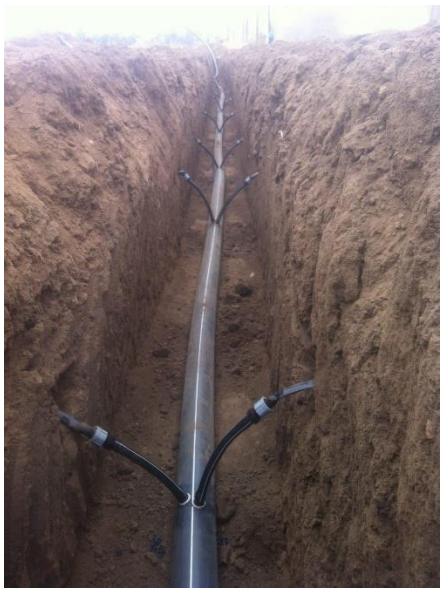
– лиманове – одноразовий тип зрошення, якому характерне глибоке зволоження родючого ґрунту (рисунок 1.2, г) [12].

В загальному складові системи зрошення на виході відрізняються лише типом розподілу води та кількістю води, що розподіляється. Наприклад, у випадку аерозольного зрошування використовуються розприскувачі, у підґрунтовому зрошенні вода поступає в ґрунт через відповідні клапани.

а)

б)

в)



г)

д)

Рисунок 1.2 – Види зрошення полів:

а – традиційне; б дощування; в – аерозольне; г – підґрунтове; д – лиманне

У випадку краплинного зрошення система складається із ряду компонентів, до яких відносяться (рисунок 1.3) [13]:

– джерело водопостачання, насос або ємність із запасом води;

– обов’язковим є встановлення перед краном фільтру грубого очищення води, завдяки чому зменшується ризик засмічення трубопроводів, що подають воду на полив;

– герметичний бак з водою;

– магістральний та розвідний трубопроводи подачі води;

– регулятор тиску;

– запірна і з’єднувальна арматура, завдяки якій відбувається процес регулювання кількості води, що подається, а також виконується запуск або вимкнення системи зрошення;

– краплинні стрічки, які внаслідок і виконують функцію крапельного поливу.

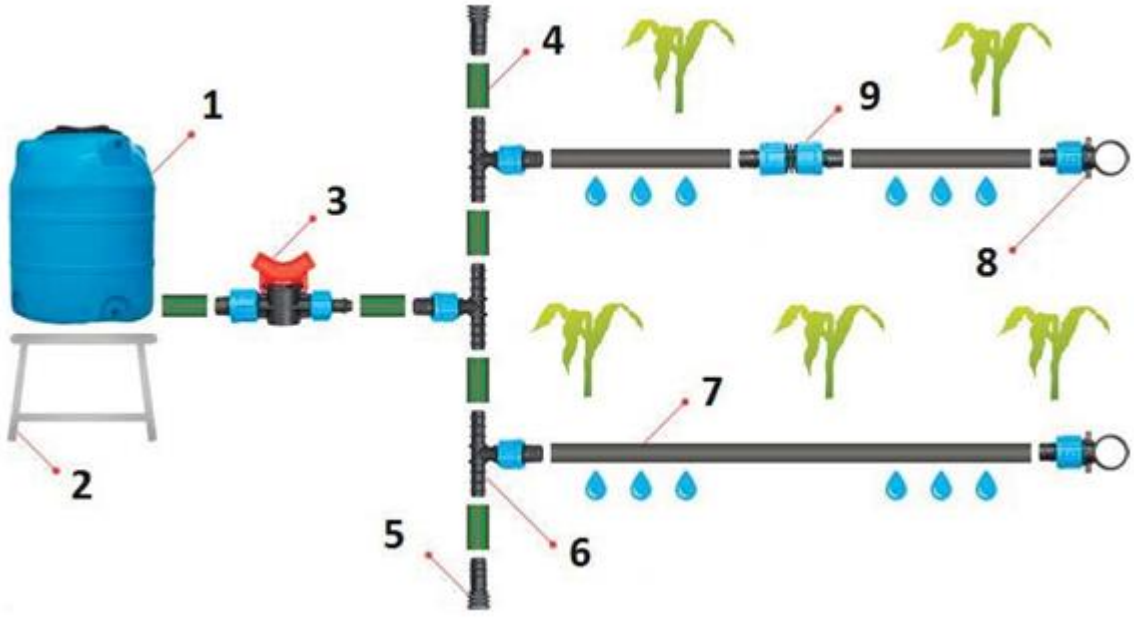



Рисунок 1.3 – Елементи системи краплинного зрошення:
1 – вода у ємності; 2 – підставка для створення тиску; 3 – кран; 4 – шланг подачі води; 5 – заглушки; 6 – перехідник; 7 – крапельна стрічка; 8 – заглушка; 9 – з’єднання на випадок ремонту

Традиційне зрошування, або полив по борознах представляють собою систему русел, які розташовані паралельно і прокладені на поверхні поля із дотриманням розрахункового нахилу [14]. При такому типі зрошення вода проходить по поверхні ґрунту, тому частина ґрунту з прокопів вимивається. Для уникнення цього ефекту та закріплення прокопів часто використовується одерновка [15].

Основним конструктивним елементом, який принципово відрізняє між собою системи зрошування, є зволожувачі. За способом облаштування зволожувачів одним із видів є підґрунтове зрошення [16], принципова схема якого наведена на рисунку 1.4.

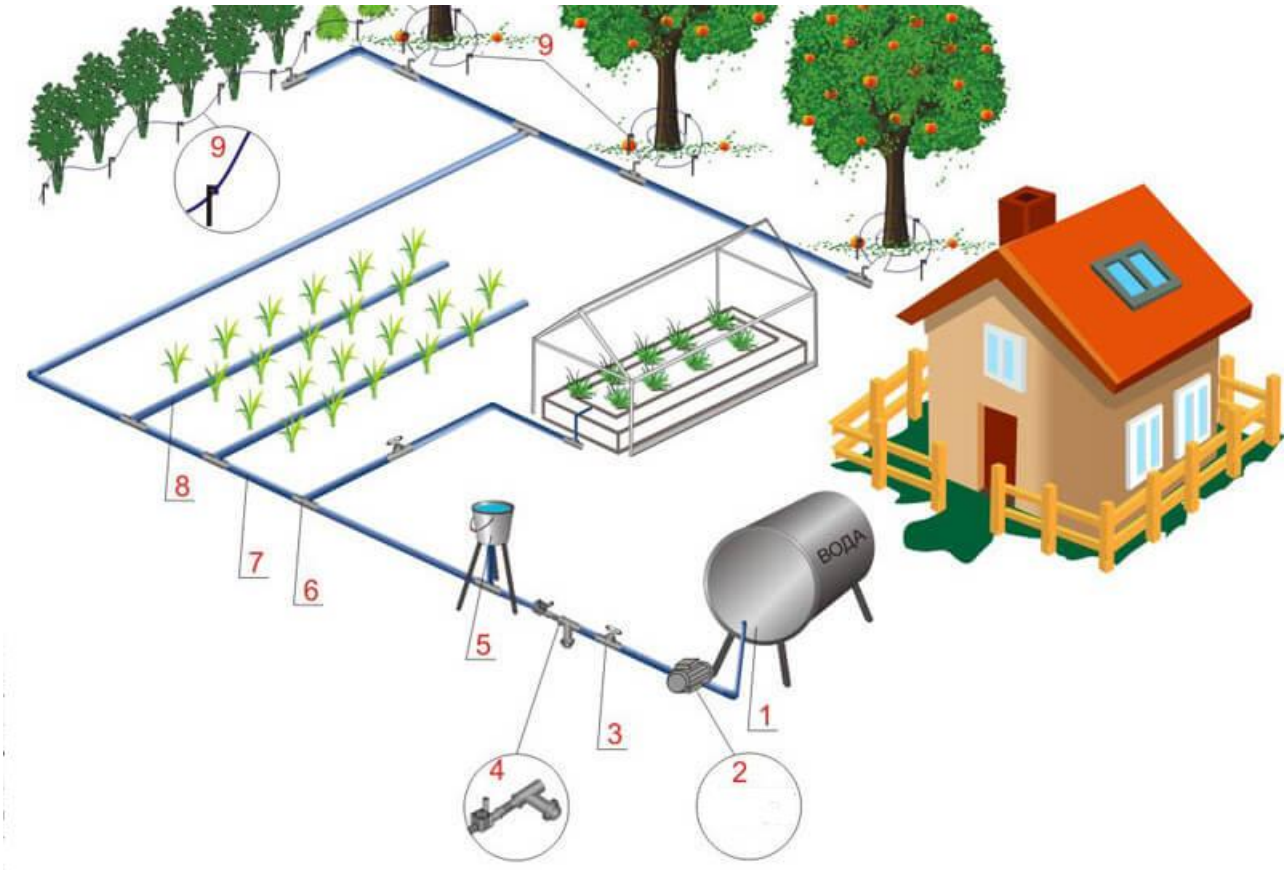



Рисунок 1.4 – Принципова схема підґрунтового зрошення:
1 – ємність накопичення води; 2 – насос; 3 – запірна арматура; 4 – фільтр; 5 – вузол подачі добрив; 6 – трійник; 7 – основна магістраль; 8 – стрічка подачі води; 9 – подача води в сад

Підґрунтове зрошення може виконуватись як по кротовинах, так і по трубах. Як видно з рисунку 1.4, таке зрошення може використовуватись і для типових насаджень в полях, і для тепличного поливу, і для поливу садів. В такому виді зрошування можуть використовуватись труби з різного матеріалу, діаметр таких труб залежить від необхідних витрат води, а прокладання труб може бути траншейним або безтраншейним.

В загальному системи зрошення складаються із:

– насосного обладнання;
– шлангів для іригації;
– фітингів;
– зволожувачів;
– ємності із водою;
– запірної арматури.

На вибір насосного обладнання в першу чергу впливає джерело води. Основною вимогою до джерела води є її чистота, тому можна використовувати воду як із свердловин та колодязів, так і з річок, в залежності від наявності того чи іншого джерела водопостачання поблизу поля. Якщо ж чистота води викликає сумніви, в системі зрошення передбачаються фільтри для її очистки [17]. Необхідність установки фільтрів пояснюється тим, що при переході води до зволожувачів, особливо у випадку аерозольного зрошення, сміття може швидко забити отвори зволожувачів, через які подається вода, і система стане непридатною до використання.

Для систем зрошення полів використовують наступні види насосів (рисунок 1.5):

– свердловинні;
– відцентрові;
– поверхневі;
– для ємностей.

Відцентрові та свердловинні насоси дуже чутливі до якості та чистоти води, тому і використовуються лише для свердловин для колодязів. При цьому їм характерна висока продуктивність та ККД, а перегріваються такі насоси рідше, ніж поверхневі.

а) б) в)

Рисунок 1.5 – Види насосів для систем зрошення полів:
а – відцентровий; б – той, що занурюється; в – свердловинний

Поверхневим насосам, в свою чергу, характерний нижчий ККД, але у випадку встановлення такого обладнання вимоги до якості та чистоти води нижчі. Такі насоси не стійкі до впливу факторів навколишнього середовища, вони потребують укриття, тому для застосування в полях використовуються рідко.

Ємнісні насоси дозволяють виконувати полив з різних резервуарів, при чому при застосуванні таких насосів можливим стає використання дощової води. Але характеристики насосів такі, що їх використовують лише для поливу невеликих ділянок, наприклад, садів та городів у приватній власності, тому вони не підходять для зрошення полів.

Для подачі води використовуються шланги із наступних матеріалів:

– нейлон;
– пластик;
– полівінілхлорид;

– гума, тощо.

Особливо цінуються моделі із армуванням (рисунок 1.6). Одним із шарів є сітка армування, яка виготовлена з волокна або металу. Використання армованих труб для підводу води дозволяє підтримувати в системі високий тиск до 20 бар, що в результаті збільшує термін експлуатації трубопроводів.

Найбільш поширеним видом фітингів (рисунок 1.7) для зрошення полів є муфти та трійники. Трійники відповідають за створення розгалуження трубопроводу, а муфти використовуються для скріплення різних трубопроводів зрошення.

Рисунок 1.6 – Трубопровід для поливу із армуванням

Рисунок 1.7 – Фітинги для поливу

Останнім елементом системи зрошення, який власне виповідає за розподіл води по площі, що обробляється, є зволожувач, який ще називають розпилювачем

або розприскувачем. Розпилювач – це спеціальний прилад, який використовується з метою виконання розприскування (розпилювання) рідини на площі ґрунту [18].

За принципом дії вирізняють інжекторні та щілинні розприскувачі. За матеріалом виготовлення розприскувачі бувають з латуні, нержавіючої сталі, полімерні, металеві, керамічні. За типом насадок – у формі факела, повного конуса, порожнистого конуса.

Розглянемо основні види розприскувачів. Конічні (рисунок 1.8, а) здатні забезпечувати рівномірний розподіл води у формі конуса. Такі розприскувачі використовуються для подачі води великим рослинам, або у випадку необхідності використання хімічних препаратів на великих площах.

Плоскоструменевий розприскувач (рисунок 1.8, б) здатен створювати плаский вентиляторoподібний потік води, при цьому можна виконати регулювання ширини цього потоку [18]. Найчастіше такі розприскувачі використовуються в землеробстві та садівництві.

Щілинні або соплові (рисунок 1.8, в) розприскувачі в своїй конструкції мають сопло, через яке рідина спрямовується через отвір малого перерізу, завдяки чому можна досягнути високоточного потоку води. Найчастіше використовуються для нанесення хімічних препаратів точковим методом або обприскування обраної конкретної області.

Спіральний (рисунок 1.8, г) має особливу форму, завдяки який у системі зрошення створюється круговий рух води. Найбільш поширений вид розприскувача при обробці ділянок великої площі та у випадку необхідності створити вихровий потік рідини.

Інжекторний (рисунок 1.8, д) відповідають за змішування розчину, води та повітря всередині резервуару. Завдяки такій конструкції забезпечуються краплі більшого розміру, а також більш рівномірний розподіл води, лікувальних розчинів та добрив по поверхні ґрунту.

а) б) в)

г) д)

Рисунок 1.8 – Види розприскувачів

(а – конічний; б – плоскоструменевий; в – сопловий; г – спіральний;

д – інжекторний)

На рисунку 1.9 наведено типову схему стаціонарної системи зрошення дощуванням. В такій системі обов’язково для подачі води наявний насос та трубопроводи подачі води (магістральний та розподільчий). На розподільчих трубопроводах встановлюється розприскувачі, кожен з яких підключається трьохпозиційним гідроклапаном до розподільчого трубопроводу. Під час подачі води в напірний трубопровід відкриваються гідроклапани дощувальних апаратів першого ряду [5]. В програмі задається час роботи системи, після досягнення якого пристрій, позначений на рисунку 1.9 KS1, відправляє імпульс зниження тиску в трубопроводів. Зниження тиску виконується шляхом закриття клапана

напірного та подальшого відкриття клапана перепускного. При формуванні таких наступних імпульсів виконується подальше закриття гідроклапанів ряду розприскувачів із подальшим відкриванням наступного.

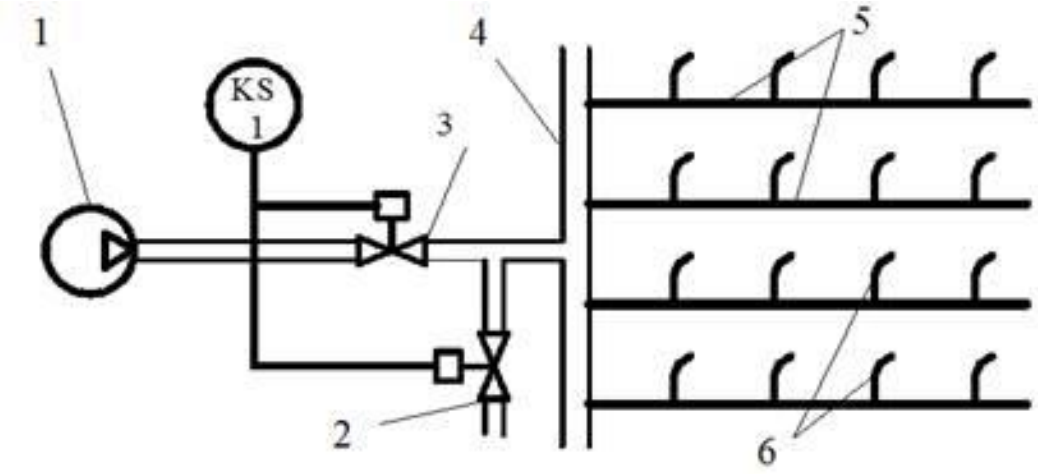



Рисунок 1.9 – Принципова схема автоматизованої системи зрошення дощуванням

(1 – насос; 2 – клапан перепускний; 3 – клапан напірний; 4 – магістральний трубопровід; 5 – розподільчий трубопровід; 6 – розприскувачі)

Такій системі характерна відсутність облаштування спеціальних каналів зв’язку по площі ґрунту, який зрошується. Недоліком такої системи є строга послідовність виконання поливу від однієї розподільчої лінії розприскувачів до наступної.

На рисунку 1.10 показано систему автоматичного керування краплинним зрошенням. Час зрошення ділянок та черговість визначається програмою, яка вводить в блок завдання. З цього блоку генерується сигнал дозволу початку поливу обраної ділянки, при цьому на логічний блок порівняння та блок елементів подаються сигнали. На цих блоках виконується порівняння фактичних показників вологості, отриманих із датчиків вологи, із дійсними значеннями в ґрунті. У випадку знаходження показника вологи нижче, ніж зазначене у програмі порогове значення, логічний блок створює та відправляє команду про початок поливу на виконавчий механізм.

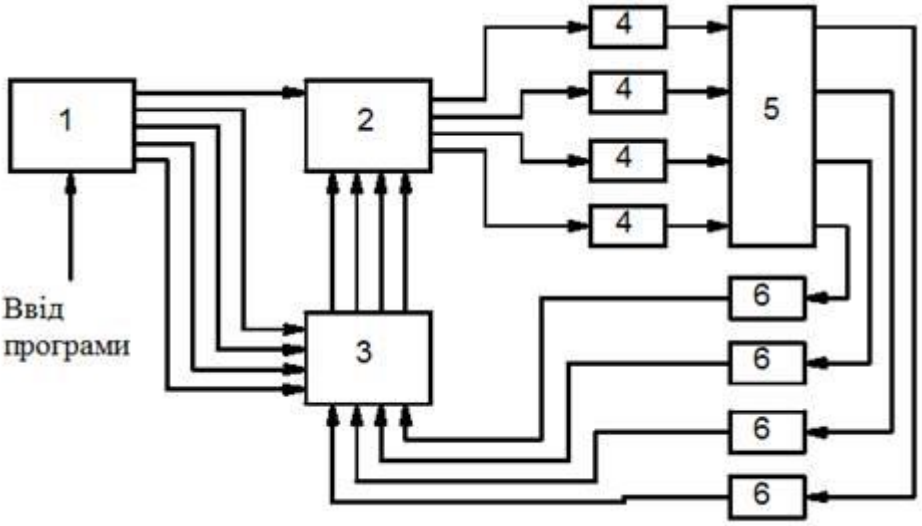



Рисунок 1.10 – Система автоматичного керування краплинним зрошенням (1 – блок завдань; 2 – елементи; 3 – блок порівнянь; 4 – виконавчий механізм; 5 – ґрунт; 6 – датчики вологи)

## 1.3 Постановка задач автоматизації технологічного процесу зрошення полів

В роботі розглядається розробка автоматизованої системи зрошення полів (АСЗП), робота якої базується на керуванні насосами з метою наповнення їх резервуарами. Така система може використовуватись при зрошенні полів на фермерських господарствах незалежно від їх розміру.

