ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка автоматизованої багатоканальної системи автополиву для фермерських господарств»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 123 Комп'ютерної інженерії
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

	Олександр КИЦКАЙ
(підпис)	*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача*

Виконав: здобувач вищої освіти гр. КІД-42
Олександр КИЦКАЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: Артем АНТОНЕНКО
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Рецензент:
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Комп'ютерна інженерія

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 - Комп'ютерна інженерія

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Комп'ютерної інженерії
_____ Наталія ЛАЩЕВСЬКА
_____
«_____» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кицкай Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка автоматизованої багатоканальної системи автополиву для фермерських господарств
керівник кваліфікаційної роботи Артем АНТОНЕНКО к.т.н.,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025р. № 56
2. Строк подання кваліфікаційної роботи «3» червня 2024р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література;
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналіз технічного завдання. Огляд сучасних технологій автополиву
2. Проектування автоматизованої системи
3. Реалізація та тестування багатоканальної системи автополиву
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
6. Дата видачі завдання «24» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір даних	25.02-24.03 2025	Виконано
2	Обробка матеріалу	23.03-05.04.2025	Виконано
3	Розробка теоретичної частини	06.04-10.04.2025	Виконано
4	Розробка схеми	11.04-20.04.2025	Виконано
5	Висновки за результатами аналізу	21.04-06.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	07.05-08.05.2025	Виконано
7	Розробка презентації	09.05-11.05.2025	Виконано
8	Передзахист	27.05-29.05 2025	Виконано
9	Здача в деканат	02.06-05.06 2025	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Олександр КИЦКАЙ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Артем АНТОНЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаціної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 70 стор., 16 рис., 02 табл., 30 джерел.

Мета роботи – Розробка та реалізація прототипу автоматизованої багатоканальної системи автополиву, яка може бути впроваджена в умовах фермерського господарства.

Об'єкт дослідження – Процес автоматизованого зрошення сільськогосподарських культур.

Предмет дослідження – Багатоканальна система поливу на основі мікроконтролера та периферійних сенсорів

Короткий зміст роботи: Кваліфікаційна робота присвячена розробці автоматизованої багатоканальної системи автополиву, призначеної для використання у фермерських господарствах. У роботі проаналізовано сучасні проблеми зрошення в аграрному секторі, здійснено огляд існуючих технологій автоматичного поливу та обґрунтовано доцільність використання багатоканального підходу до керування поливом.

Результати дослідження підтверджують ефективність автоматизації процесу поливу, зменшення водоспоживання, а також зростання точності й стабільності зрошення. Розроблена система є гнучкою, масштабованою та придатною для подальшого впровадження у виробничу практику.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, БАГАТОКАНАЛЬНИЙ АВТОПОЛИВ, ARDUINO NANO, МІКРОКОНТРОЛЕР, РЕЛЕЙНИЙ МОДУЛЬ, LCD-ДИСПЛЕЙ, ЕНКОДЕР KY-040, ПРОГРАМОВАНИЙ ТАЙМЕР, ЗРОШЕННЯ, СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОПОЛИВУ……... 10
1.1 Актуальність та проблеми зрошення у сільському господарстві…….. 10
1.2 Огляд існуючих систем автоматичного поливу…….. 12
1.3 Переваги та недолікибагатоканальних систем автополиву……... 16
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ…… 19
2.1 Характеристики, вимоги та функції автополиву……. 19
2.2 Характеристика та вибір плати керування……... 22
2.3 Периферійні пристрої системи автополиву……. 26
2.4 Розробка алгоритму управління та логіки роботи системи автополиву…….. 31
2.5 Можливості масштабування та модернізації……... 35
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОПОЛИВУ…….. 38
3.1 Схема підключення та монтаж периферії системи автополиву……. 38
3.2 Програмне забезпечення для керування автополивом…… 40
3.3 Тестування системи та аналіз отриманих результатів в реальних умовах…….. 43
3.4 Рекомендації та особливості впровадження багатоканальної системи автополиву…….. 46
ВИСНОВКИ…… 50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……... 52
Додаток А. Код програми……... 55
Додаток Б. Презентація…….. 64

ВСТУП

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку країни, стабільність соціального середовища та розвиток сільських територій. В умовах сучасних викликів — змін клімату, зростання населення та обмеженості природних ресурсів — постає нагальна потреба у впровадженні новітніх технологій у всі етапи агровиробництва, зокрема в процес поливу. Ефективне зрошення напряму впливає на врожайність сільськогосподарських культур, зменшує ризики посухи та втрат продукції, а також сприяє сталому використанню водних ресурсів.

Зрошення є ключовим фактором у забезпеченні стабільного та високого врожаю в умовах сучасного сільського господарства. З огляду на кліматичні зміни, зниження рівня опадів у деяких регіонах, а також зростання вартості водних ресурсів, проблема ефективного поливу набуває дедалі більшої актуальності. Традиційні методи поливу, що базуються на ручному контролі або періодичному зрошенні, часто виявляються неефективними, оскільки не дозволяють точно контролювати витрати води та забезпечити рівномірне зволоження рослин.