Система повинна складатись з двигуна керування насосом для подачі води з метою зрошення полів, а також рідкокристалічного дисплею для виведення інформації та GSM-модему. Всі зазначені елементи повинні керуватись мікроконтролером, завдяки якому у користувачів буде можливість дистанційного вимкнення та/або ввімкнення двигуна насосу.

В АСЗП необхідно передбачити процес зчитування інформації про стан ґрунту та його насиченості вологою з метою уникнення пересушення ґрунту та підтримки зернових культур у належному стані. АСЗП буде зчитувати рівень води в насосах, і, у випадку відсутності води, виконувати автоматичне вимкнення роботи насосу.

Відправка команд користувача на елементи керування АСЗП передбачається за допомогою GSM-модему через SMS-повідомлення.

В системі необхідно передбачити датчики для виявлення потоку води в трубах, які йдуть від насосу до поля, тобто власне відслідковувати рух води в системі зрошення. При виявленні відсутності води, її подача повинна автоматично припинятись, а користувач повинен отримувати повідомлення про так званий сухий хід.

З метою зменшення ризику виникнення пожежі та відслідковування можливого займання осушених зернових культур на полях у сезони пожеж, в АСЗП необхідно передбачити відповідні датчики пожежі, які будуть реєструвати можливе займання. Інформація, отримана з цих датчиків, буде надсилати повідомлення користувачу на мобільний телефон, що буде призводити до автоматичного ввімкнення насосу з метою гасіння пожежі.

Також в АСЗП необхідно передбачити можливість відслідковування наявності тварин та птахів в площині поля з метою забезпечення їх безпеки та уникнення пошкодження обладнання птахами та тваринами.

## 1.4 Висновки до першого розділу

В першому розділі наведено статистичні дані щодо площі полів в Україні, що підкреслює актуальність роботи, яка призначена в автоматизації процесу зрошення полів. В роботі наведена проблематика та технологічний процес зрошення полів, наведені види зрошення та основні складові системи зрошення. Також в розділі поставлено задачі до автоматизованої системи зрошення полів, виокремлено основний функціонал, який повинен бути присутній у системі.

# 2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ

## 2.1 Мікроконтролер

Існує ряд сімейств мікроконтролерів, до яких відносяться:

– ARM;

– AVR;

– MCS 51;

– PIC;

– MSP 430;

– RISC-V, та інші [19].

Мікроконтролери сімейства PIC мають інші ідеологію, яка відрізняється від сімейств MCS. Основні відмінності полягають у використанні іншої архітектури, а саме RISC (reduced instruction set computer), а не CISC (complex instruction set computing) [20]. Таким мікроконтролерам характерне скорочений набір команд майже в 3 рази, а також покращенні параметри навантаження портів вводу/виводу. Крім того, такі мікроконтролери мають низьку вартість та їм характерна якісна швидкодія.

За розрядністю шини мікроконтролери сімейства PIC бувають 8- та 16-розрядні. В той же час, за розрядністю команд такі мікроконтролери бувають 12-, 14- та 16-розрядними [21]. PIC мікроконтролери можуть мати 100, 80, 64, 44, 32, 28, 20, 18, 14, 8 та 6 виводів.

Також таким мікроконтролерам характерна спадкоємність виводів знизу-вгору. Це означає, що мікроконтролери із 8 виводами можна використовувати в панелі із 20 та 14 виводами [22, 23]. Живлення при цьому буде подавитись правильним чином, а також буде зберігатись назви ліній портів (рисунок 2.1).

В якості мікроконтролера для АСЗП було обрано мікроконтролер сімейства PIC, а саме PIC18F452-I/P (рисунок 2.2). вартість мікроконтролера в Україні

становить 329 гривень [24]. Технічні характеристики наведені у таблиці 2.1 [25]. Структурна схема мікроконтролера наведена на рисунку 2.3.

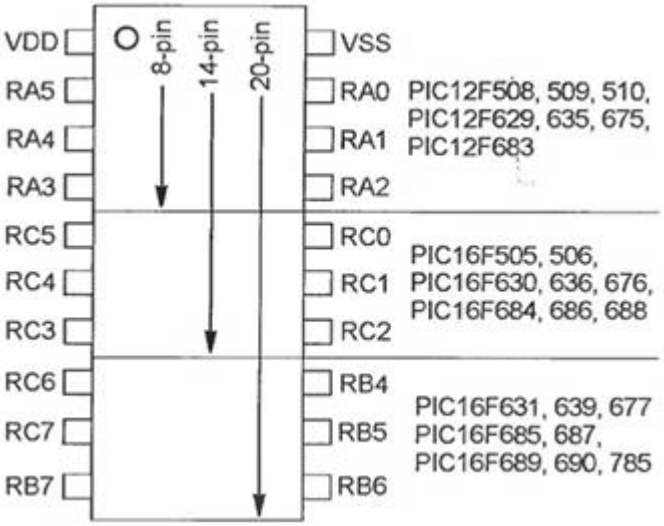



Рисунок 2.1 – Сумісність поколінь мікроконтролерів

Рисунок 2.2 – Мікроконтролер PIC18F452-I/P

Цьому мікроконтролеру характерні наступні властивості:

– ефективність коду – основою 8-бітного мікроконтролера PIC є Гарвардська архітектура, тобто в нього наявні окремі внутрішні шини для даних

та пам’яті. Завдяки цьому збільшується пропускна здатність, оскільки в мікроконтролера є одночасний доступ до пам’яті програм та до даних.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики мікроконтролера PIC18F452-I/P [25]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Робоча частота | 40 МГц |
| Пам’ять програм | 32К байт |
| Пам’ять даних | 1536 байт |
| Джерела переривань | 18 |
| Таймери | 4 |
| Входи/виходи | Порти A, D, C, D, E |
| Послідовна передача даних | MSSP, USART |
| Програмоване виявлення низької напруги | Так |
| Пакети | 44-контактні TQFP<br>44-контактні PLCC<br>40-контактні DIP |
| Набір команд | 75 |
| Паралельний зв’язок | PSP |
| 10-бітний аналогово-цифровий модуль | 8 вхідних каналів |

– безпека – всі інструкції містяться в пам’яті програм, тобто немає ймовірності, що програма перескочить на ділянку даних програми та спробує виконати дані як інструкції;

– швидкість – мікроконтролер дуже швидкий в роботі, швидкість становить 20 МГц, але теоретично можлива робота і на швидкості 30 МГц;

– висока прохідна потужність приводу, що забезпечує можливість безпосереднього керування світлодіодами;

– додаткові функції.

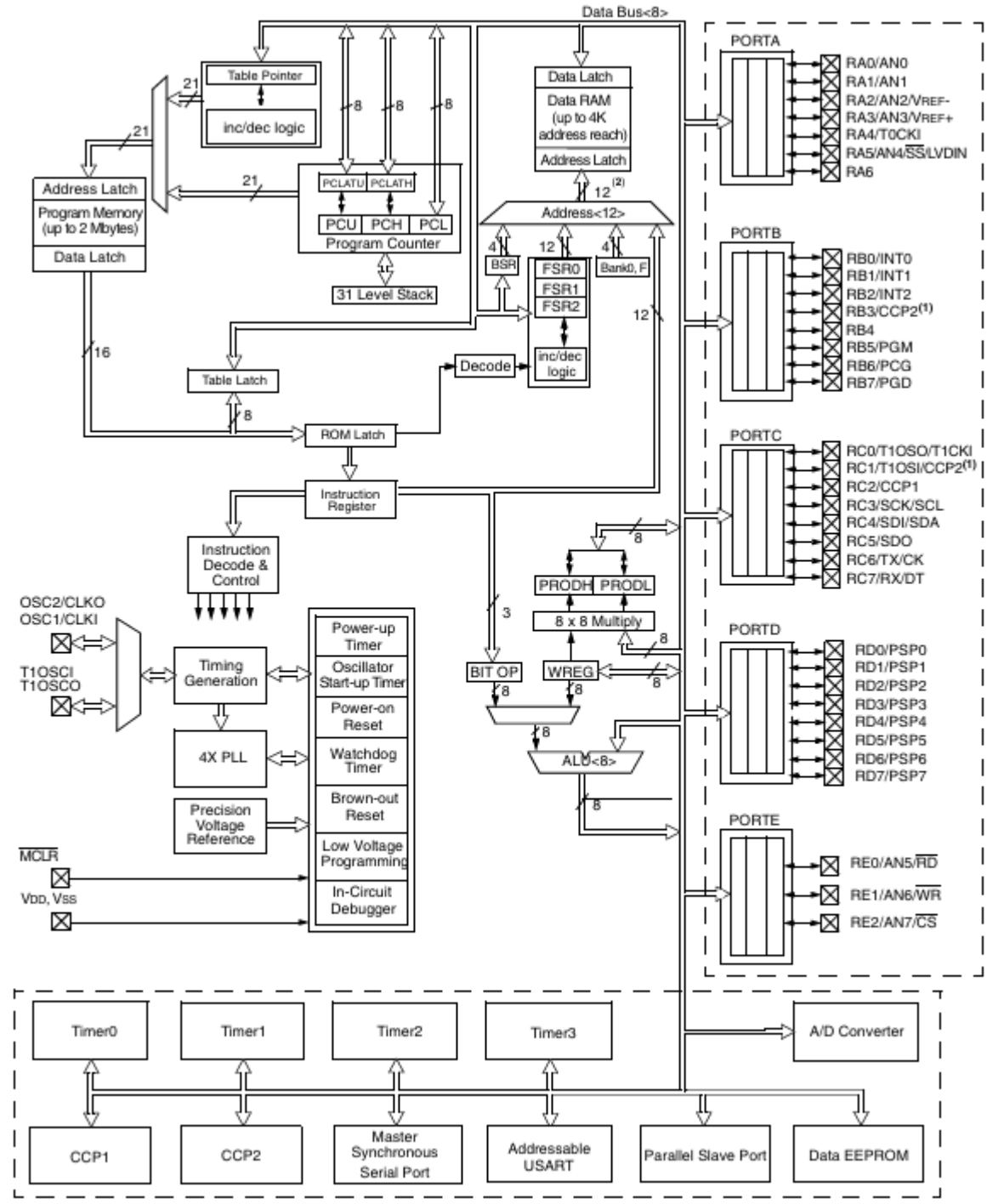



Рисунок 2.3 – Структурна схема мікроконтролера PIC18F452-I/P

Мікроконтролер PIC18F452 має 40 виводів, яким характерна своя унікальна функція (рисунок 2.4).

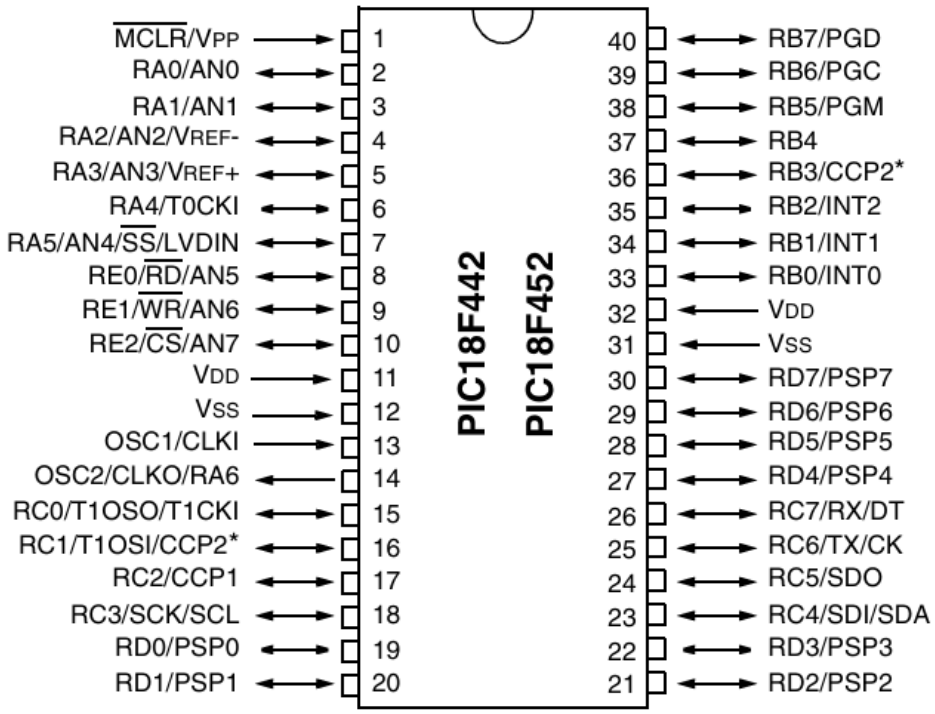



Рисунок 2.4 – Виводи мікроконтролера

## 2.2 GSM модуль

Для передачі інформації в рамках функціонування АСЗП необхідно передбачити GSM модуль. Для АСЗП було обрано модуль SIM900, який показаний на рисунку 2.5, а технічні характеристики наведені у таблиці 2.2. Вартість такого GSM модуля становить 476 гривень [26].

Такі модулі використовують за необхідності обміну даних між різними об’єктами на відстані і представляє собою плату розширення. Він розроблений спеціально для використання модулю із мікроконтролерами. В його функціональні можливості входить робота із технологіями та мережами, такими як голосовий зв’язок, GSM, SMS, GPRS.

Для обміну інформації між модулем та мікроконтролером використовуються спеціальні АТ команди. Крім того цей модуль здатен додатково підтримувати команди SIMCOM.

Рисунок 2.5 - GSM модуль SIM900

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики GSM модуля SIM900 [27]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Живлення модуля, В | 5 |
| Вага, г | 46 |
| Основа плати | Sim-модуль SIM900 |
| Габаритні розміри, мм | 86x58x19 |
| Діапазон робочих температур, °С | -40 … +85 |
| Енергоспоживання, мА | Від 1,5 |
| Робочі частоти, Гц | 850, 900, 1800, 1900 |
| GPRS слот | Мобільні станції класу B<br>Класи GPRS 8 та 10 |
| Кількість виводів, штук | 12 GPIO<br>2 ШІМ<br>1 АЦП |
| Протоколи, що підтримуються | UDP<br>TCP |

Ця версія представляє собою повнорозмірну версію, в яку включений весь пакет можливостей, також наявна підтримка програмного вимкнення та увімкнення модуля із можливістю скидання налаштувань. До модуля можна підключити навушники з мікрофоном, також в ньому наявна обв'язка як тримач сім карти.

На основі цього модуля виконується збірка макету, після чого на модуль подається необхідна напруга. Обмін даних між мікроконтролером та модулем виконується через джампери. В модуля наявні два джампери, які слугують в якості перемикачів режиму роботи. Крім того, на модулі розташовуються дві кнопки, які служать для виконання процесу перемикання живлення.

Функціонування модуля через мобільний зв'язок передбачається використання ним унікального номеру. Для зв'язку і розробки вбудованих додатків можна використовувати порт модуля RS232. Також існує можливість безпосереднього зв'язку до порту ПК.

В режимі GPRS користувач може підключитись до будь-якого віддаленого FTP серверу, після чого у користувача є можливість завантаження файлів для реєстрації даних.

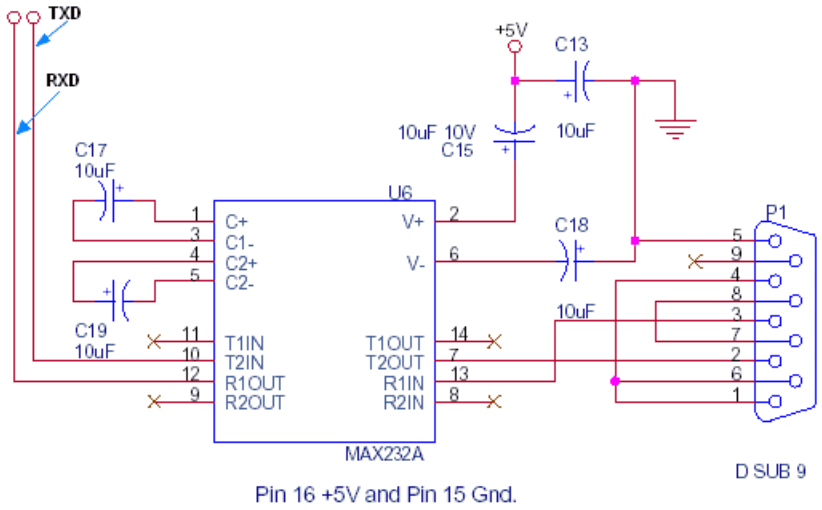



Рисунок 2.6 – Інтерфейсні з'єднання

До основних властивостей модуля відносяться:

– низька вартість;

– відображення стану світлодіодом;

– висока надійність роботи;

– підтримка SIM-карт операторів GSM.

Основні АТ-команди наведені у таблиці 2.3 [28].

Таблиця 2.3 – Основні АТ-команди GSM-модуля SIM900 [28]

| Команда | Опис |
|---|---|
| A/ | Повторна відправка останньої команди |
| ATA | Відповідь на всі вхідні дзвінки |
| ATDL | Повторний набір останнього набраного номеру телефону |
| ATH | Від’єднати наявні з’єднання |
| ATL | Встановити гучність гучномовця |
| ATO | Перемикання між режимом команд та режимом даних |
| ATZ | Скидання налаштувань до встановлених за замовченням |

Для роботи модуля в АСЗП необхідно вставити SIM-карту у відповідний тримач. Карта повинна стояти рівно, без перекосів вправо чи вліво. Далі необхідно закріпити радіочастотну антену та затягнути її шляхом обертання відповідної гайки. На наступному етапі необхідно виконати з’єднання відповідно до рисунку 2.6.

Після з’єднання треба підключити модуль до джерела живлення із силою струму, яка становить більше 1 А. Після подачі живлення червоний світлодіод повинен загорітися без затримка. Ще через декілька секунд, впродовж яких модуль буде виконувати пошук мережі зв’язку, загориться синій світлодіод, що буде означати, що модуль підключився до мережі. Після реєстрації модулю в мереж, синій світлодіод почне повільно блимати.

Наявний на модулі індикатор мережі вказує на різні стани модуля, наприклад, реєстрація в мережі, увімкнення живлення, тощо. Реєстрація модуля в мережі займає приблизно від 10 до 60 секунд часу. Після виконання реєстрації

індикатор почне блимати з інтервалом 3 секунди. Це буде означати, що можна почати використовувати модуль для потреб, для яких він передбачається в межах тієї чи іншої системи.

Таким чином, передача даних в АСЗП може виконуватись із швидкістю, яку підтримує модуль, тобто від 9600 до 115200. Для синхронізації швидкості передачі даних користувачу необхідно для початку відправити відповідну команду. Після проведення синхронізації на пристрій буде отримано повідомлення «ОК».

## 2.3 Датчики в автоматизованій системи зрошення полів

### 2.3.1 Датчик вологості

З метою відслідковування стану ґрунту та його параметрів в АСЗП необхідно передбачити ряд датчиків. Оскільки без достатнього рівня вологості в ґрунті рослини не зможуть не тільки рости, але й продовжувати свій життєвий цикл, а при критичних значеннях можуть взагалі загинути, то одним із основних датчиків буде датчик вологи.

Волога та вода може знаходитись не тільки в ґрунті, але й в повітрі та рослинах. Волога відповідає за якість життя рослин, при цьому вона повинна бути чистою із дотриманням параметрів [29].

За Державним стандартом України ДСТУ 2730:2015, який визначає якість води для зрошення, визначаються наступні критерії проведення оцінки якості води:

– підвищення та збереження рослинності ґрунтів;

– попередження процесів злитизації, засолення, осолонцювання;

– забезпечення врожайності сільськогосподарських культур, яка встановлена за планом та в яку входять інтенсивність розвитку культур та їх продуктивність;

– забезпечення доброякісності, повноцінності та якості необхідної сільськогосподарської продукції [30].

При визначенні якості води враховуються такі її параметри:

– вміст лужності нормальних карбонатів;

– вміст токсичної лужності;

– величину pH;

– суму токсичних солей в еквівалентах хлорид-іонів;

– температура води;

– відношення суми лужних катіонів калію і натрію до суми всіх катіонів;

– вміст аніона хлору;

– термодинамічні потенціали;

– перевищення концентрацій катіона магнію над концентрацією катіона кальцію [30].

Для визначення якості води в системах зрошення використовують аналізатори води.

Крім того, занадто високі значення вологості викликають деформацію матеріалів, їх псування та покриття цвіллю, в результаті чого надлишок водяної пари в середовищі призводить до виникнення хвороб у рослин.

На ринку датчиків вологості наявний широкий вибір датчиків та трансмітерів як вологості, так і температури. Приклади таких датчиків наведені на рисунку 2.7. Основним недоліком цих датчиків є висока вартість, яка коливається від 5 420 гривень до 14 238 гривень. Тому, в АСЗП було обрано простий але надійний датчик вологості ґрунту, а саме YL-69 (рисунок 2.8).

Цей датчик вологості дуже простий за конструкцією та дозволяє проводити вимірювання не тільки вологості ґрунту, але й різних сируючих матеріалів [31]. Збільшення терміну експлуатації датчику передбачено наявністю в нього антикорозійного покриття.

Сфера застосування датчику достатньо широка, оскільки він підходить як для вимірювання вологості в маленьких теплицях, так і на полях великої площі. Конструкція датчика передбачає плату та три зонди, які з’єднуються дротами.

а)

б)

в)

г)

Рисунок 2.7 – Датчики та трансмітери вологості та температури:
а – EZODO TRH 322; б - RIXEN MTR-731; в - HD2903T; г - DELTA OHM HD2101.1

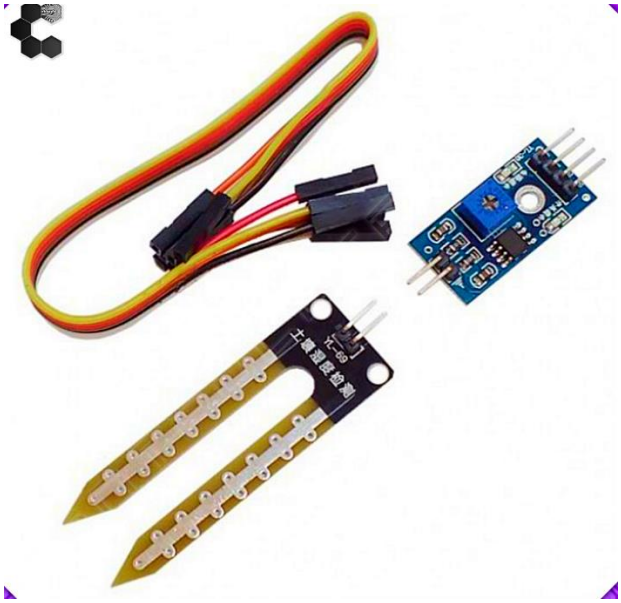


Рисунок 2.8 – Датчик вологості YL-69

Датчик має два типи сигналів – аналоговий та дискретний. Аналоговий видає значення, яке пропорційне рівню вологості. Дискретний сигнал працює на логіці «1» та «0», де значення 1 видається при досягненні встановленого на мікроконтролері порогового рівня вологості.

Вартість цього датчика становить 57 гривень [30]. На рисунку 2.9 наведено підключення до мікроконтролера, а на рисунку 2.10 – електрична схема підключення датчика вологості [32]. Код для програмування роботи датчика вологості наведений у додатку Б. Технічні характеристики датчика наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики датчика вологості YL-69 [32]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Струм, мА | 35 |
| Цифровий вихід | 1 або 0 |
| Живлення, в | 3,3 або 5 |
| Розміри панелі, см | 3 х 1,6 |
| Розміри щупа, см | 6 х 3 |
| Вихідна напруга сигналу, В | 0 – 4,2 |

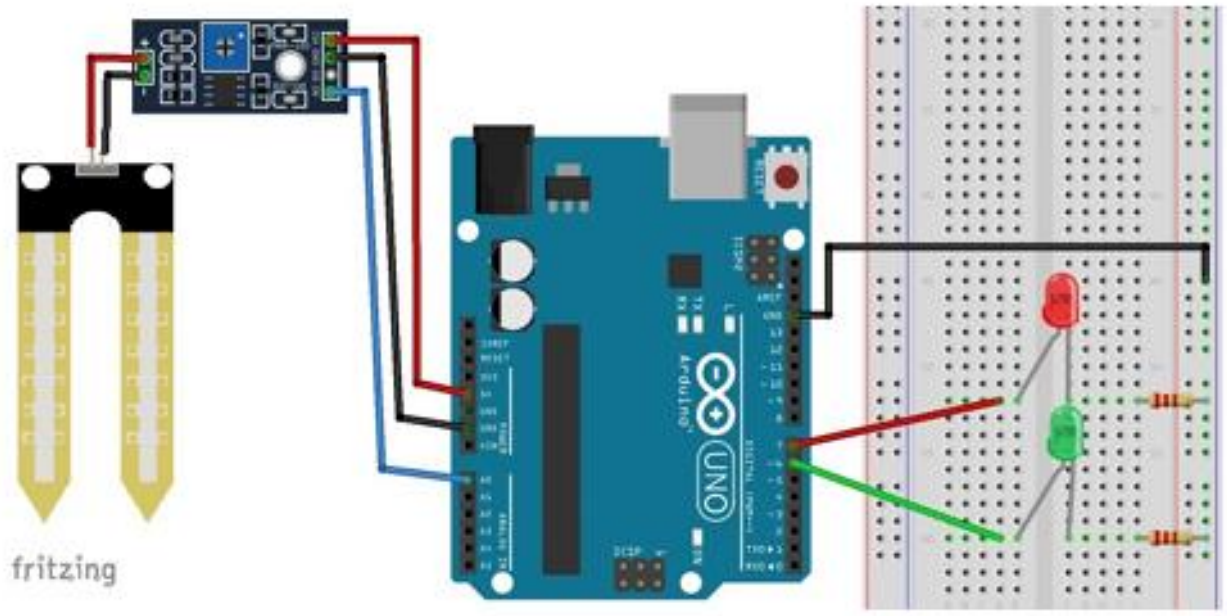



Рисунок 2.9 – Підключення датчика вологості до мікроконтролера

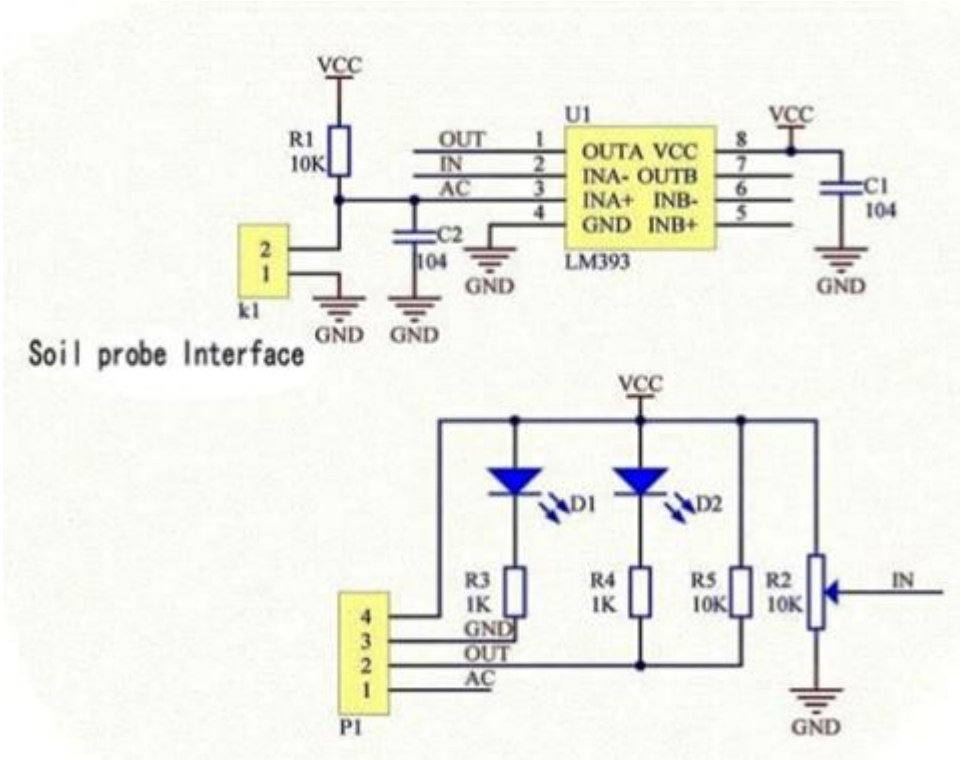



Рисунок 2.10 – Електрична схема підключення датчика вологості

Для налаштування роботи датчика вологості необхідно відкрити монітор та отримати значення. Після цього треба перевірити роботу датчика в сухому та вологому ґрунті. Таким чином, аналоговий сигнал на датчик перевищить заданий поріг, в результаті чого спрацює червоний світлодіод, що означатиме необхідність

виконати полив ґрунту. При перетині значення нижче встановленого порогового значення, загориться зелений світлодіод, що буде означати, що в ґрунті досягнуто необхідний рівень вологості.

В конструкцію входить двохканальний компаратор LM393 (рисунок 2.11), робоча напруга якого складає від 4 до 30 В, а діапазон робочих температур – від 0 до +70 °С [33]. Компаратор представляє собою електронний пристрій, який виконує порівняння двох струмів або двох напруг, в результаті чого на виході видає цифровий сигнал. Цей сигнал показує, яка з величин є більшою.

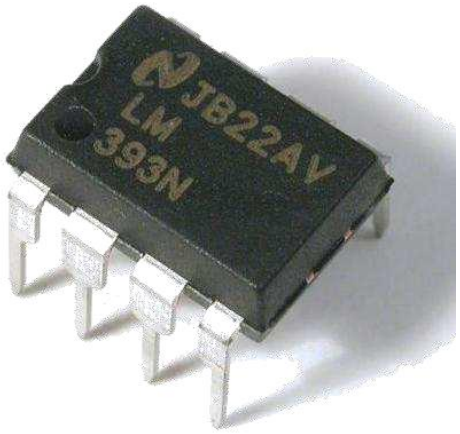



Рисунок 2.11 – Двохканальний компаратор LM393

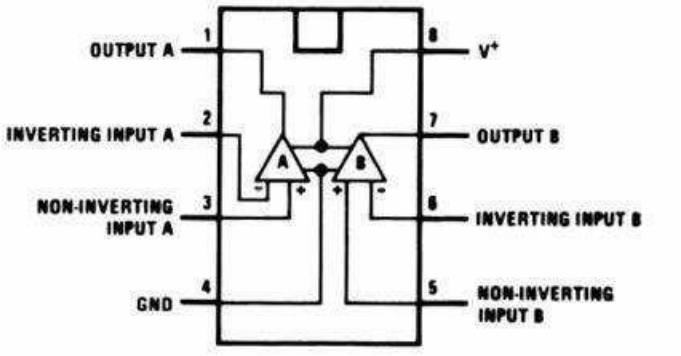



Рисунок 2.12 – Конфігурація контактів компаратора LM393

Технічні характеристики компаратора наведені в таблиці 2.5. Основною перевагою цієї моделі компаратора є його здатність роботи в режимі інтерфейсу з низьким енергоспоживанням.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики компаратора LM393 [33]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Споживаний струм, мА | 0,4 |
| Зсув струму, нА | ± 5 |
| Зміщення струму, нА | 25 |
| Напруга живлення, В | 2 – 36 |
| Сумісність | CMOS, DTL, MOS, TTL, ECL |

### 2.3.2 Датчик температури

Наступним показником, який необхідно відслідковувати при вирощенні сільськогосподарських культур, є температура як ґрунту, так і повітря. Оскільки АСЗП передбачається як універсальна система відслідковування стану ґрунту, і повинна підходити і для аерозольного зрошення, то в системі необхідно передбачити водонепроникний датчик температури.

В якості датчика температури було обрано водонепроникний температурний датчик DS18B20 (рисунок 2.12), вартістю 57 гривень [34]. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.6.

Рисунок 2.13 – Температурний водонепроникний датчик DS18B20

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики датчика DS18B20 [34]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Робоча напруга, В | 3 – 5,5 |
| Діаметр кабелю, мм | 4 |
| Довжина кабелю, см | 100 |
| Точність температури, ℃ | ±0,5 |
| Робочий діапазон температур, ℃ | -10 … +125 |
| Розрядність | 12- чи 9-бітна |

Цей датчик виконаний в захисному водонепроникному корпусі, якому характерний пиловологозахист класу IP67. Оскільки матеріалом захисної оболонки датчика є полівінілхлорид (ПВХ), то рекомендується обмежити температурний діапазон навколишнього середовища до меж від -10 до + 85 ℃. В цьому діапазоні датчик здатен підтримувати точність на рівні ±0,5℃. Хоча за технічними характеристиками виробником зазначено, що датчик здатен працювати в діапазоні температур від -55 до + 125℃.

Вимірювальний елемент розміщується у герметичному пиловологозахищеному корпусі, завдяки чому він підходить до застосування у середовищі із високою вологістю, тобто можна буде використовувати його і при аерозольній системі зрошення.

Підключення датчика до мікропроцесора наведено на рисунках 2.14 та 2.15.

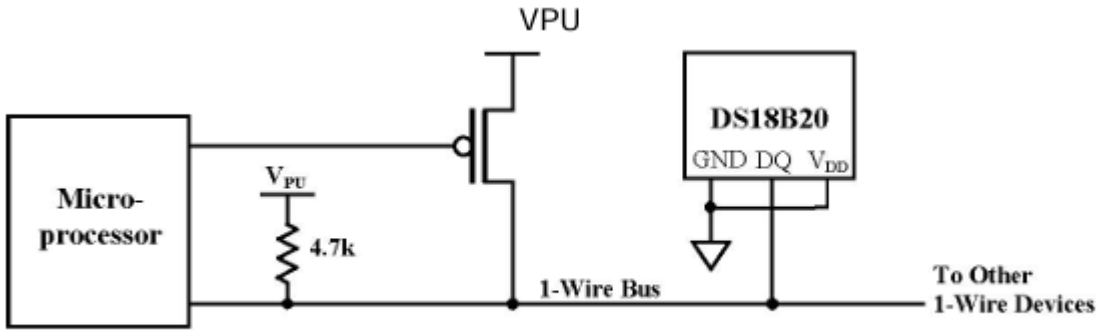



Рисунок 2.14 – Схема підключення температурного датчика

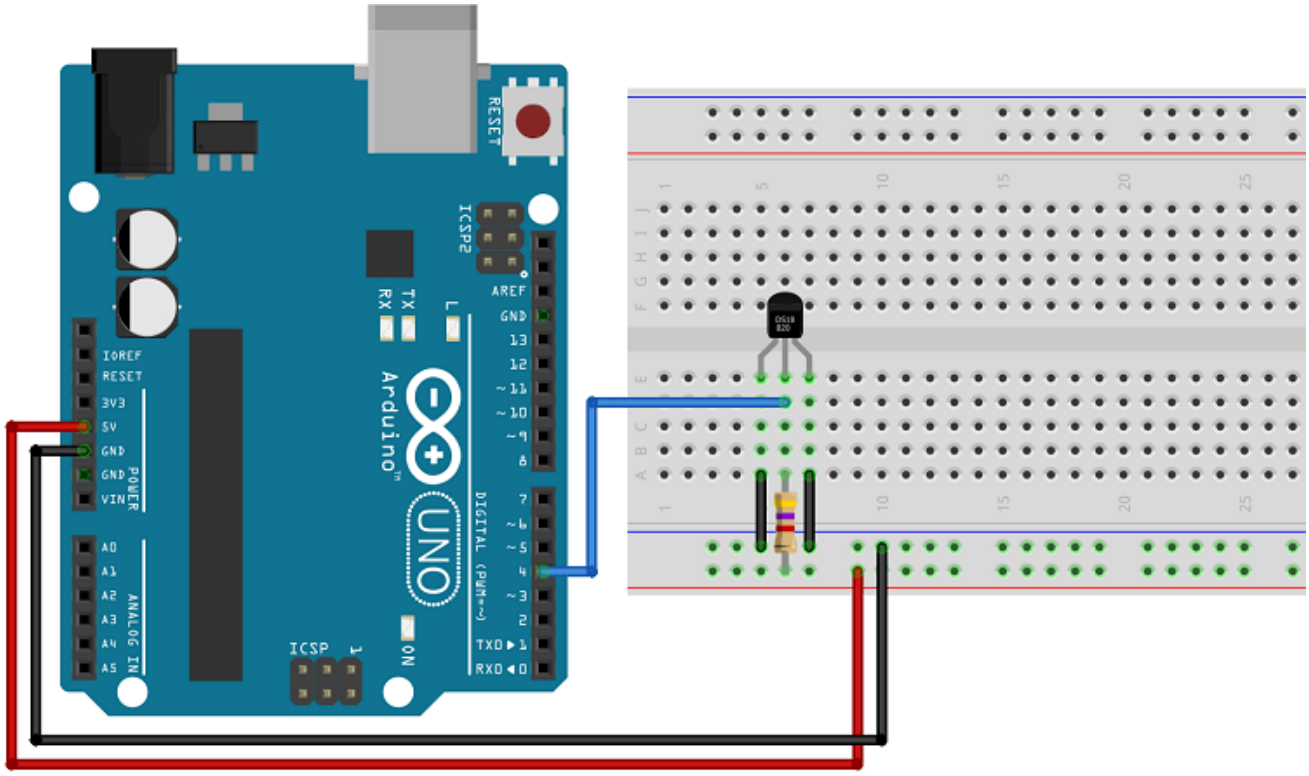



Рисунок 2.15 – Підключення датчика температури до мікроконтролера

### 2.3.3 Датчик кислотності ґрунту

Показник кислотності ґрунту вказує на концентрацію в ньому водневих іонів. Визначається кислотність ґрунту як pH, і зв’язок між кислотністю та рівнем pH обернено пропорційний. Тобто, чим вища кислотність ґрунту, тим нижчий pH і навпаки.

Причини негативного впливу неналежного рівня кислотності ґрунту наступні [34]:

– порушення рослинами нормального засвоєння алюмінію та марганцю;

– активне розмноження бактерій, що викликає захворювання рослин та виникнення шкідників.