У цьому контексті автоматизовані системи поливу стають потужним інструментом для оптимізації водоспоживання, зменшення витрат ручної праці та покращення якості вирощеної продукції.

Особливий інтерес становлять багатоканальні системи, які дають змогу незалежно керувати кількома зонами поливу. Це особливо важливо у фермерських господарствах, де на одній ділянці можуть бути висаджені різні культури з різними потребами у зволоженні.

Завдяки використанню мікроконтролерів, електронних компонентів та доступних засобів автоматизації, навіть невеликі фермерські господарства отримали можливість реалізувати повноцінні системи контролю подачі води без потреби у складних промислових рішеннях. Такі системи можуть функціонувати автономно, бути налаштованими під конкретні вимоги користувача, а також легко адаптуватись до змін умов чи потреб.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої багатоканальної системи автополиву для фермерських господарств, яка дозволяє ефективно та автономно контролювати подачу води до кількох поливних зон з використанням мінімального набору апаратних засобів. Реалізація системи базується на використанні мікроконтролера Arduino Nano, дисплея LCD1602 з інтерфейсом I2C, поворотного енкодера KY-040, релейного модуля та чотирьох водяних помп.

У ході роботи буде проаналізовано сучасні технології автополиву, спроєктовано електронну частину системи, розроблено програмне забезпечення, а також проведено тестування у реальних умовах. Особлива увага приділятиметься простоті керування, гнучкості налаштування параметрів поливу та можливості масштабування системи в майбутньому.

Таким чином, дана розробка може стати ефективним рішенням для малого фермерського господарства, де важливо забезпечити контрольовану подачу води з мінімальними витратами і високою точністю.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОПОЛИВУ

1.1 Актуальність та проблеми зрошення у сільському господарстві

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору питання забезпечення ефективного зрошення є одним із найважливіших для стабільного виробництва сільськогосподарської продукції. Через глобальні зміни клімату, нерівномірність розподілу опадів, підвищення температурних режимів та часті посухи фермери все частіше стикаються з проблемою нестачі вологи у ґрунті. Це безпосередньо впливає на ріст і розвиток культур, а отже — на обсяги та якість врожаю, які можуть знижуватись навіть на 30–40% у несприятливі роки без належного поливу.

Зрошення, тобто штучне зволоження ґрунту, стало необхідною умовою ведення сільського господарства у багатьох регіонах України. Особливо це стосується південних, центральних та східних областей, де рівень природних опадів є критично низьким для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Наприклад, у Херсонській, Одеській та Запорізькій областях середньорічна кількість опадів часто не перевищує 350–450 мм, що є недостатнім для вирощування овочів, технічних культур та зернових без додаткового зволоження. У зв’язку з цим зрошення вже давно перестало бути допоміжним заходом — воно стало стратегічно важливою технологією для забезпечення продовольчої безпеки країни.

Однак традиційні методи поливу, які досі часто використовуються на малих та середніх фермерських господарствах, мають низьку ефективність. Зокрема, надмірне споживання води при ручному або малоефективному поливі спричиняє значні втрати ресурсу. Часто вода подається нерівномірно, надто рясно або не в ті години, коли її засвоєння ґрунтом найкраще. В умовах обмеженого доступу до водних джерел це створює загрозу виснаження природних ресурсів, зниження рівня підземних вод, деградації ґрунтів і вимагає раціонального підходу до

водокористування. Крім того, ручні системи зрошення залежать від людського фактора, що ускладнює контроль за своєчасністю та обсягами поливу.

Ще однією суттєвою проблемою є нестача кваліфікованої робочої сили, особливо у малих і середніх фермерських господарствах. Зважаючи на демографічні процеси в сільських районах України, багато господарств мають обмежені ресурси для щоденної фізичної роботи. Процеси поливу є трудомісткими та затратними в часі, особливо на великих площах з кількома культурами, які мають різні потреби у воді. Це знижує продуктивність праці та потребує значних людських і часових ресурсів на щоденне обслуговування, які можна було б спрямувати на інші агротехнічні процеси.

У зв’язку з цим зростає потреба у впровадженні автоматизованих систем поливу, які здатні адаптуватися до конкретних умов ділянки, керуватись на основі реальних даних про стан ґрунту, погодні умови та потреби рослин. Такі системи дозволяють не лише підвищити врожайність, але й значно знизити експлуатаційні витрати, заощадити воду, електроенергію та людські ресурси. Сучасні технології зрошення все частіше базуються на використанні мікроконтролерів, датчиків вологості, таймерів, а також можливості віддаленого керування системами поливу через інтернет або локальну бездротову мережу.