При рівні pH менший за 4, ґрунт вважається сильнокислим, до 5 вважається кислим, від 5 до 6 – слабкокислим, від 6 до 7 вважається нейтральним, а при рівні pH вище 7 середовище вважається лужним.

Якщо кислотність ґрунту не відповідає кислотності, яка необхідна для вирощування певного виду рослин, в процесі їх росту виникають порушення живлення. Деякі мікроелементи, наприклад, мідь, цинк та бор, при низьких рівнях pH ґрунт стає токсичним для рослин.

Для відслідковування рівня кислотності ґрунту в АСЗП передбачається використання датчику кислотності ґрунту, який зображений на рисунку 2.16 [36]. Вартість датчика складає 1548 гривень. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.7.

Рисунок 2.16 – Датчик кислотності ґрунту

Цей датчик був навмисно розроблений для його використання з мікроконтролерами. Підключення датчику достатньо просте, в нього наявний ряд вбудованих функцій.

Індикатором живлення датчика виступає світлодіод, в конструкції також передбачений роз’єм BNC та інтерфейс PH2.0. Для з’єднання з мікроконтролером необхідно приєднати датчик до гнізда BNC, при цьому до аналогового порту мікроконтролера під’єднується інтерфейс PH2,0.

Для забезпечення точності роботи зонда він потребує регулярного калібрування. Калібрування відбувається стандартним способом, який описаний в інструкції до датчика. Мінімальний необхідний період для калібрування становить 6 місяців. Цей період зменшується до 3 місяців за умови, якщо при зрошенні полів використовується брудний водний розчин.

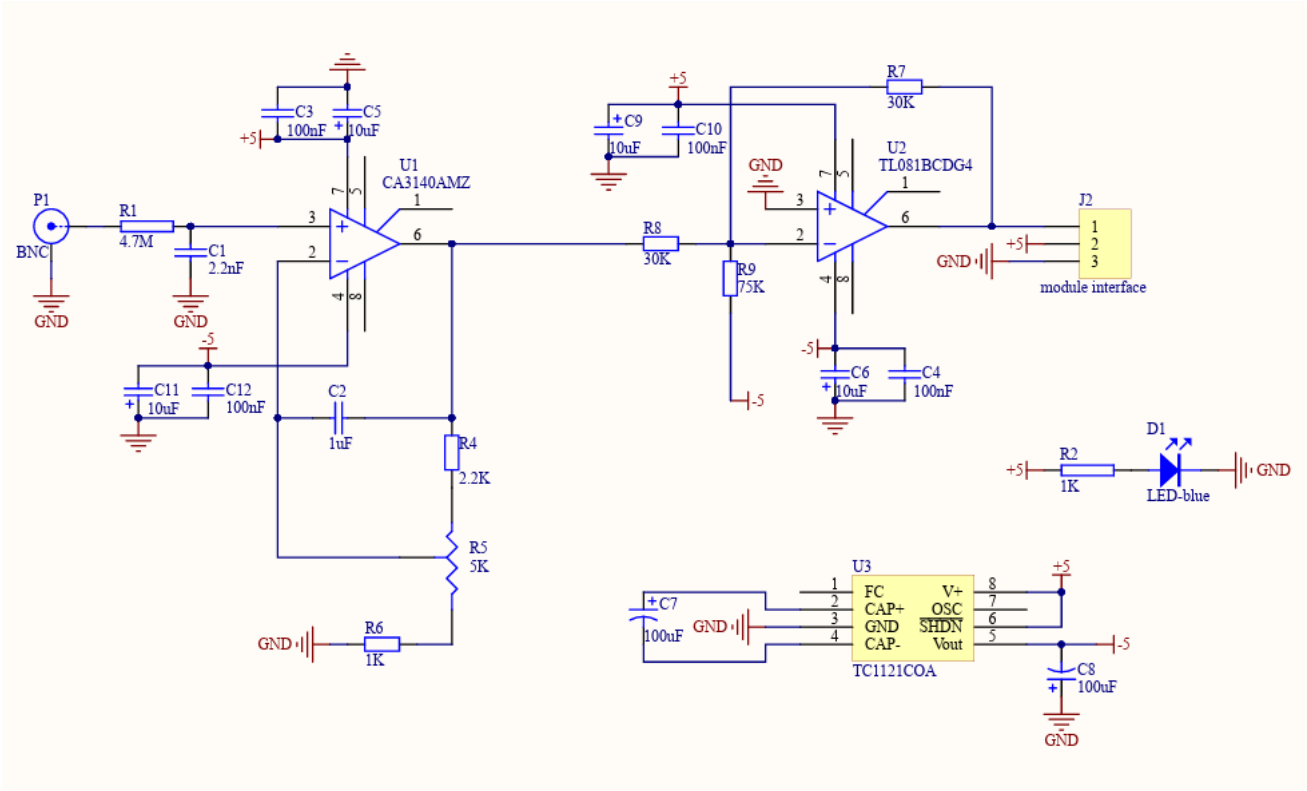



Рисунок 2.17 – Принципова електрична схема датчика кислотності

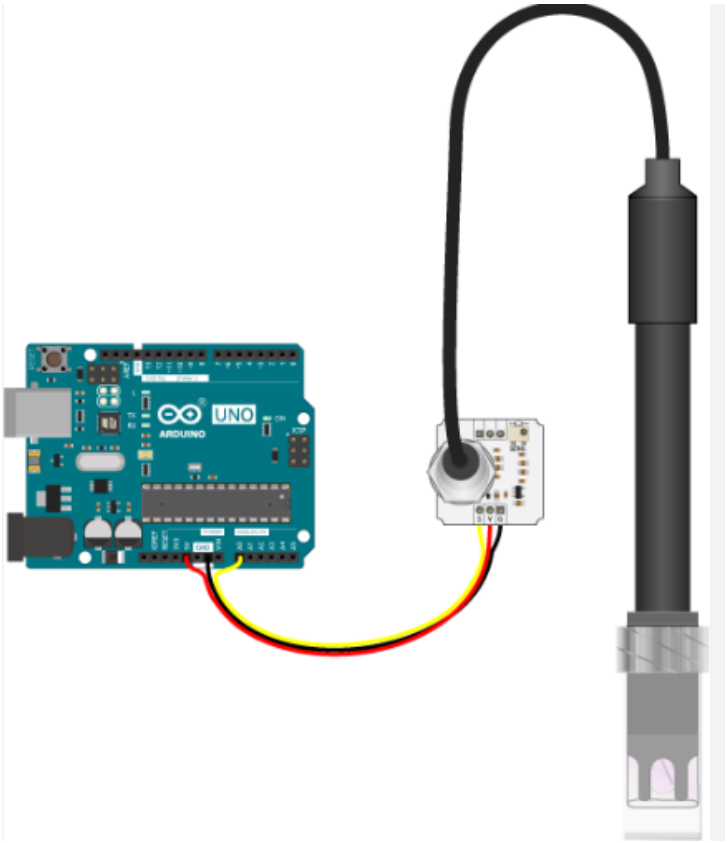



Рисунок 2.18 – Підключення датчика кислотності до мікроконтролера

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики датчика pH [36]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Час вимірювання, хв | менше 1 |
| Живлення, В | 5 |
| Діапазон робочих температур, °С | 0-60 |
| Діапазон вимірювань, pH | 0-14 |
| Розміри, мм | 43 x 32 |

2.3.4 Датчик удару

З метою виявлення можливих зіткнень АСЗП із перешкодами в площі поля, яке зрошується, в системі необхідно передбачити використання датчику удару. В якості датчику удару було обрано модель KY-031 (рисунок 2.19). Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.8.

Рисунок 2.19 – Датчик удару KY-031

Цей датчик реєструє удари по корпусу автоматизованої системи, в яку його вмонтували. Найбільшого поширення датчик отримав для систем забезпечення безпеки автомобілів з метою уникнення їх викрадення, а також в охоронних сигналізаціях воріт та дверей [37].

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики датчика удару KY-031 [37]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Розміри, мм | 30 x 18 x 6 |
| Номінальна напруга живлення, В | 5 |
| Максимальна напруга живлення, В | 24 |

У модуля датчику відрізняється чутливість по площинам, а саме по площині впоперек датчику він більш чутливий. Принцип роботи датчику полягає у спрацюванні пружини, яка виступає чутливим елементом, а кінець цієї пружини оточений контактами. У випадку виникнення удару чутливий елементи замикається, його кінець чіпляє контакти та відбувається замикання ланцюга датчика.

Резистор на 10 кОм розташований в датчику між входами живлення та входом датчика. Спрацювання датчика призводить до замикання контакту, який, в свою чергу, під’єднується до інших пристроїв та передає відповідний сигнал.

Основна відмінність такого датчику у порівнянні із датчиком вібрацій полягає в тому, що в нього вища чутливість, а отже вищий ступінь спрацювання та виявлення можливих перешкод в площині поля при виконанні технологічного процесу зрошення. Слід враховувати, що датчик слід розташовувати перпендикулярно площині, яка зрошується, тоді буде досягатись така висока чутливість.

## 2.4 Інше обладнання в автоматизованій системі зрошення полів

Окрім мікроконтролера, датчика та GSM модуля в системі необхідно передбачити деяке допоміжне обладнання, без якого функціонування системи буде незручним для користувача.

В першу чергу, необхідно передбачити екран, для виводу необхідної інформації та кращого сприйняття функціонування системи оператором. В АСЗП

передбачається використання екрану, який зображений на рисунку 2.20. Коштує такий екран 55 гривень [38].

Рисунок 2.20 – Символьний LCD 1602

Цей дисплей буде відображати інформацію про роботу АСЗП на 2 рядках по 16 символів кожен. В екрана наявна можливість регулювання яскравості та жовта підсвітка. Колір підсвітки залежить від моделі, та може бути також синім при виборі іншої моделі дисплею.

Такий дисплей підтримує 8-бітний та 4 -бітний інтерфейс HD44780. Він працює із використанням стандартної бібліотеки IDE. Для живлення дисплей потребує 5 В. Основним недоліком використання такої моделі дисплею є відсутність в нього кирилиці. Виводи екрану зображені на рисунку 2.21., а конфігурація контактів наведена у таблиці 2.9.

Для подачі сигналу оператору АСЗП в системі передбачено використання зумеру (рисунок 2.22). Вартість зумеру становить 11 гривень [39]. Характеристики цього динаміку наведені в таблиці 2.10. Цей зумер має два виводи – мінус та плюс.

Таблиця 2.9 – Конфігурація контактів дисплею

| Номер контакту | Позначення | Функція |
|---|---|---|
| 1 | VSS | Земля (0 В) |
| 2 | VDD | Живлення дисплею (5 В) |
| 3 | V0 | Регулювання яскравості екрану |
| 4 | RS | Вибір між регістром команд та регістром даних |
| 5 | RW | Вибір між зчитуванням та записом в регістр |
| 6 | E | Відправка даних на виводи |
| 7-14 | D0-D7 | 8-розрядні виводи даних |
| 15 | A | Підсвітка (живлення 5 В) |
| 16 | K | Підсвітка (живлення 0 В) |

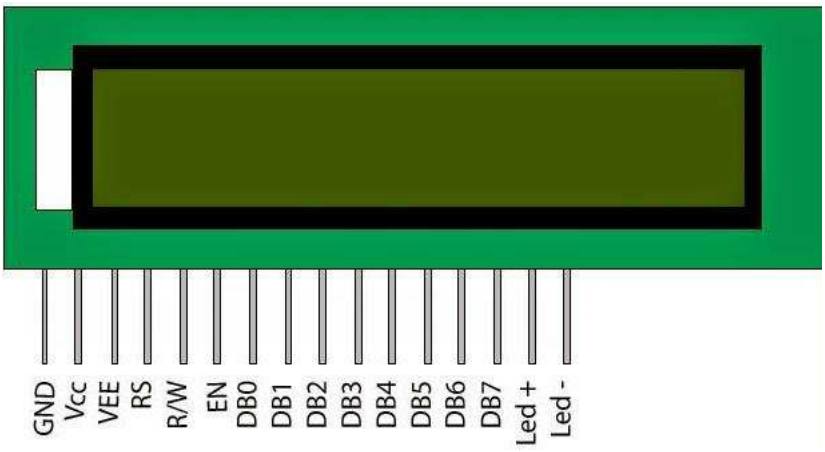



Рисунок 2.21 – Виводи дисплею 1602

Рисунок 2.22 – Активний п’єзодинамік

Таблиця 2.10 – Характеристики активного п’єзодинаміку

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Висота, мм | 9,6 |
| Діаметр, мм | 12 |
| Струм, мА | до 32 |
| Живлення, В | 5 |
| Частота звуку, Гц | 3200 |

Для розпізнавання об’єктів, які можуть знаходитись в площині поля, в АСЗП передбачається використання інфрачервоних передавачів. Такі ІЧ передавачі випромінюють світло в інфрачервоному діапазоні, яке в подальшому потрапляє на об’єкт, після чого відбивається від нього та повертається на приймач. На приймачі в результаті падіння світла утворюється різниця потенціалів. Мікроконтролер зчитує цю різницю, тобто низьке або високе значення.

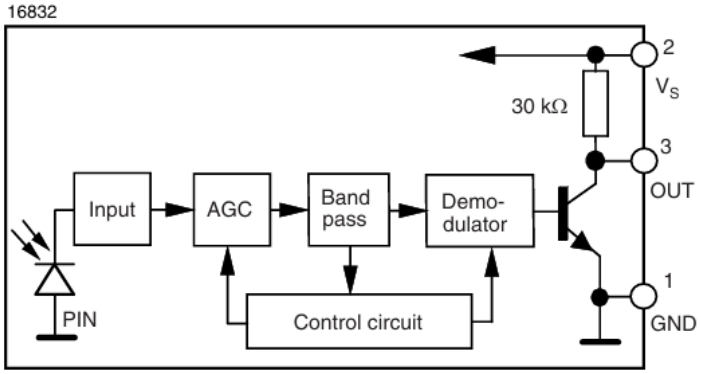
Довжина хвилі таких ІЧ-випромінювачів лежить в межах від 700 нм до 1 мм, тобто це світло є невидимим для людського ока, а отже не буде перешкоджати роботі працівникам на полях. ІЧ-світлодіод споживає приблизно 20 мА струму та 3 В потужності. Кут випромінювання світла може становити від 20 до 60°, тому дальність роботи таких передавачів становить від декількох сантиметрів до декількох кілометрів.

В АСЗП передбачається використання фотоприймача TSOP31236 (рисунок 2.23), який прийшов на заміну TSOP1736. Цей приймач класифікується як приймач із частотою 36 кГц, споживаний струм якого становить 0,35 мА, кут – 45°, а напруга живлення від 2,5 до 5,5 В [40]. Вартість становить 27 гривень.

Для з’єднання компонентів АСЗП, таких як інтегральні схеми, транзистори та резистори, в АСЗП передбачено використання друкованої плати, яка показана на рисунку 2.24. Такі плати можуть виготовлятись із композитної епоксидної смоли, скловолнка або іншого ламінованого матеріалу. Друкована плата відповідає за електричне з’єднання компонентів та їх механічну підтримку

завдяки передбачених в її конструкції прокладок, провідних доріжок та інших елементів.

а)




б)

Рисунок 2.23 – Фотоприймач TSOP31236:

а – зовнішній вигляд; б – блок-схема

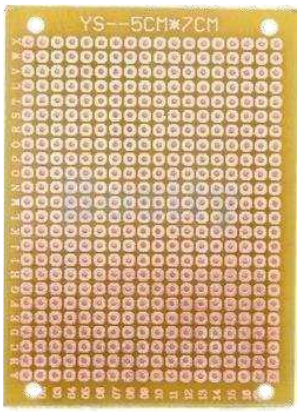



Рисунок 2.24 – Друкована плата

В якості транзистора в системі передбачається транзистор з біполярним переходом NPN моделі BC546 (рисунок 2.25). Він виготовлений в корпусі TO-92, а його технічні характеристики наведені у таблиці 2.11.

Для роботи транзистора на виводах потрібна фіксована напруга постійного струму в потрібній області його характеристичних кривих. Такий процес називають зміщенням. Для підсилювальних застосувань транзистор зміщується таким чином, що він частково увімкнений для всіх вхідних умов. BC546 використовується в звичайній конфігурації з емітером для підсилювачів.

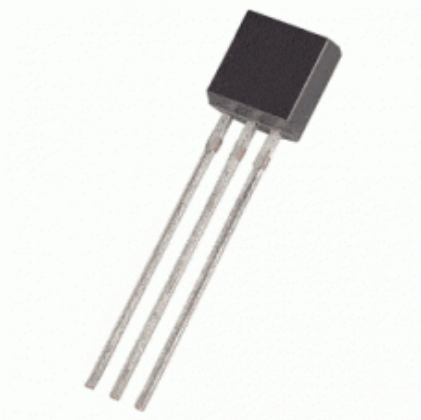


Рисунок 2.25 – Транзистор BC546

Таблиця 2.11 – Характеристики транзистора BC546 [41]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Комплементарна пара | BC556 |
| Максимальний струм колектора, мА | 100 |
| Максимальний піковий струм колектора, мА | 200 |
| Коефіцієнт посилення по струму | 450 |
| Гранична частота посилення, МГц | 100 |
| Максимальна напруга, В | 65 |
| Діапазон температур навколишнього середовища, °С | -65…+150 |
| Максимальна потужність, що розсіюється, мВт | 500 |

Також в АСЗП необхідно передбачити стабілізатор напруги. В якості стабілізатора напруги було обрано LM7805 TO-220 (рисунок 2.26) [42]. Це достатньо класичний стабілізатор напруги параметричного типу на 5В. Такий стабілізатор набув широкого поширення в системах, де при збереженні стабільності напруги необхідно також досягнути низького рівня шуму.

Вхідна напруга такого стабілізатора лежить в межах від 7,5 до 25 В, максимальний струм, що виходить становить 1,0 А, а вихідна напруга становить 5 В. Вартість такого стабілізатора становить 10 гривень.

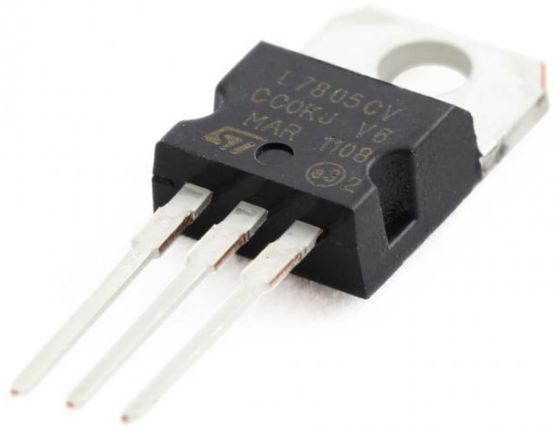



Рисунок 2.26 – Стабілізатор напруги LM7805 TO-220

Також в АСЗП необхідно передбачити реле, тобто перемикач з електричним приводом. Такі перемикачі використовуються в системах, де існує необхідність керування ланцюгом малопотужним сигналом, або ж у тих системах, де існує необхідність керування одним сигналом кількома колами.

В якості реле для АСЗП було обрано реле RSY-5 1A 5VDC Rayex (рисунок 2.27) [43]. Вартість реле становить 63 гривні. Технічні характеристики наведені у таблиці 2.12.

Для перетворення сигналів з послідовного порту RS-232 в системі передбачено використання відповідного перетворювача, який буде створювати сигнали, що можуть використовуватись технологіями на базі КМОП та ТТЛ. Для

цього у системі встановлюється MAX232ACPE (рисунки 2.28, 2.29), вартістю 327 гривень [44]. Технічні характеристики MAX232ACPE наведені у таблиці 2.13.

Рисунок 2.27 - Реле RSY-5 1A 5VDC Rayex

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики реле RSY-5 1A 5VDC Rayex [43]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Габаритні розміри, мм | 12,5 x 7,5 x 9,7 |
| Максимальний струм, А | 1 |
| Тип реле | Мініатюрне |
| Напруга котушки, В | 5 |
| Тип контактів | SPDT |
| Напруга перемикання:<br>Змінний струм, В<br>Постійний струм, В | <br>125<br>24 |

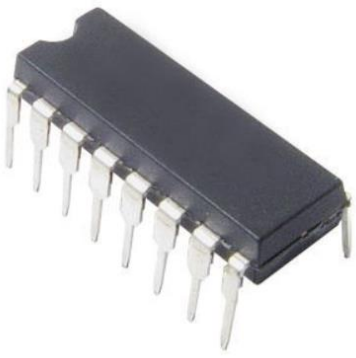


Рисунок 2.28 – Інтегральна схема MAX232ACPE

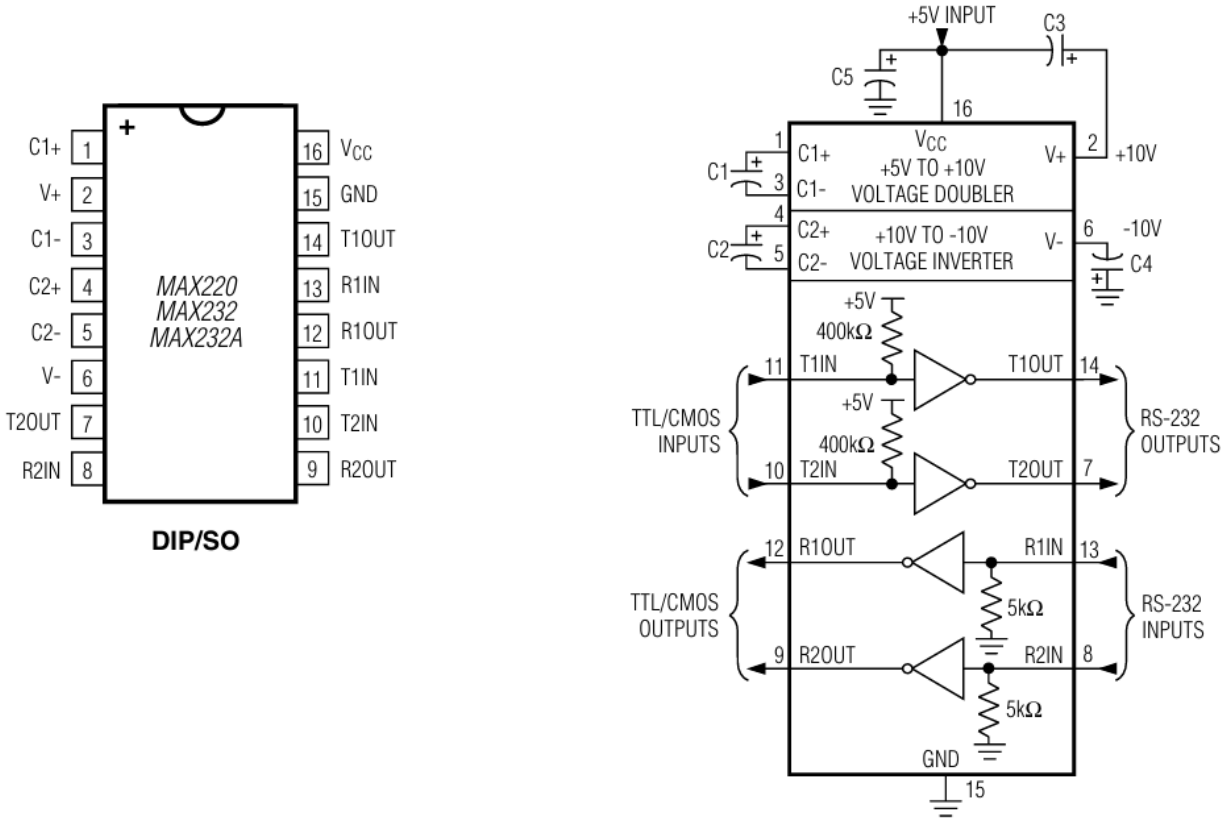



Рисунок 2.29 – Конфігурація виходів MAX232ACPE та типова робоча схема

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики MAX232ACPE [44]

| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Корпус | DIP16 |
| Кількість передатчиків, шт. | 2 |
| Швидкість, кб/с | 200 |
| Кількість приймачів, шт. | 2 |
| Напруга живлення, В | 5 |

## 2.5 Висновки до другого розділу

В другому розділі проведено підбір обладнання, які є складовими автоматизованої системи зрошення полів. До цього обладнання входять мікроконтролер PIC18F452, GSM модуль, датчики вологості YL-69, датчики температури DS18B20 та датчик кислотності ґрунту.

В розділі також наведено інше допоміжне обладнання, до якого входять друкована плата, інтегральна схема, стабілізатор напруги, реле напруги, транзистор, ІЧ фотоприймач, п’єзодинамік та дисплей. На вищезазначене обладнання наведено технічні характеристики та умови його використання.

# 3 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ ПОЛІВ

## 3.1 Розробка проєкту автоматизованої системи зрошення полів

На рисунку 3.1 наведено принципову схему розробленої автоматизованої системи зрошення полів. Вона складається із наступних елементів керування:

– мікроконтролер;

– датчик температури;

– датчик вологості ґрунту;

– датчик кислотності ґрунту;

– датчик удару;

– ІЧ датчик;

– насос;

– джерело води;

– GSM модуль;

– реле;

– інше додаткове обладнання (інтегральна схема, дисплей, тощо).

В розробленій автоматизованій системі передбачається два можливих варіанти використання. Перший передбачає використання одного датчика для керування системою поливу у багатьох зонах, при цьому зона поливу визначається електромагнітним клапаном. Другий варіант використання передбачає незалежний полив зон за окремими програмами. В такому випадку використовується кілька датчиків, які розташовуються відповідно на кожній зоні.

При встановленні датчиків вологи у випадку зонного поливу необхідно притримуватись наступних основних правил:

– заглиблення датчиків необхідно передбачати на рівні прикорневої зони рослин, які підлягають зрошенню. Завдяки цьому забезпечується належна якість ґрунту та його зволоження;

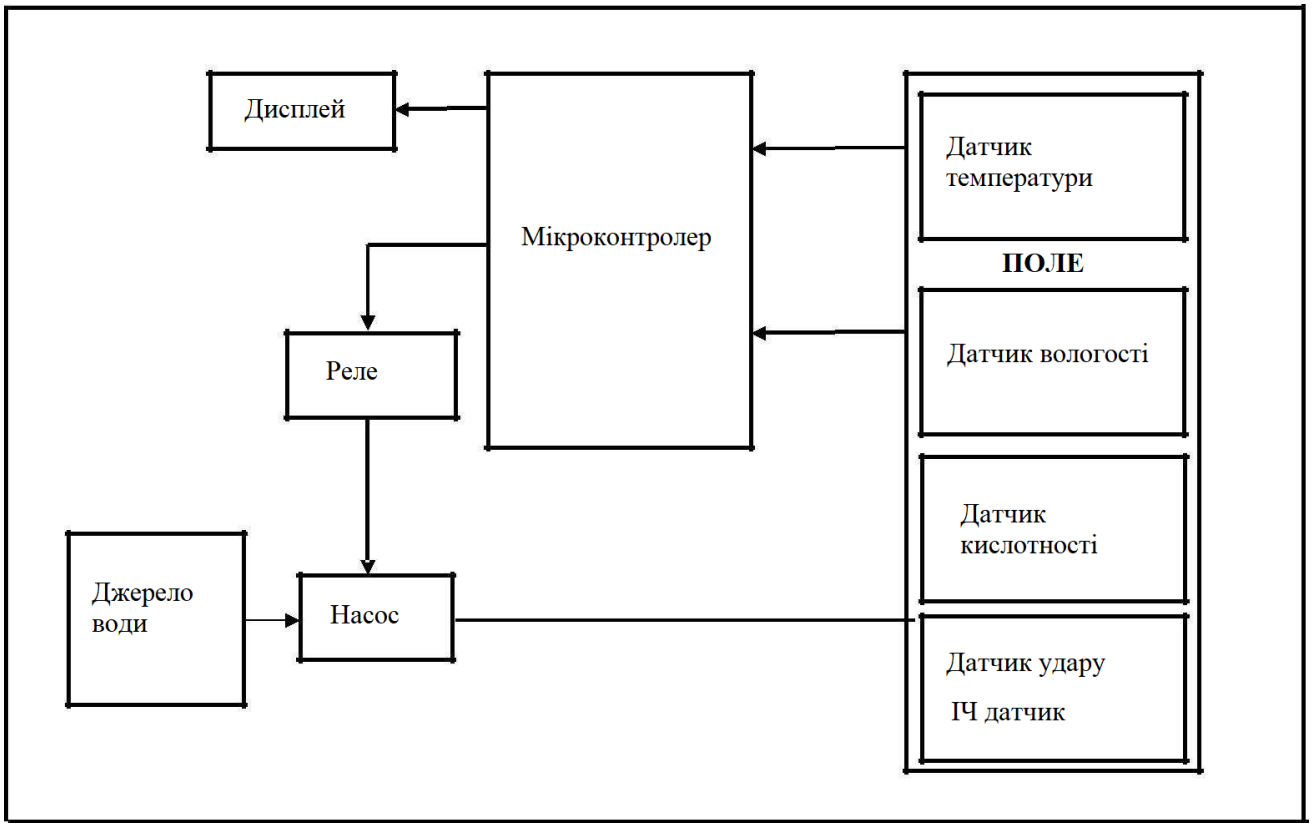



Рисунок 3.1 – Принципова схема АСЗП

– при необхідності зрошення дернової трави, заглиблення датчику повинно становити близько 8 см;

– необхідно забезпечити постійний та безперебійний контакт датчиків із ґрунтом;

– при заглибленні датчика навколо нього не повинно бути повітряних проміжків;

– ґрунт повинен бути щільно утрамбований.

У випадку використання АСЗП для загального поливу певної площини поля, а не зонного поливу, основні правила використання наступні:

– датчик необхідно розташовувати в зоні, яка в першу чергу буде потребувати більшу кількість поливу. Такою зоною скоріше за все буде зона з найбільшим впливом сонця;

– при розміщенні датчиків відстань між ними та розприскувачами системи зрошення повинна бути не менше 1,5 м;

– датчики слід розташовувати в напрямку до центри зону поливу;

– при розташуванні датчику необхідно обрати ділянку, в якій малоймовірним буде надмірне ущільнення ґрунту, тобто подалі від проходів для працівників поля та від ґрунтових доріг, якими їздить сільськогосподарська техніка.

На рисунку 3.2 зображена умовна схема розташування датчиків при різних варіантах висадження сільськогосподарських культур. Більш детальне та точне розташування датчиків буде залежати в першу чергу, від площі поля.

Оскільки кислотність ґрунту буде змінюватись незначним чином в площині поля, то при розташуванні датчиків кислотності немає необхідності передбачати їх зонне розташування. Достатньо буде одного датчика кислотності ґрунту на кожні 10 соток поля.

Для уникнення виникнення пожеж на полі, особливо при утворенні сухостою, в системі передбачено використання датчиків температури. Датчики температури можна розміщувати на кожній зоні поля, тобто відповідно як і датчики вологи.

Налаштуваннями датчика передбачено, що вони спрацюють лише у випадку стрімкого зростання температури до достатньо високих значень (близько 200-300°С), чим мінімізується можливість його хибного спрацювання на підвищення температури в площині ґрунту внаслідок його природного прогрівання від сонячних променів.

Тому датчики температури заглиблюються в землю на декілька сантиметрів, 2-3 см буде достатньо. При виникненні пожежі в полі спрацювання датчика призводить до автоматичного запуску двигуна водяного насосу.

На рисунку 3.3 наведена принципова електрична схема автоматизованої системи зрошення полів.

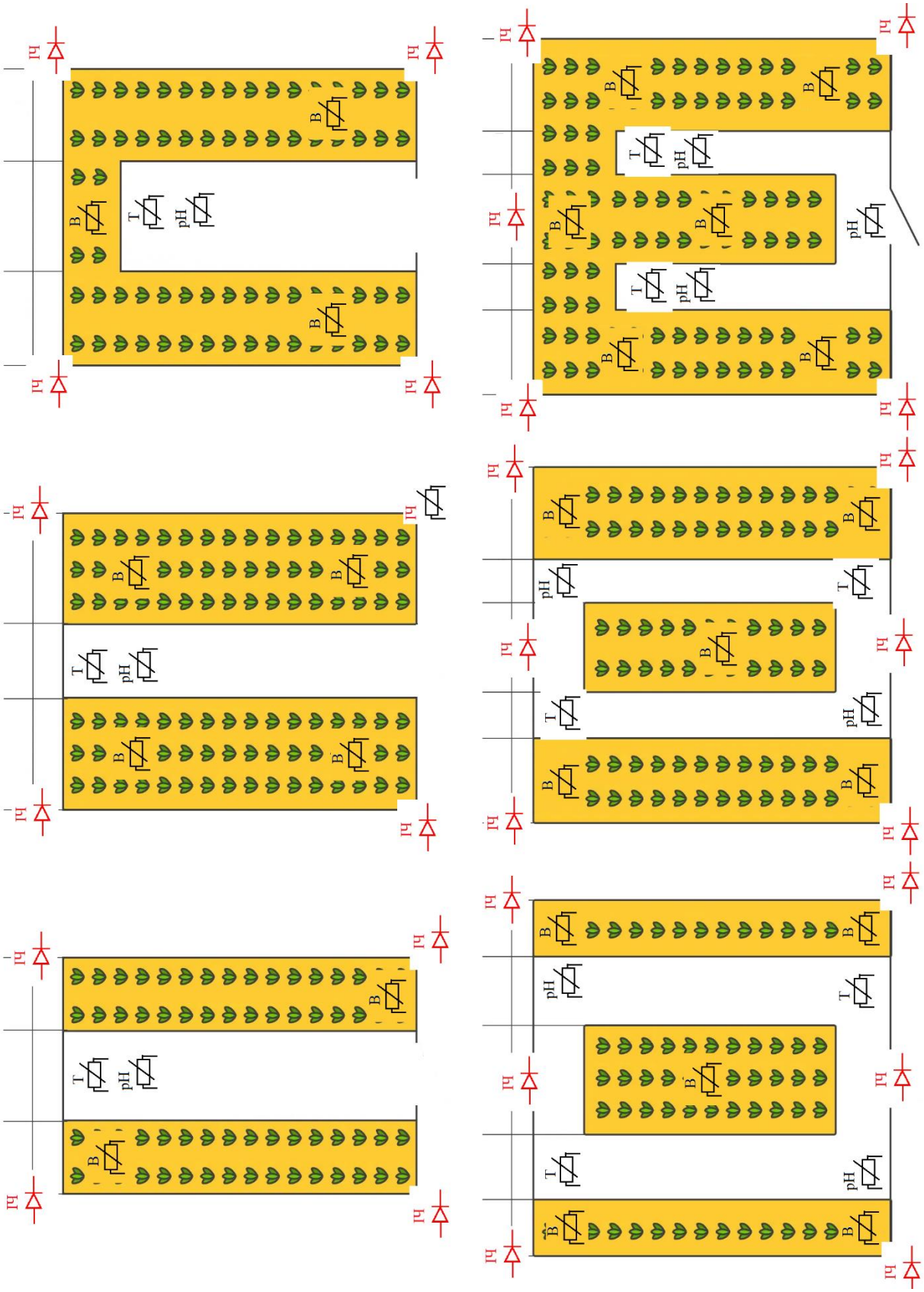



Рисунок 3.2 – Умовна схема розміщення датчиків по площині поля (В – датчик вологості; Т – датчик температури; pH – датчик кислотності; ІЧ – інфрачервоний датчик)

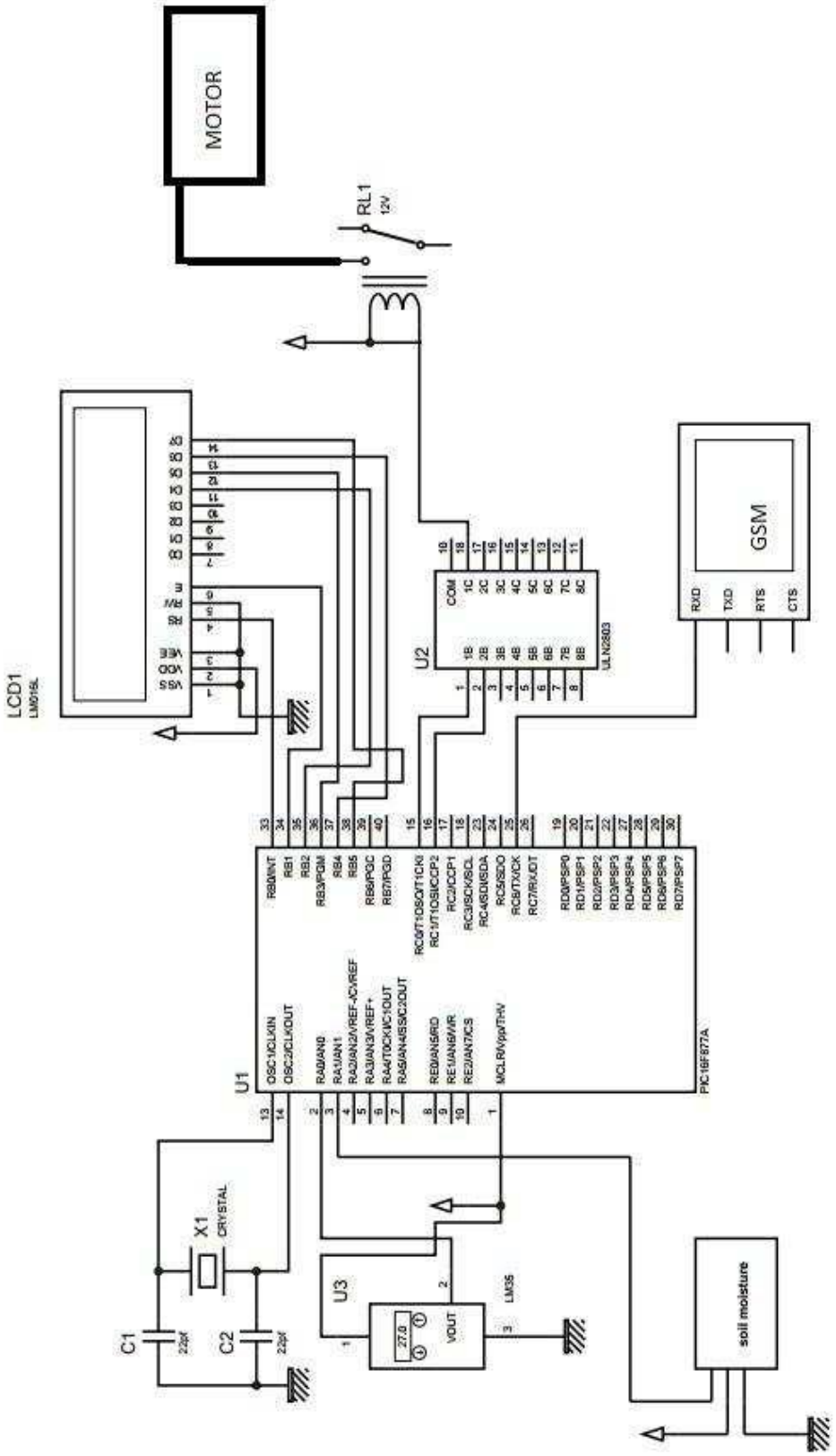



Рисунок 3.3 – Принципова електрична схема автоматизованої системи зрошення полів

Для підвищення рівня захисту сільськогосподарських культур від шкідників, таких як птахи та тварини, по периметру поля передбачено використання ІЧ датчиків. Такі ІЧ-передавачі працюють за принципом відправки ІЧ-випромінювання, яке знаходиться в інфрачервоному довжині хвиль, тобто є невидимими для людського ока. При падінні світла на приймач створюється різниця потенціалів на його кінцях, яка в подальшому розпізнається мікроконтролером як високе або низьке значення.