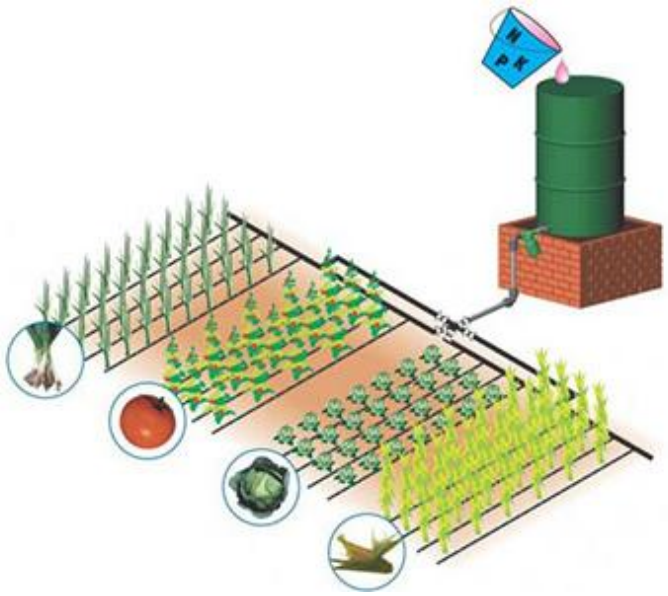


Рисунок 1.1 – Приклад системи автополиву фермерського господарства

Не менш важливою перевагою автоматизованих рішень є їхня масштабованість — можливість починати з невеликої демонстраційної системи й поступово розширювати її до повноцінного багатоканального комплексу з можливістю керування десятками зон поливу. Це дозволяє аграріям впроваджувати сучасні технології без значних первинних витрат і водночас отримувати практичний ефект уже на першому етапі експлуатації.

Отже, актуальність теми розробки сучасної багатоканальної системи автополиву є беззаперечною. Вона відповідає потребам фермерських господарств у підвищенні ефективності сільськогосподарського виробництва, впровадженні сталих технологій, розумному управлінні ресурсами та адаптації до кліматичних змін. Враховуючи значущість проблеми, розробка доступних, модульних і надійних рішень у цій галузі має не лише практичну, а й соціально-економічну цінність, особливо для країн, де агросектор відіграє ключову роль в економіці, як це є в Україні.

1.2 Огляд існуючих систем автоматичного поливу

Автоматичний полив у сучасному сільському господарстві — це не просто зручність, а стратегічно необхідна технологія. Сучасні аграрні підприємства та приватні фермери дедалі частіше звертаються до впровадження систем автополиву як засобу підвищення врожайності, скорочення витрат на обслуговування посівів і забезпечення раціонального використання води. В умовах кліматичних змін, зростаючої вартості ресурсів та зменшення трудових резервів, автоматизовані рішення стають ключовими для ефективного агровиробництва.

Системи автополиву можна умовно класифікувати за рівнем складності, функціональністю, способом керування та доступністю. Розглянемо основні типи, які мають практичне значення в сільському господарстві.

Найпростіші системи з ручним керуванням. Це традиційні системи трубопроводів, шлангів, кранів і клапанів, які вмикаються вручну. Вони не

потребують електроніки або програмування, проте вимагають постійної участі людини. Такі рішення є дешевими, але обмеженими у можливостях. Вони не дозволяють точно дозувати кількість води, легко допускають перевитрати, а людський фактор часто призводить до недотримання графіка поливу.

Системи з таймерним керуванням. Такі системи використовують програмовані таймери для автоматичного вмикання та вимикання подачі води в заданий час. Вони популярні через простоту встановлення, невисоку вартість і стабільну роботу. У більш просунутих моделях можна налаштовувати інтервали, тривалість поливу та дні тижня. Деякі таймери мають дисплей і зручне меню налаштування. Системи цього класу ефективні на невеликих ділянках, проте не мають можливості індивідуального керування декількома зонами одночасно, що є важливим для змішаних культур.

Багатоканальні системи з програмованим розподілом води. Це комплексні рішення, які дозволяють окремо керувати кількома зонами поливу. Кожен канал має свій графік, тривалість подачі води, а в деяких випадках — навіть окремий таймер. Такі системи дозволяють ефективно розподіляти ресурси, адаптуватись до потреб різних рослин, економити воду. Найчастіше вони будуються на основі мікроконтролерів, з релейними модулями для керування клапанами або помпами. Цей підхід забезпечує баланс між функціональністю та доступністю, а також високу гнучкість.

Системи з датчиками вологості та погодними модулями. Це сучасні «розумні» рішення, які забезпечують максимально адаптивний підхід до поливу. Вони використовують дані з датчиків ґрунтової вологості, температури, дощу або підключаються до онлайн-сервісів прогнозу погоди. Полив відбувається не лише за графіком, а й на основі реального стану рослинного середовища. Основним недоліком таких систем є їх висока вартість, складність монтажу та потреба у стабільному інтернет-з’єднанні. Не кожне фермерське господарство готове інвестувати кошти й ресурси у такі технології, особливо у сільській місцевості.