Якщо сигнал був отриманий швидше, ніж це запрограмовано в мікроконтролері за замовченням, це означатиме, що ІЧ-датчик виявив птаха чи тварину, які перетнули площину поля. В такому випадку буде спрацьовувати звуковий сигнал.

Таким чином можна підвищити рівень захисту зернових культур від їх пошкодження тваринами та птахами, а також підвищити захист самих птахів та рослин від їх отруєння у випадку використання добрив та хімікатів на полі.

## 3.2 Прототип автоматизованої системи зрошення полів

При розробці АСЗП було також зібрано прототип системи. Для розміщення компонентів використовувалась друкована плата (рисунок 3.4), на якій розміщується мікроконтролер та інше додаткове обладнання.

Була перевірена робота датчиків температури, в результаті чого на дисплей виводилось поточне значення температури, отримане з датчика (рисунок 3.5). Також було перевірено процес виявлення датчиком температури пожежі.

В налаштуваннях порогового значення для виявлення пожежі для перевірки було значно знижене значення температури. Потім прототип системи, а саме температурний датчик, піддавався нагріванню. При перетині порогового значення на мікроконтролер був відправлений відповідний сигнал, в результаті чого на дисплеї відобразилась інформація про виникнення пожежі (рисунок 3.6).

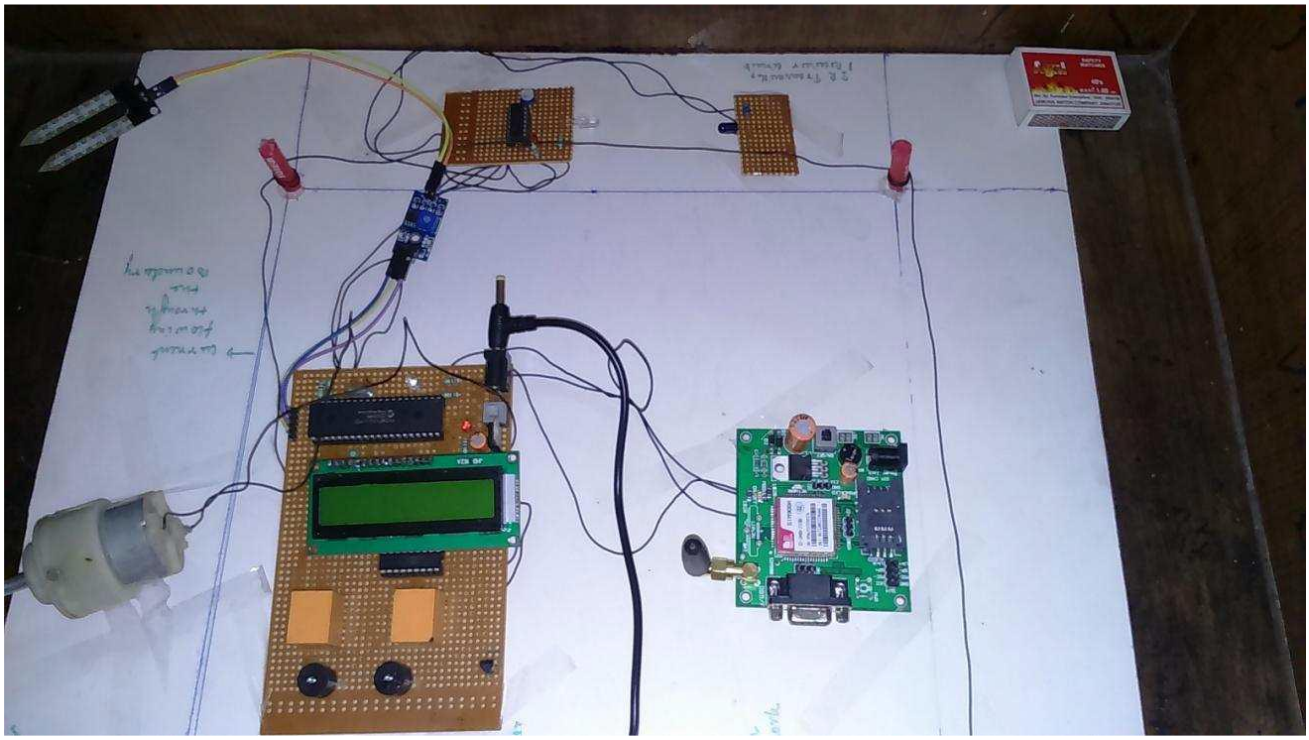


Рисунок 3.4 – Розміщення компонентів АСЗП на друкованій платі

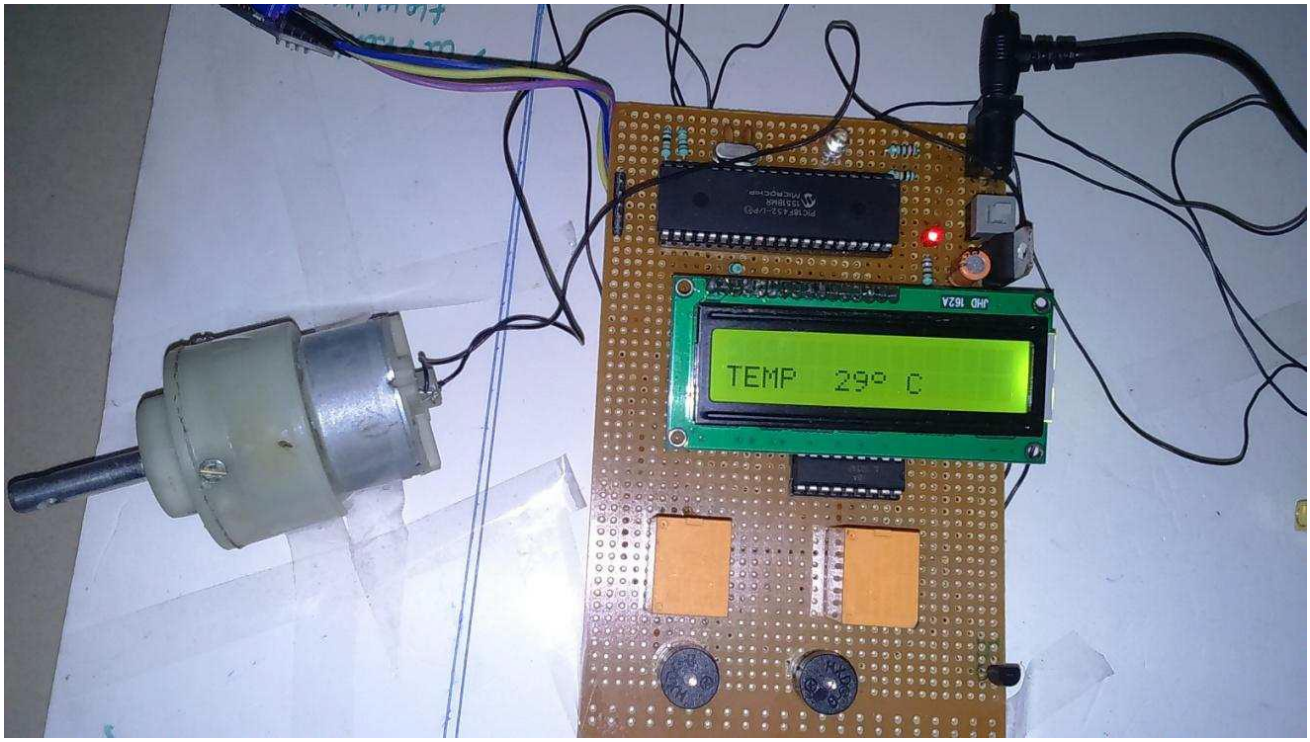



Рисунок 3.5 – Відображення температури на полі

Для захисту водяного насосу від можливих пошкоджень в АСЗП передбачено використання датчику удару. Була проведена перевірка роботи цього

датчику та повідомлення оператора про можливе пошкодження насосу. В результаті спрацювання датчику на дисплей було виведено повідомлення «detection».

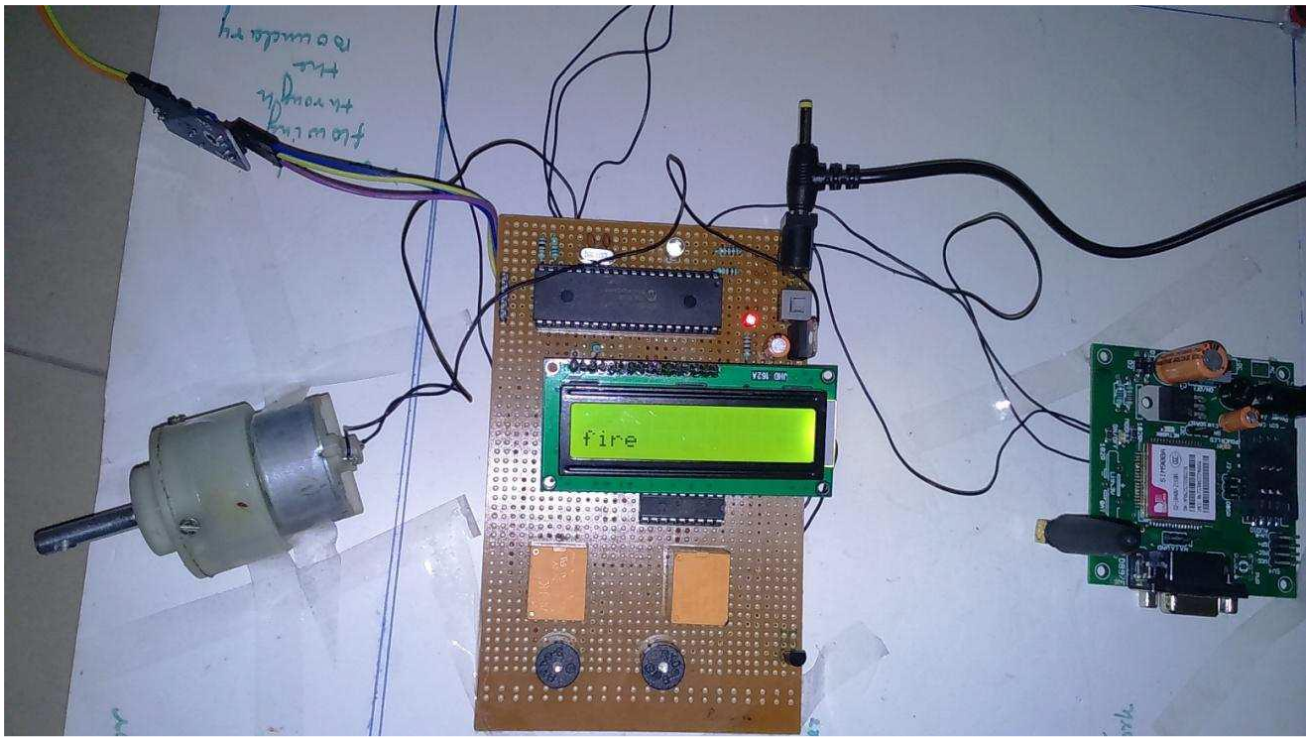



Рисунок 3.6 – Виявлення пожежі на полі

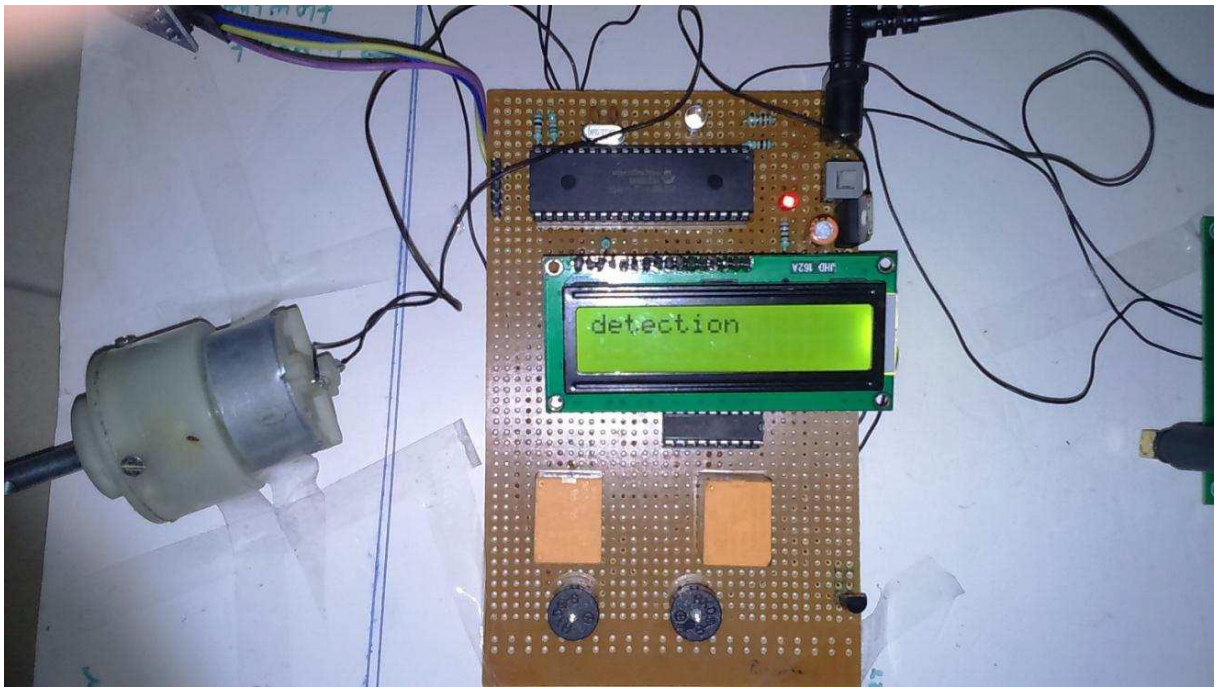



Рисунок 3.7 – Спрацювання датчику удару

Також було проведено перевірку спрацювання ІЧ датчику, які розташовуються по периметру території. В результаті спрацювання ІЧ датчику на дисплей відправляється таке ж саме повідомлення, як і у випадку виявлення пошкоджень.

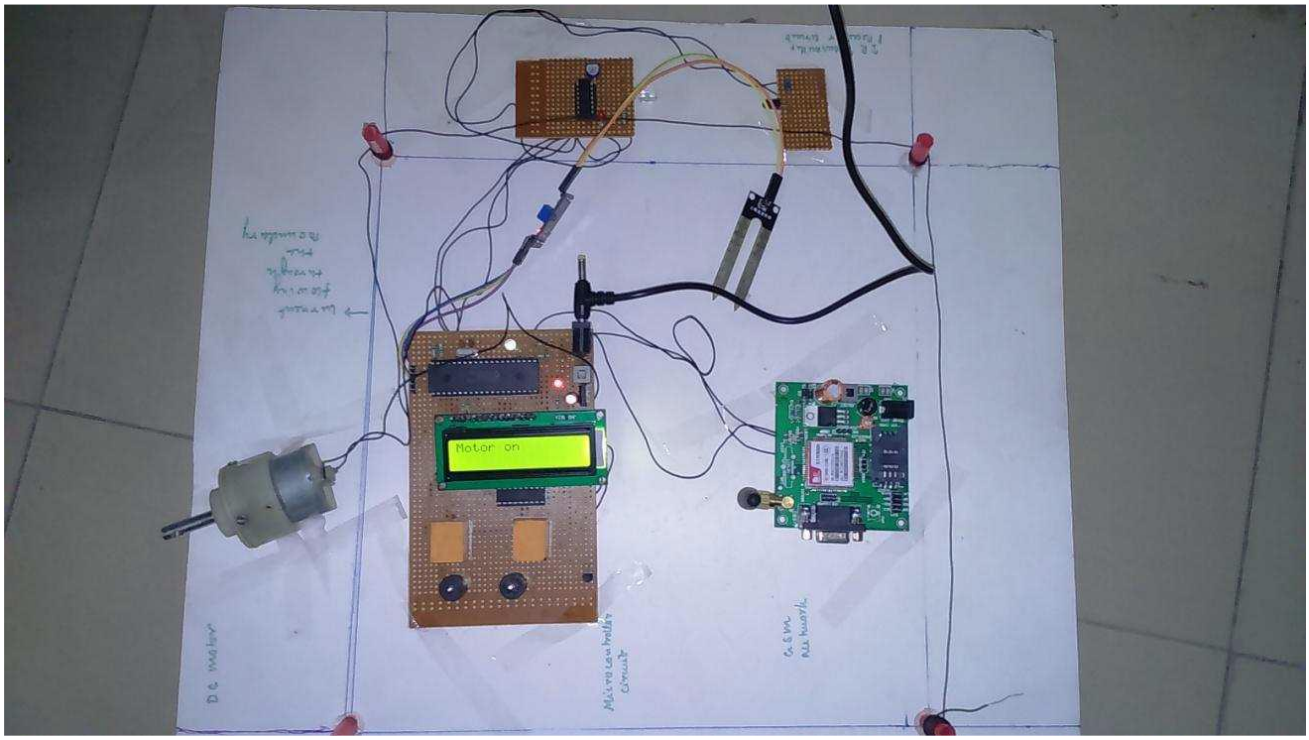



Рисунок 3.8 – Автоматичне ввімкнення та вимкнення водяного насосу

## 3.3 Оцінка розробленої автоматизованої системи зрошення полів

При запровадженні такої автоматизованої системи зрошення полів за керування процесом зрошення буде відповідати мікроконтролер. Основний принцип роботи АСЗП полягає в тому, що система автоматично зчитує дані, отримані з датчика вологості, та, при перетині встановленого порогового значення, повністю автоматично запускає систему розприскування води за допомогою насоса та розприскувачів.

В системі передбачено використання датчика температури для уникнення пожеж. При спрацюванні датчика насос автоматично ввімкнення та вода, призначена для поливу, буде використана для гасіння пожежі на полі. Також

АСЗП відслідковує кислотність ґрунту, і при досягненні певного порогового значення, сповіщає оператора про неналежну кислотність ґрунту.