Комерційні системи поливу. На сьогодні ринок представлений великою кількістю рішень відомих брендів. Наприклад, Gardena Smart System — це

комплекс із Wi-Fi контролером, датчиками, клапанами та мобільним додатком. Hunter Pro-C — модульна система для великих ділянок з гнучкою конфігурацією.

Проте ці рішення:

- Мають високу вартість (від 5–10 тис. грн і більше);
- Залежать від постійного доступу до інтернету;
- Часто потребують професійного монтажу та налаштування;
- Важко адаптуються до нестандартних ділянок без докупівлі додаткових компонентів.

Самостійно зібрані системи на Arduino або Raspberry Pi. Це проекти, які користуються популярністю серед ентузіастів та малих фермерів. Вони дозволяють створити унікальну систему під конкретні умови та потреби. Можливе підключення помп, реле, сенсорів, дисплеїв, годинника реального часу, Wi-Fi-модуля тощо.

Такі системи:

- Дешевші (вартість до 1000 грн);
- Гнучкі у налаштуванні;
- Можуть працювати автономно;
- Легко модернізуються.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки систем автополиву

Система	Переваги	Недоліки
Gardena Smart System	Автоматичний аналіз вологості, мобільний додаток	Висока вартість, залежність від Інтернету
Hunter Pro-C	Гнучке керування таймерами, стабільність	Потребує професійного монтажу
Arduino-проекти	Низька вартість, повна гнучкість	Потребують початкових знань в електроніці

Таблиця 1.2 – Порівняння систем автополиву

Критерій	Комерційна система (Gardena, Hunter)	Бюджетна таймерна система	Розроблена система на Arduino Nano
Вартість	Висока (3000–10000 грн і вище)	Низька (до 1000 грн)	Низька (600–1000 грн)
Кількість зон поливу	2–6 стандартно (розширюється)	1–2	4 (розширюється до 8+)
Керування	Мобільний застосунок, Wi-Fi/Bluetooth	Механічне або через таймер	Ручне керування енкодером, дисплей
Налаштування параметрів	Гнучке, дистанційне	Мінімальне, вручну	Гнучке, локально через меню
Можливість розширення	Частково, з додатковими модулями	Відсутня	Висока (датчики, Wi-Fi, RTC)
Енергоспоживання	Високе	Низьке	Середнє
Автономна робота	Так (зі спеціальними контролерами)	Частково	Так, із внутрішнім таймером
Залежність від Інтернету	Висока	Немає	Немає
Простота в обслуговуванні	Потрібна спеціалізована допомога	Проста	Проста, доступна користувачу

У контексті кваліфікаційної роботи було обрано концепцію самостійно зібраної багатоканальної системи автополиву на базі Arduino Nano. Такий підхід дозволив досягти максимальної гнучкості в керуванні, знизити витрати,

реалізувати інтуїтивно зрозуміле локальне керування через енкодер і дисплей. Відмова від складних сенсорів вологості не вплинула на ефективність: вручну налаштована тривалість поливу для кожного каналу цілком відповідає практичним вимогам малого господарства.

Таким чином, розроблена система займає проміжну позицію між простими таймерними пристроями та комерційними «розумними» рішеннями, поєднуючи доступність, автономність і можливість модернізації. Вона може бути використана як основа для створення адаптивної поливної системи в будь-якому регіоні України незалежно від масштабу чи специфіки фермерського виробництва.

1.3 Переваги та недоліки багатоканальних систем автополиву

Зі зростанням потреб у підвищенні ефективності сільськогосподарського виробництва особливу увагу почали приділяти оптимізації процесів зрошення.

Головною перевагою багатоканального підходу є можливість незалежного керування кожною зоною поливу. Це означає, що кожна частина господарства може отримувати воду відповідно до індивідуальних потреб рослин, типу ґрунту, рельєфу та інших агротехнічних чинників. Наприклад, одна зона може потребувати поливу вранці та ввечері з короткою тривалістю, інша — лише один раз на добу, але з довшою подачею води.

Крім того, багатоканальні системи зменшують навантаження на водопровідну мережу. У звичайному варіанті вся система може вимагати великої кількості води одночасно, що призводить до втрат тиску, нерівномірного розподілу води або навіть зупинки роботи через перевантаження. Якщо ж полив відбувається поетапно через окремі канали, навантаження розподіляється рівномірно, що дозволяє використовувати менш потужне, а отже — дешевше обладнання. Це особливо важливо для невеликих фермерських господарств, де критично важливий баланс між ефективністю та вартістю.

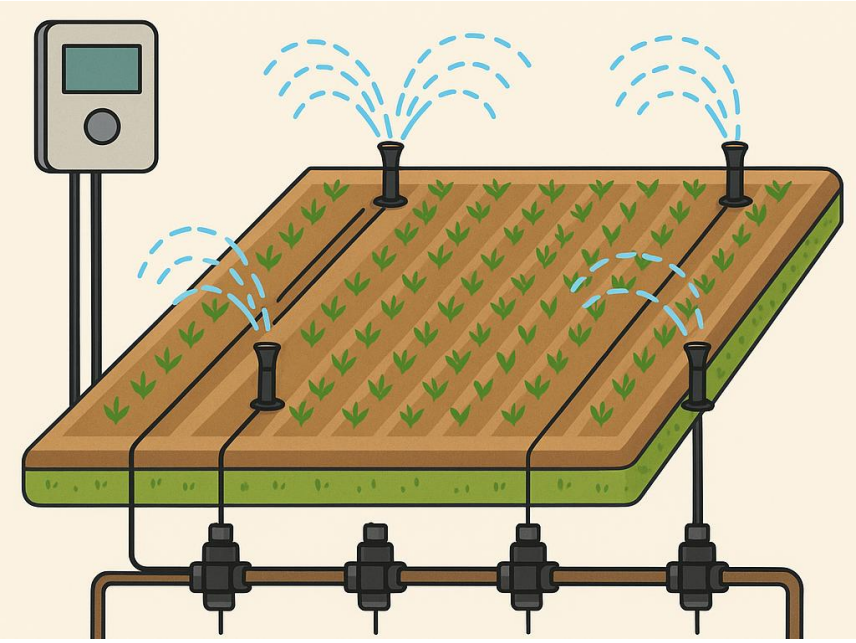


Рисунок 1.2 – Приклад багатоканального автополиву

Технічна реалізація багатоканальних систем також відкриває широкі можливості для автоматизації. Сучасні контролери дозволяють не лише керувати клапанами кожного каналу, а й налаштовувати складні графіки роботи. Це може бути базовий таймер, як у реалізації, що розробляється в межах цієї кваліфікаційної роботи, або мікроконтролер з розширеним функціоналом. В обох випадках зручність користування залишається високою, оскільки всі дії виконуються наперед заданими алгоритмами без участі людини.

У довгостроковій перспективі багатоканальні системи мають ще одну важливу перевагу — можливість масштабування. Зі зростанням обсягів господарства або додаванням нових ділянок не потрібно повністю перебудовувати існуючу систему. Достатньо додати кілька нових клапанів, які підключаються до вільних каналів або розширюють контролер через модулі. Такий підхід дозволяє ефективно планувати розвиток без значних фінансових і часових затрат.

З економічного боку, багатоканальна система дозволяє значно зменшити витрати на воду, адже виключає надмірне або нераціональне зрошення. Це особливо важливо в регіонах, де вода подається за лічильниками або існують обмеження на її використання.



Рисунок 1.3 – Приклад багатоканального автополиву теплиці

Загалом, багатоканальні системи забезпечують точність, гнучкість і надійність. Вони дозволяють адаптувати процес поливу під конкретні умови господарства, знижують ризики втрати врожаю через помилки в зрошенні та забезпечують стабільне функціонування навіть у мінливих погодних умовах. Саме завдяки цим перевагам вони знаходять все ширше застосування у малих і середніх агропідприємствах.

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Характеристики, вимоги та функції автополиву

Під час розробки автоматизованої системи автополиву особливу увагу необхідно приділяти визначенню її основних функцій, технічних характеристик та експлуатаційних вимог. Саме ці параметри формують основу всієї архітектури рішення, визначають вибір компонентів, принципи програмування та особливості впровадження системи в реальних умовах. Для досягнення практичного результату важливо орієнтуватись не лише на технічну складність, а й на доцільність, простоту обслуговування та можливість масштабування.

Автономність, надійність, енергоефективність і простота в керуванні — це базові характеристики, які повинна мати будь-яка система автополиву, особливо якщо вона призначена для застосування у фермерських господарствах, розташованих у сільській місцевості, де не завжди є стабільне електропостачання або доступ до інтернету.

Однією з ключових вимог до такої системи є автоматична робота без постійного втручання з боку користувача. Це досягається завдяки використанню внутрішнього таймера, який задає інтервали запуску та зупинки поливу. У системі передбачається циклічне включення каналів за розкладом, встановленим користувачем. Такий підхід гарантує регулярність зрошення навіть у випадках, коли власник не має можливості особисто контролювати процес. Це особливо важливо для невеликих господарств, де ресурси обмежені, а праця часто виконується однією людиною або членами сім’ї.

Ще однією фундаментальною функцією є розділення системи на декілька каналів, кожен з яких відповідає за полив окремої ділянки. Наприклад, на одному полі можуть одночасно вирощуватися овочі, пряні культури та розсада. Кожна з цих культур має різні потреби у волозі, тому полив повинен бути індивідуальним. Саме завдяки багатоканальності можливо встановити різні графіки для кожної

зони, оптимізуючи витрати води та уникнувши ризику перенасичення або пересушування певних ділянок. Це також дозволяє зменшити загальне споживання води до 30% у порівнянні з ручним зрошенням.