Процес стабілізації кислотності ґрунту достатньо важкий, потребує втручання фахівців та використання ряду добрив і хімічних речовин, тому автоматичне підтримання кислотності ґрунту в АСЗП не передбачено. Система лише відслідковує його рівень.

В АСЗП відбувається безперервне відображення показників ґрунту на дисплеї. Також на дисплеї відображається інформація про стан роботи насосу, тобто чи він увімкнений, чи він не працює.

Мікроконтролер отримує вхідний сигнал з датчиків. В системі використовується компаратор, який діє як інтерфейс між датчиками та мікроконтролером. Коли компаратор отримує сигнал, він генерує свій сигнал, що, в свою чергу, призводить в дію реле для керування водяним насосом.

Завдяки впровадженню в системі GSM-модуля, мікроконтролер може відправляти оператору повідомлення про зміну стану насосу на мобільний телефон. Крім того, у повідомленні відправляється основна інформація, отримана з датчиків, тобто основні показники вологи в межах поля та чи змінилась кислотність ґрунту. Схоже повідомлення відправляється оператору у випадку спрацювання ІЧ датчика, що означає перетин птахами або тваринами площини поля.

В подальшому проєкт АСЗП можна розширити шляхом запровадження можливості віддаленого керування водяним насосом.

Завдяки встановленню АСЗП на полях для зрошення можна досягнути ряд переваг, а саме:

– скорочення трудовитрат особи, відповідальної за зрошення. Оскільки оператор зрошення полів буде автоматично отримувати повідомлення про початок або кінець зрошення поля, то в нього скоротиться робочий час, і, в результаті чого, він може паралельно займатись іншою роботою;

– зменшення кількості перевірок вологості ґрунту. У випадку застосування звичайної традиційної системи зрошення, по трубопроводах, що розподіляють вологу, можуть утворюватись пошкодження, в результаті чого не вся кількість води може потрапити до бажаної ділянки. У випадку АСЗП зрошення не буде вимикатись до тих пір, поки не буде досягнуто саме бажаного показника вологості ґрунту, а не просто вилється необхідна кількість води;

– більш своєчасний полив ґрунту. При роботі на полі особа, відповідальна за зрошення, може бути зайнята протягом певного часу. Якщо необхідно увімкнути полив саме у цей час, коли зрошувач зайнятий або знаходиться на обідній перерві, рослини страждають від нехватки вологи. Застосування АСЗП дозволить виконувати полив навіть тоді, коли зрошувач зайнятий;

– більш точне відключення. При використанні зонного варіанту поливу поля, АСЗП вимкне частину поливу при досягненні бажаного значення вологи, але продовжить полив іншої площини поля. Завдяки цьому можна досягти ще й зменшенню витрат води;

– зменшення стоку поживних речовин та води;

– зменшення витрат на переміщення особи, відповідальної за зрошення по полю. При виконанні поливу на великих площах полів особи, відповідальні за зрошення, використовують велосипеди, трактори та іншу техніку, для подолання дистанції. У випадку запровадження АСЗП зрошувачу немає необхідності переміщуватись в площині поля, тому й цих витрат не буде.

Не дивлячись на велику кількість переваг запровадження АСЗП, залишається ряд недоліків, а саме:

– вартість системи. Хоча для АСЗП обирались достатньо прості та дешеві конструктивні та керуючі елементи, на їх закупівлю все рівно необхідно витратити кошти. До того ж, кількість датчиків, що встановлюються, напряму залежить від розміру поля, що зрошується. Цим більше поле – тим більша вартість АСЗП;

– надійність. У випадку наявності збоїв у роботі системи по причині людського впливу або неправильних налаштувань, система може неправильно виконувати полив протягом певного часу, що може призвести до занадто високого зволоження ґрунту, подальшого зростання захворюваності та навість потенційної гибелі рослин та сільськогосподарських культур;

– залежність від електропостачання. АСЗП здатна працювати лише за наявності електропостачання;

– посилення технічного обслуговування каналів. При запровадженні АСЗП існує потреба підсилення технічного обслуговування обладнання з метою забезпечення правильності роботи системи. Зрошувальні канали повинні бути огороджені з метою забезпечення захисту автоматичних пристроїв.

## 3.4 Висновки до третього розділу

В третьому розділі наведено принципову електричну схему автоматизованої системи зрошення полів, наведено опис її роботи та основні правила по встановленню датчиків в площині поля, що зрошується. АСЗП може передбачатись як загальна система зрошення, так і зонна, коли різні зони зрошуються незалежно одна від одної. Також в розділі наведені рекомендовані схеми розташування датчиків при різних варіантах висадження сільськогосподарських культур.

В результаті роботи було зібрано прототип АСЗП, який показано у розділі. Також було перевірено роботу прототипу АСЗП та його окремих частин, наприклад, датчиків. В розділі також наводяться переваги та недоліки запровадження автоматизованої системи зрошення полів.

# ВИСНОВКИ

В першому розділі наведено статистичні дані щодо площі полів в Україні, що підкреслює актуальність роботи, яка призначена в автоматизації процесу зрошення полів. В роботі наведена проблематика та технологічний процес зрошення полів, наведені види зрошення та основні складові системи зрошення. Також в розділі поставлено задачі до автоматизованої системи зрошення полів, виокремлено основний функціонал, який повинен бути присутній у системі.

В другому розділі проведено підбір обладнання, які є складовими автоматизованої системи зрошення полів. До цього обладнання входять мікроконтролер PIC18F452, GSM модуль, датчики вологості YL-69, датчики температури DS18B20 та датчик кислотності ґрунту.

В розділі також наведено інше допоміжне обладнання, до якого входять друкована плата, інтегральна схема, стабілізатор напруги, реле напруги, транзистор, ІЧ фотоприймач, п’єзодинамік та дисплей. На вищезазначене обладнання наведено технічні характеристики та умови його використання.

В третьому розділі наведено принципову електричну схему автоматизованої системи зрошення полів, наведено опис її роботи та основні правила по встановленню датчиків в площині поля, що зрошується. АСЗП може передбачатись як загальна система зрошення, так і зонна, коли різні зони зрошуються незалежно одна від одної. Також в розділі наведені рекомендовані схеми розташування датчиків при різних варіантах висадження сільськогосподарських культур.

В результаті роботи було зібрано прототип АСЗП, який показано у розділі. Також було перевірено роботу прототипу АСЗП та його окремих частин, наприклад, датчиків. В розділі також наводяться переваги та недоліки запровадження автоматизованої системи зрошення полів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Україна – аграрна держава. URL: http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/1044/#:~:textУкраїна-аграрна держава (дата звернення – 10.01.2025)
2. Панченко П. П., Шмарчук В. А. Аграрна історія України: Підручник. 2-ге вид., випр. і доп. К.: Т-во "Знання", КОО, 2000. 342 с.
3. Уркевич В.Ю., Шульга М.В. Державна аграрна політика України: проблеми правового забезпечення: монографія. Х.: Харків, 2014. 276 с.
4. Падалка С. С., Кириленко І. Г., Вергунов В. А. Аграрна історія України. У 3-х ч. Ч. І: Від найдавніших часів до початку XX століття. К.: Аграрна наука, 2019. – 332 с.
5. Доценко В.І., Морозов В.В., Онопрієнко Д.М. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування. Олді, 2025. 448 с.
6. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Наукові основи технологій краплинного зрошення сільськогосподарських культур. Київ, Гельветика. 2021. 440 с.
7. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvxu_reg.htm (дата звернення - 12.01.2025)
8. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування / О. Барало, та ін. К.: Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти, 2023. 323 с.
9. Сенчук М.М. Механізація і автоматизація сільськогосподарського виробництва: Навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою організації навчального процесу для студентів економічного факультету. Біла Церква, 2010. 206 с.

10. Механізація та автоматизація сільськогосподарського виробництва. Частина 1. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Молодший бакалавр» початкового рівня (короткий цикл) спеціальності 073 «Менеджмент» денної форми навчання / О.А. Горбенко та ін. Миколаїв, Миколаївський національний аграрний університет, 2021. 82 с.

11. Божко Л.Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в України: монографія. Одесса: Екологія. 2010. 368 с.

12. Зрошення. Словник агронома. URL: https://superagronom.com/slovnik-agronoma/zroshennya-id18693 (дата звернення - 23.01.2025)

13. Васильковська К.В., Ковальов М.М., Молокост Л.А. Технічне та технологічне забезпечення краплинного зрошення овочевих структур. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2020, вип. 50. с. 35-41

14. Дударєва Г.Ф., Дударєв Д.В. Меліорація та рекультивація земель: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2018. 80 с.

15. Зрошення сільськогосподарських культур самопливно-поверхневим способом: навчальний посібник / В.І. Доценко та ін. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. 198 с.

16. Солона О.В., Ковбаса В.П. Обґрунтування параметрів робочих органів для укладання внутрішньоґрунтових зрошувачів: монографія. Вінниця. 2020. 159 с.

17. Як правильно організувати полив городу. Корисні поради і рекомендації. URL: https://sanmix.net.ua/ua/novosti/kak-pravilno-sdelat-poliv-ogoroda-poleznye-soveti (дата звернення 27.01.2025)

18. Які бувають розпилювачі та обприскувачі? URL: https://agrospray.in.ua/ua/a482817-kakie-byvayut-raspyliteli.html (дата звернення 27.01.2025)

19. Татарчук Д.Д., Діденко Ю.В. Мікропроцесори та мікроконтролери: Курс лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.

20. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. 361 с.

21. Мікропроцесорна техніка : навч. посіб. / Цирульник С. М. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2017. 123 с.

22. Спеціалізовані мікроконтролерні системи. Теорія і практика: Підручник / Є. І. Сокол та ін. Хар- ків: НТУ "ХПІ", 2007. 252 с.

23. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. Основи мікропроцесорної техніки. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 226 с.

24. PIC18F452-I/P. URL: https://imrad.com.ua/ru/pic18f452-i-p-product-42345?srsltid=AfmBOorIe8AJVo0GNABkFzEOj2BO8tQZApHbhLsLs5u9ciM1CBE22B5B (дата звернення - 15.02.2025)

25. PIC18FXX2 data sheet. URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf (дата звернення - 15.02.2025)

26. GSM GPRS модуль SIM900. URL: https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=178&product_id=669&gad_source=1&gbraid=0AAAADk5dvrXvk9Wej0d3XslGEAMOILZ1&gclid=Cj0KCQjwt8zABhDKARIsAHXuD7YLNnuhguszK3TjQftBLgPynhZzpOZEfyXA_k8-tpuZijEUke6EJg8aAutJEALw_wcB (дата звернення – 21.02.2025)

27. SIM900A GSM/GPRS Module. User Manual. URL: https://www.gie.com.my/download/um/wireless/gsm/um_sim900a.pdf?srsltid=AfmBO

opShWIcc9HQlfcY6j16vlnClBUNamGSTW_W_X7fnzooiO-fUxO4 (дата звернення – 25.02.2025)

28. SIM900_AT Command Manual. URL: https://www.espruino.com/datasheets/SIM900_AT.pdf (дата звернення – 27.02.2025)

29. Датчики та трансмітери вологості. URL: https://simvolt.ua/datchiki-vologost/ (дата звернення – 14.03.2025)

30. ДСТУ 2730:2015. Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Чинний від 2016-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 13 с.

31. Датчик вологості ґрунту YL-69. URL: https://controller.in.ua/ua/p1610820636-datchik-vlazhnosti-pochvy.html#:~:text=Soil%20Moisture%20Sensor%20%2D%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA%D0%B8,%D0%B4.&text=%D0%A3%20%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%94%20%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F%2C%20%D1%89%D0%BE%20%D0%B7%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D1%83%D1%94%20%D0%B9%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C. (дата звернення – 16.03.2025)

32. Guide for Soil Moisture Sensor YL-69 or HL-69 with the Arduino. URL: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/YL-69-HL-69.pdf?srsltid=AfmBOordshPk7-b9c-AMOe9pH61qe6aNfCeju-Hran0LzGZZChNm9H4u (дата звернення – 18.03.2025)

33. Компаратор двухканальний LM393. URL: https://www.mini-tech.com.ua/komparator-lm393-dip (дата звернення – 20.03.2025)

34. Температурний датчик водонепроникний DS18B20. URL: https://arduino.ua/prod414-temperatyrnii-datchik-vodonepronicaemii-

ds18b20?srsltid=AfmBOoqPkQRbwUPJCcRInodmYRz8R0TVzhRMimgnLxh00BphtLs8RY4d (дата звернення – 28.03.2025)

35. Як кислотність грунту впливає на рослини? URL: https://reacom.com.ua/ua/news/kislotnist-gruntu/#:~:text=%D0%AF%D0%BA%D1%89%D0%BE%20%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83%20%D0%BD%D0%B5%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B0%D1%94,%D0%B3%D1%83%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%BE%D0%BC%20%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D0%B8%20%D0%B7%20%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%8E%20%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8E. (дата звернення – 01.04.2025)

36. Датчик pH з аналоговим підсилювачем від DFRobot. URL: https://arduino.ua/prod835-datchik-ph?srsltid=AfmBOoqlgEdsErnfGLbkEl0dKjnq0ZJDOks5d1WAZmci9QaapmdzTMCd (дата звернення – 02.04.2025)

37. Датчик удару KY-031. URL: https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=168&product_id=961&gad_source=1&gad_campaignid=20839106384&gbraid=0AAAADk5dvqpCbhmoV-Kw5Xm9fSpg9lj8&gclid=Cj0KCQjw5ubABhDIARIsAHMighZ9rj2ajx1u36SRCrOYRrdOHu2DnpeOW_VbF6YD6i6SSJOFub7--agaAsXpEALw_wcB (дата звернення 03.04.2025)

38. Символьний LCD 1602. URL: https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=180&product_id=33&gad_source=1&gbraid=0AAAADk5dvrKy83cobTPDz8PZzfN24liX&gclid=Cj0KCQjww-HABhCGARIsALLO6Xxh9ZUL1e-TIWlCCXdPAgrV1v_TUxviVreXY0ePxee3IrcXc-HZ8OoaAlilEALw_wcB (дата звернення – 15.04.2025)

39. Активний п’єзодинамік (buzzer) 5В. URL: https://uamper.com/index.php?route=product/product&path=99&product_id=56&gad_source=1&gbraid=0AAAADk5dvrKy83cobTPDz8PZzfN24liX&gclid=Cj0KCQjww-HABhCGARIsALLO6Xx_xwku3-Ut9XfvH3-7qsBKcCYP42cVOmVieTkFtDkSws9onkJwfAcaAi2IEALw_wcB (дата звернення – 15.04.2025)

40. TSOP31236 фотоприймач. URL: http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=TSOP17&page=0 (дата звернення – 18.04.2025)

41. BC546 – біполярний NPN транзистор 65В 0.1 А. URL: https://www.mini-tech.com.ua/bipolyarnyiy-npn-tranzistor-bc546 (дата звернення – 20.04.2025)

42. Стабілізатор напруги LM7805 TO-220. URL: https://arduino.ua/ru/prod1844-stabilizator-napryajeniya-lm7805-to-220?srsltid=AfmBOopdrX5OELcVsL8DzQN_s5YiUuwpgWGFkHCQJ8ZUDnBdG7yp_u_- (дата звернення – 23.04.2025)

43. Реле RSY-5 1A 5VDC Rayex. URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/rele-rsy-5-1a-5vdc_25958.html (дата звернення – 26.04.2025)

44. MAX232ACPE. URL: http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=MAX232ACPE (дата звернення – 27.04.2025)

# Додатки

Додаток А
Презентаційні слайди

# Кваліфікаційна робота на тему:

# «Автоматизована система зрошення полів»

## Вступ та мета роботи

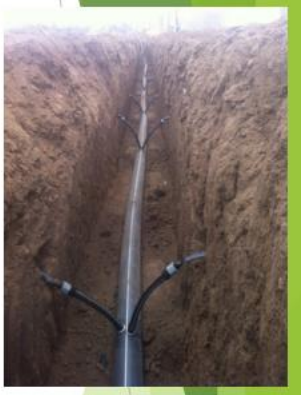
- В світі спостерігається щорічне зростання попиту на продукти харчування, в результаті чого виникає необхідність вдосконалення технологій та процесів виробництва сільськогосподарської продукції
- За веденням економічної діяльності Україну можна класифікувати як велику аграрну країну.
- У 2020 році Україна отримала рекордний показник щодо експорту агропродовольства, який становив 22,4 млрд. доларів США. Наступного, 2021 року, рекордний показник був побитий та становив 27,9 млрд. доларів США
- Зрошення або іригація - це процес підведення води до ґрунту, найчастіше на поля, в яких спостерігається нестача вологи, з подальшим збільшенням запасів вологи в ґрунті з метою збільшення родючості
- Метою роботи є розробка автоматизованої системи зрошення полів (АСЗП) із функціоналом автоматичного зчитування показників ґрунту

2

# Види зрошення

традиційне

дощування



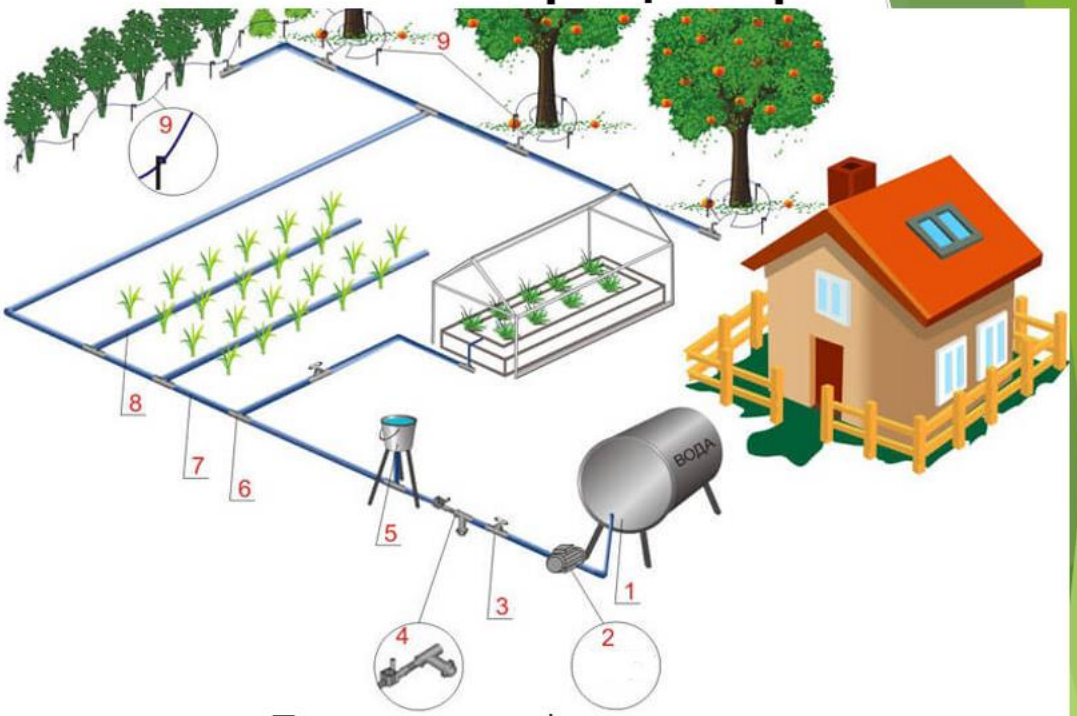
підґрунтове

аерозольне

лиманне

3

# Технологічний процес зрошення

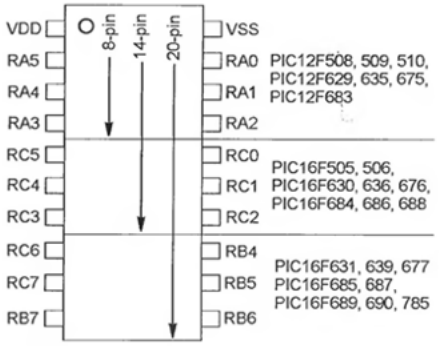



Принципова схема підґрунтового зрошення:
1 – ємність накопичення води; 2 – насос; 3 – запірна арматура; 4 – фільтр; 5 – вузол подачі добрив; 6 – трійник; 7 – основна магістраль; 8 – стрічка подачі води; 9 – подача води в сад