Система повинна мати гнучкість у налаштуваннях: користувач має мати змогу змінювати тривалість подачі води, частоту поливу, час доби, а в майбутньому — й дні тижня або погодні умови. Для цього у нашому проєкті реалізується ручне програмування через енкодер та дисплей. Це робить систему незалежною від інтернет-з’єднання, але дає змогу повністю налаштовувати параметри згідно з конкретними умовами.

Важливо також передбачити простоту обслуговування та зручність користування. Система має бути інтуїтивно зрозумілою, без складного меню, з мінімальною кількістю кнопок. Це особливо актуально для українських фермерів, які не завжди мають глибокі технічні знання або досвід роботи з електронікою. У системі повинно бути реалізовано просте й логічне меню керування, яке дозволяє швидко перейти до зміни параметрів або ручного запуску будь-якого з каналів.

З точки зору технічної реалізації, всі електронні компоненти повинні мати достатній ступінь захисту від зовнішніх факторів. У польових умовах обладнання часто зазнає впливу вологи, пилу, різких перепадів температур, сонячного випромінювання. Тому корпус для електроніки повинен бути водонепроникним або встановлюватися в захищене місце, а всі дротові з’єднання — герметизовані. Крім того, важливо передбачити захист від короткого замикання, індуктивних перешкод (особливо при роботі реле та помп) і перегріву.

Необхідною функцією системи є можливість ручного режиму поливу. Це дозволяє, при потребі, активувати полив в обхід таймера — наприклад, одразу після посадки рослин, при внесенні рідких добрив або за раптових погодних змін. Така функція суттєво підвищує гнучкість у використанні та забезпечує додатковий контроль у нестандартних ситуаціях.

Також важливо передбачити можливість енергетичної автономності. У разі потреби система може бути дообладнана джерелами безперебійного живлення, наприклад, зовнішніми акумуляторами або сонячними батареями. Це критично для

сільських місцевостей, де електропостачання є нестабільним, або для мобільних варіантів автополиву, що встановлюються на тимчасових ділянках.

У довгостроковій перспективі до вимог можна додати масштабованість: система повинна підтримувати можливість розширення — додавання нових зон, підключення сенсорів (температури, вологості, дощу) або інтеграцію з більш складними контролерами. Архітектура, побудована на відкритому мікроконтролері Arduino, дозволяє реалізувати такі зміни без повної перебудови системи.

Основні вимоги до системи автополиву:

- Автономна робота з внутрішнім таймером;
- Багатоканальна структура з незалежним керуванням;
- Гнучке локальне програмування кожного каналу;
- Захищеність до зовнішніх впливів (пил, волога, температура);
- Енергоефективність та можливість автономного живлення;
- Простота інсталяції та керування для фермера;
- Наявність ручного режиму керування;
- Можливість модернізації та розширення функцій.

У підсумку, система автополиву повинна відповідати цілому комплексу експлуатаційних і технічних вимог, які зумовлені реаліями українського сільського господарства. Вона повинна бути водночас простою в користуванні, доступною за вартістю, надійною та ефективною. Саме на основі цих принципів була побудована структура та логіка роботи системи, яка реалізується у межах цієї кваліфікаційної роботи.

2.2 Характеристика та вибір плати керування

Центральною ланкою будь-якої автоматизованої системи є плата керування, яка виступає головним мозком пристрою. Саме вона обробляє вхідні сигнали від користувача, реалізує логіку керування згідно з прошитим алгоритмом, активує виконавчі пристрої та синхронізує роботу всіх компонентів. У контексті автоматизованої багатоканальної системи автополиву, плата керування відповідає за керування реле, контроль часу поливу, зчитування даних із енкодера, оновлення інформації на дисплеї та, в перспективі, прийом/передачу даних від додаткових сенсорів.

Для реалізації даної системи було обрано Arduino Nano — компактну, енергоефективну, зручну для макетування та програмування мікроконтролерну платформу, побудовану на базі чипа ATmega328P. Вибір саме цієї плати обумовлений низкою технічних та експлуатаційних переваг, серед яких: низька вартість, доступність на ринку України, підтримка великої кількості бібліотек, активна спільнота та сумісність з більшістю популярних модулів і сенсорів.

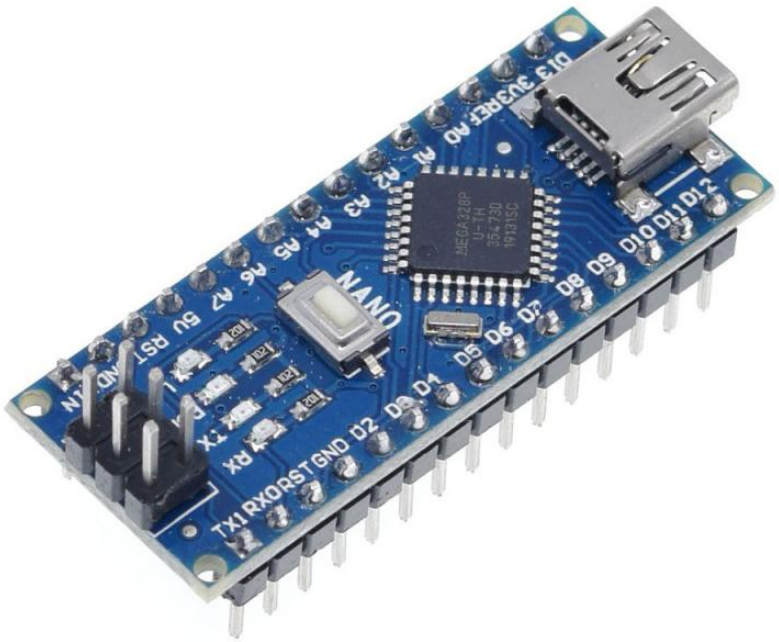


Рисунок 2.1 – Мікроконтролер Arduino Nano

Основні характеристики Arduino Nano:

- Мікроконтролер: ATmega328P;
- Тактова частота: 16 МГц;
- Флеш-пам'ять: 32 КБ (з них 2 КБ використовується під завантажувач);
- Оперативна пам’ять SRAM: 2 КБ;
- EEPROM: 1 КБ (для зберігання даних між перезавантаженнями);
- Кількість цифрових входів/виходів: 14 (із них 6 підтримують PWM);
- Кількість аналогових входів: 8 (A0–A7);
- Інтерфейси: UART (Rx/Tx), SPI, I2C, USB.

Завдяки такому функціоналу Arduino Nano здатна працювати з багатьма периферійними пристроями одночасно без втрати продуктивності. Незважаючи на компактність, її ресурсу достатньо для побудови системи з чотирма незалежними каналами поливу, таймерною логікою та локальним інтерфейсом користувача.

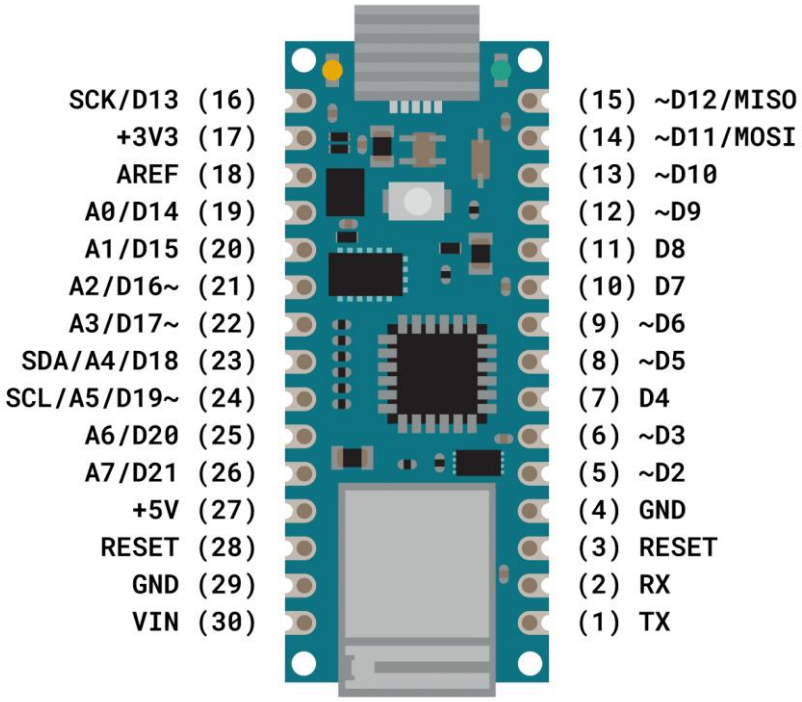


Рисунок 2.1 – Цифрові входи/виходи

Цифрові пінопорти D0–D13:

- D2, D3, D4, підключення енкодера KY-040 (сигнали CLK, DT, SW);
- D5, D6, D7, D8, керування релейним модулем для запуску помп;

– D9–D13, резерв для майбутніх доповнень (модулі зв’язку, датчики дощу, освітлення тощо).

Аналогові входи A0–A7:

– У поточній реалізації не використовуються, однак зарезервовані для підключення датчиків вологості ґрунту, термодатчиків або фоторезисторів для виявлення освітленості.

Спеціалізовані пінопристрої:

– A4 (SDA), A5 (SCL), використання інтерфейсу I2C для підключення дисплея LCD1602;

– D0 (Rx), D1 (Tx), послідовна передача даних, використовується для завантаження скетчу або налагодження.

Живлення:

– Vin, підключення зовнішнього джерела живлення 7–12В;

– 5V, стабілізоване живлення сенсорів або модулів (до 500 мА при живленні через USB);

– 3.3V, менш потужний вихід, іноді використовується для низьковольтних модулів;

– GND, спільна земля;

– RESET, перезавантаження мікроконтролера.

Однією з причин вибору саме Arduino Nano стало її енергоспоживання. Плата споживає дуже малу кількість струму, особливо в режимі очікування, що дозволяє використовувати її навіть з мобільними джерелами живлення (акумулятори, павербанки, сонячні батареї). Це критично важливо для сільськогосподарських об'єктів, які розташовані далеко від джерел електроенергії.