4

# Обладнання автоматизованої системи зрошення полів

Мікроконтролер PIC18F452-I/P




| Характеристика | Значення |
|---|---|
| Робоча частота | 40 МГц |
| Пам'ять програм | 32К байт |
| Пам'ять даних | 1536 байт |
| Джерела переривань | 18 |
| Таймери | 4 |
| Входи/виходи | Порти A, D, C, D, E |
| Послідовна передача даних | MSSP, USART |
| Програмоване виявлення низької напруги | Так |
| Пакети | 44-контактні TQFP<br>44-контактні PLCC<br>40-контактні DIP |
| Набір команд | 75 |
| Паралельний зв'язок | PSP |
| 10-бітний аналогово-цифровий модуль | 8 вхідних каналів |

5

# Обладнання автоматизованої системи зрошення полів

Датчик удару KY-031

Датчик кислотності ґрунту

Датчик вологості YL-69

Температурний водонепроникний датчик DS18B20

6

# Обладнання автоматизованої системи зрошення полів

GSM модуль SIM900

Символьний LCD 1602

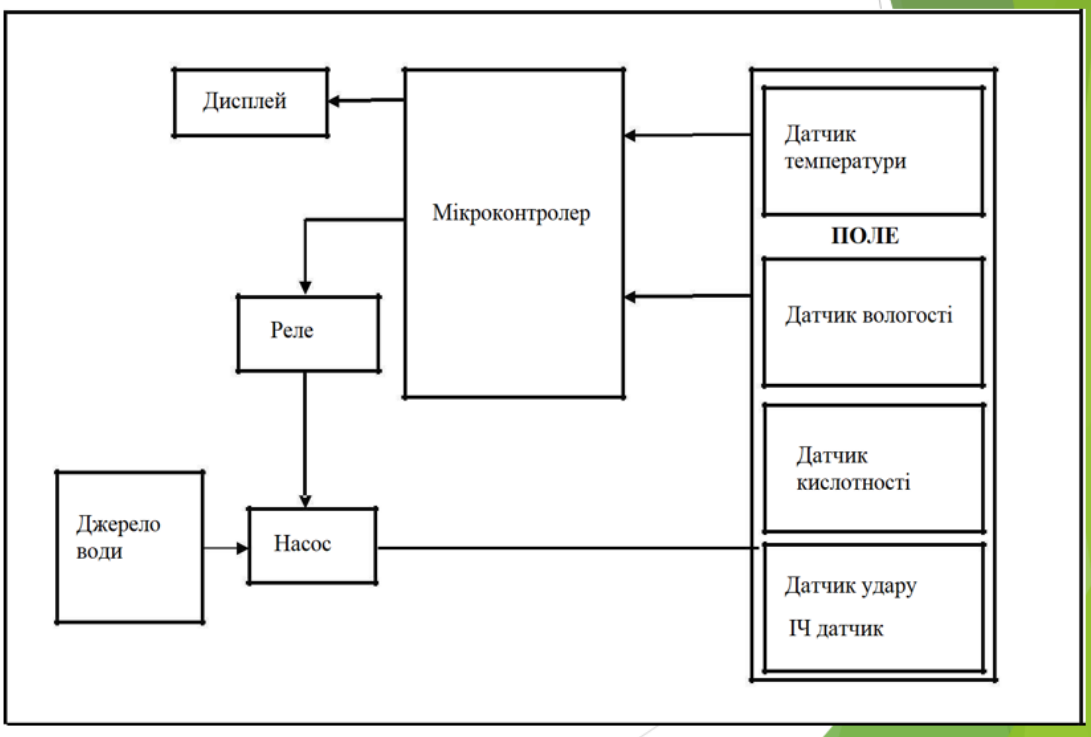
Зумер

Інфрачервоний датчик TSOP31236

Стабілізатор напруги LM7805

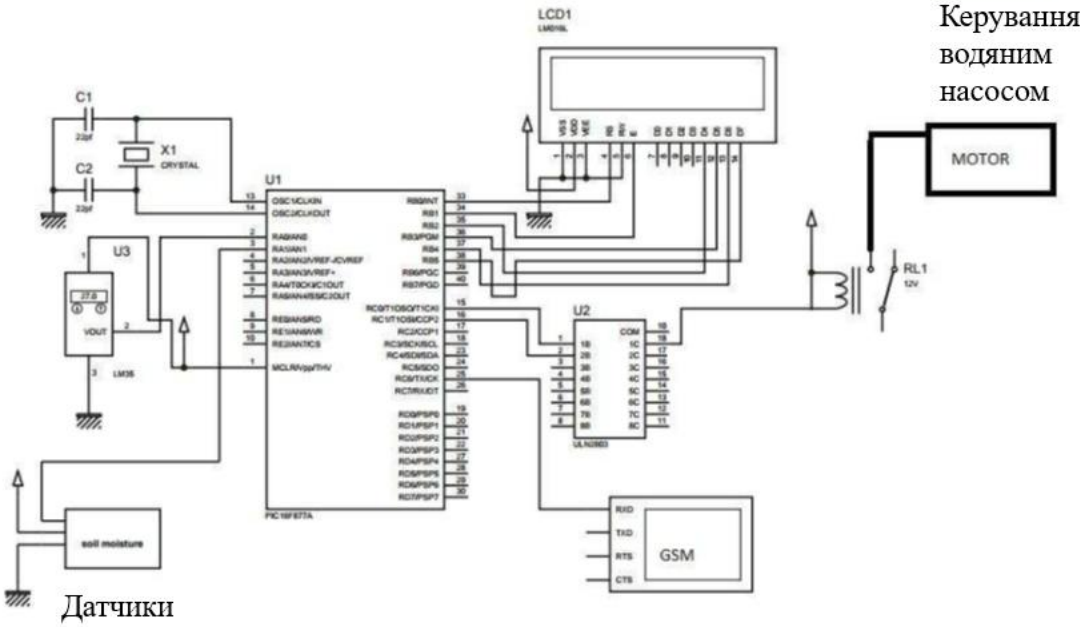
7

# Принципова схема автоматизованої системи зрошення полів




8

# Електрична схема автоматизованої системи зрошення полів




9

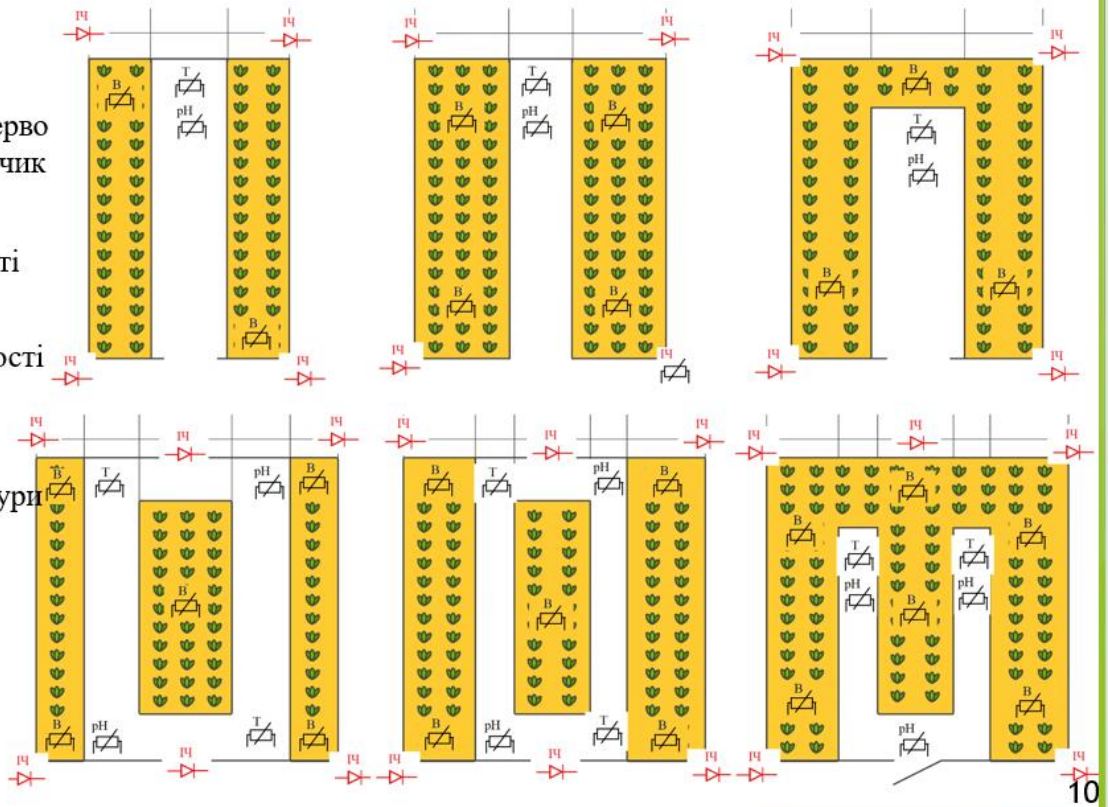
# Рекомендоване розташування датчиків

ІЧ – Інфрачервоний датчик

В – вологості

pH – Кислотності

Т – температури




10

# Рекомендації щодо розміщення датчиків

Датчики вологості

- заглиблення датчиків необхідно передбачати на рівні прикорневої зони рослин, які підлягають зрошенню. Завдяки цьому забезпечується належна якість ґрунту та його зволоження;
- датчик необхідно розташовувати в зоні, яка в першу чергу буде потребувати більшу кількість поливу;
- при необхідності зрошення дернової трави, заглиблення датчику повинно становити близько 8 см;
- необхідно забезпечити постійний та безперебійний контакт датчиків із ґрунтом;
- при заглибленні датчика навколо нього не повинно бути повітряних проміжків;
- ґрунт повинен бути щільно утрамбований

11

# Рекомендації щодо розміщення датчиків

Датчики кислотності

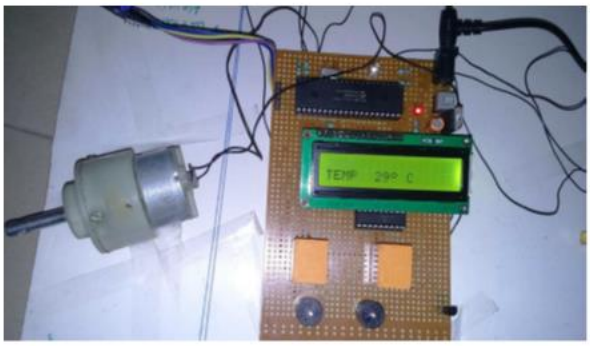
- Оскільки кислотність ґрунту буде змінюватись незначним чином в площині поля, то при розташуванні датчиків кислотності немає необхідності передбачати їх зонне розташування. Достатньо буде одного датчика кислотності ґрунту на кожні 10 соток поля

Датчики температури

- Спрацювання на пожежу передбачено при досягненні щонайменше 150-200℃.
- Тому датчики температури заглиблюються в землю на 2-3 см
- При виникненні пожежі в полі спрацювання датчика призводить до автоматичного запуску двигуна водяного насосу

12

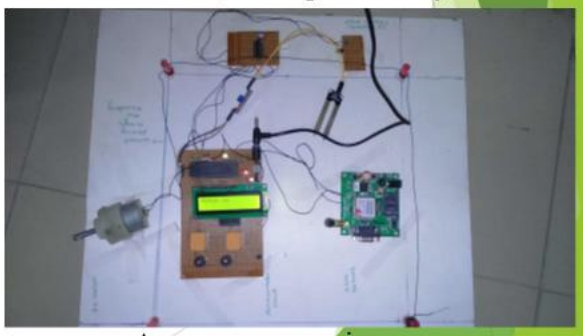
# Прототип автоматизованої системи зрошення полів




Відображення температури

Сповіщення про пожежу

Спрацювання датчику удару



Автоматичне ввімкнення та вимкнення насосу

13

# Висновки

В роботі було розроблено автоматизовану систему зрошення полів.

Система виконує реєстрацію вологості ґрунту, і при досягненні порогових значень, автоматично запускає водяний насос. При досягненні бажаної вологості насос вимикається.

При перетині порогових значень температури реєструється пожежа в полі, в результаті чого насос вмикається вже з метою гасіння пожежі

Перетин порогового значення кислотності ґрунту лише сповіщує оператора, про необхідність проведення заходів щодо покращення кислотності

Інфрачервоні датчики реєструють перетин площини поля тваринами та птахами, сповіщують оператора та видають сигнал, щоб злякати тварин або птахів

***Дякую за увагу!***

14

Додаток Б
Код для датчика вологи YL-69

```
int rainPin = A0;
int greenLED = 6;
int redLED = 7;

int thresholdValue = 800;
void setup()
{
pinMode(rainPin, INPUT);
pinMode(greenLED, OUTPUT);
pinMode(redLED, OUTPUT);
digitalWrite(greenLED, LOW);
digitalWrite(redLED, LOW);
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{

 int sensorValue = analogRead(rainPin);
Serial.print(sensorValue);
if(sensorValue < thresholdValue)
{
Serial.println(" - Doesn't need watering");
digitalWrite(redLED, LOW);
digitalWrite(greenLED, HIGH);
}
 else
{
Serial.println(" - Time to water your plant");
digitalWrite(redLED, HIGH);
digitalWrite(greenLED, LOW);
}

delay(500);
}
```

Додаток В
Код для температурного датчика DS18B20

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Data wire is conntec to the Arduino digital pin 4
#define ONE_WIRE_BUS 4

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature sensor
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void)
{
  // Start serial communication for debugging purposes
  Serial.begin(9600);
  // Start up the library
  sensors.begin();
}

void loop(void){
  // Call sensors.requestTemperatures() to issue a global temperature and Requests
to all devices on the bus
  sensors.requestTemperatures();

  Serial.print("Celsius temperature: ");
  // Why "byIndex"? You can have more than one IC on the same bus. 0 refers to
the first IC on the wire
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  Serial.print(" - Fahrenheit temperature: ");
  Serial.println(sensors.getTempFByIndex(0));
  delay(1000);
}
```

Додаток Г
Код для датчика pH

```
uint8_t newAddress = 0x09; /
#include <iarduino_I2C_pH.h>
iarduino_I2C_pH sensor;

void setup(){
Serial.begin(9600);
if( sensor.begin() ){
Serial.print("Знайден модуль 0x"); //
Serial.println(sensor.getAddress(), HEX);
if( sensor.changeAddress(newAddress) ){
Serial.print("Адреса змінена на 0x"); //
Serial.println(sensor.getAddress(),HEX);//
}else
Serial.println("Адреса не змінена!");
}
}else{
Serial.println("Модуль не знайден!");
}
}
void loop(){}

#include <iarduino_I2C_pH.h>
iarduino_I2C_pH sensor(0x09);

void setup(){ //
Serial.begin(9600);
sensor.begin();
} //
//
void loop(){ //
Serial.print("Кислотність = " ); //
Serial.print(sensor.getPH() ,1);
Serial.print(" pH.\r\n" ); //
```

```
delay(1000); //
}
```

Додаток Д
Код для датчика удару KY-031

```
int Led = 13
int Sensor = 10;
int val;
void setup ()
{
  pinMode (Led, OUTPUT) ;
  pinMode (Sensor, INPUT) ;
}
void loop ()
{
  val = digitalRead (Sensor) ;
  if (val == HIGH)
  {
    digitalWrite (Led, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite (Led, HIGH);
}
}
```

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Гуменюк Владислав Васильович

Тема: Автоматизована система зрошення полів

Спеціальність**:** 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 14 Кількість сторінок записки 73

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено автоматизовано систему зрошення полів

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі наведено статистичні дані щодо площі полів в Україні, що підкреслює актуальність роботи, яка призначена в автоматизації процесу зрошення полів. В роботі наведена проблематика та технологічний процес зрошення полів. В другому розділі проведено підбір обладнання, які є складовими автоматизованої системи зрошення полів. До цього обладнання входять мікроконтролер PIC18F452, GSM модуль, датчики вологості YL-69, датчики температури DS18B20 та датчик кислотності ґрунту. В третьому розділі наведено принципову електричну схему автоматизованої системи зрошення полів, наведено опис її роботи та основні правила по встановленню датчиків в площині поля, що зрошується. АСЗП може передбачатись як загальна система зрошення, так і зонна, коли різні зони зрошуються незалежно одна від одної. Також в розділі наведені рекомендовані схеми розташування датчиків при різних варіантах висадження сільськогосподарських культур. В результаті роботи було зібрано прототип АСЗП, який показано у розділі. Також було перевірено роботу прототипу АСЗП та його окремих частин, наприклад, датчиків.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: в системі не передбачено відправку координат оператору із зазначенням, яка саме частина поля потребує зрошування

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: в тексті використовується термін зрошення полів, хоча більш коректним буде використання терміну зрошування полів

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно ( A - 4,75 )

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Мартинюк Андрій Віталійович, доцент кафедри галузевого машинобудування та агроінженерії Хмельницького національного університету

"03" 06 2025 р. (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Гуменюк В.В.
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

29.05.25
дата

підпис

Fri May 30 08:04:52 EEST 2025, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 10%**

| | Document | | Sum coincidence on the DB | |
|---|---|---|---|---|
| ID: 242501<br>Title: БКР Автоматизована система зрошення полів<br>Added in a DB: 2025-05-30<br>Authors: Владислав ГУМЕНЮК<br>Heads: Денис МАКАРИШКІН<br>Consultants:<br>Opponents: | Symbols | Lexemes | Symbols | Lexemes |
| | 50847 | 777 | 2278 (4%) | 33 (4%) |

Plagiarism sources

| ID | Description | Plagiarism presence in the document | |
|---|---|---|---|
| | | Symbols | Lexemes |

**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:** Владислав ГУМЕНЮК

**Співавтор:**

**Назва:** БКР Гуменюк

**Науковий керівник:**

**Підрозділ:** Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

**Коефіцієнт подібності 1:**0.3%

**Коефіцієнт подібності 2:**0%

**Мікропробіли:** 0

**Заміна букв:** 1

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 1

**Дата створення звіту:** 2025-05-30 07:32:23.0

**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.**

Обгрунтування:

2025-05-30

*Дата* експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:
Назва: Автоматизована система зрошення полів
Автор: Гуменюк Владислав Васильович
Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Науковий керівник: Макаришкін Денис Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|---|---|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту. | **відповідає** |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. 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 й 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, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:
1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/ схожості, складає 0,34% і адресується до 33 джерел, що, з урахуванням наведених обгрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри — Валерій МАРТИНЮК
Гарант освітньої програми — Юрій ФОРКУН
Керівник кваліфікаційної роботи — Денис МАКАРИШКІН