Зручність програмування — ще один фактор. Середовище Arduino IDE дозволяє швидко змінювати прошивку, додавати нові функції, використовуючи готові бібліотеки (наприклад, LiquidCrystal_I2C, Encoder, TimerOne). Підтримка C++ спрощує керування таймерами, дебаунсом кнопок, меню.

У рамках даної реалізації керування поливом здійснюється за допомогою програмного таймера, реалізованого засобами мови Arduino (через функцію

millis()). Цей підхід дозволяє уникнути використання блокуючих затримок (delay()) та забезпечує одночасне керування кількома процесами — наприклад, зчитуванням енкодера і запуском реле. Хоча використання апаратного годинника реального часу (RTC) могло б забезпечити ще більшу точність, у рамках демонстраційного прототипу програмний таймер є доцільним компромісом між простотою реалізації та достатньою точністю.

Альтернативами Arduino Nano можуть бути:

- Arduino Uno має ті самі характеристики, але більші габарити;
- ESP8266 або ESP32 мають Wi-Fi-модулі, але складніші в налаштуванні;
- STM32 більш потужні, але вимагають просунутого рівня знань.

Nano забезпечує оптимальний баланс між функціональністю, простотою, розміром і вартістю, саме тому її використання виправдане в умовах освітнього або малого фермерського проєкту.

У разі подальшого розвитку системи до Arduino Nano можна підключити:

- Модуль Bluetooth HC-05 для бездротового налаштування;
- Модуль DS3231 RTC, годинник реального часу для графіку поливу;
- Модуль MicroSD для зберігання логів;
- Датчики DHT11/22 для контролю вологості й температури;
- Wi-Fi-модуль (через серійну шину або перехід на ESP32).

Arduino Nano є ідеальним вибором для реалізації багатоканальної автоматизованої системи автополиву. Вона забезпечує достатню обчислювальну потужність, просту інтеграцію з широким спектром периферії, енергоефективність, підтримку різних способів живлення та зручне програмування. Простота використання робить її доступною навіть для початківців, а можливість модернізації дозволяє адаптувати систему до майбутніх потреб. У межах цього проєкту Nano повністю задовольняє всі вимоги до створення компактної, гнучкої та надійної системи керування поливом.

2.3 Периферійні пристрої системи автополиву

У побудові автоматизованих систем управління особливо важливе значення мають периферійні пристрої, адже саме вони забезпечують взаємодію мікроконтролера з реальним середовищем. У проєкті багатоканальної системи автополиву для фермерських господарств використано чотири ключові типи периферії: енкодер KY-040, дисплей LCD1602 з I2C-інтерфейсом, 4-канальний модуль реле 5В та чотири водяні помпи на 5В. Кожен з компонентів виконує чітко визначену функцію, а їх поєднання дозволяє реалізувати ефективну, зручну й автономну систему управління поливом.

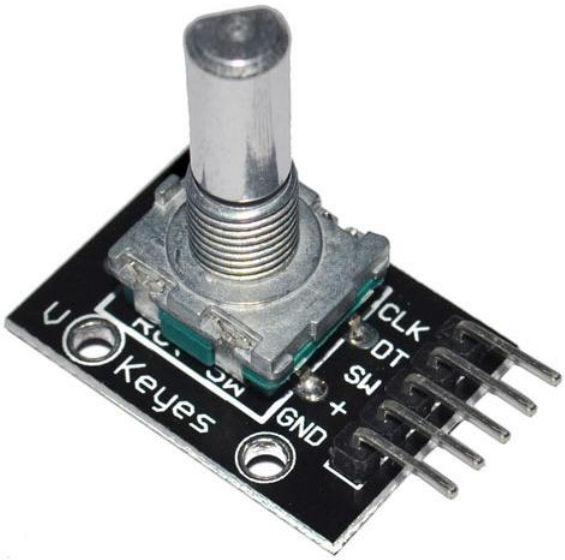


Рисунок 2.2 – Енкодер KY-040

Енкодер KY-040 — це обертовий імпульсний датчик, який дозволяє здійснювати введення цифрової інформації за допомогою обертання ручки та натискання кнопки. У системі автополиву він використовується для взаємодії з користувачем, зокрема для:

- Вибору активного каналу поливу (з чотирьох доступних);
- Налаштування тривалості поливу для кожного каналу;
- Встановлення інтервалу між циклами подачі води;
- Запуску чи паузи автоматичної програми.

Конструктивно енкодер складається з двох основних контактів (CLK і DT), які передають імпульси обертання, та кнопки (SW), яка замикається при натисканні. При обертанні енкодер генерує послідовність сигналів, що дозволяє визначити напрям обертання (за чи проти годинникової стрілки) і кількість "кроків". Це ідеально підходить для створення простого, але ефективного меню налаштування системи без використання складних елементів.

Зазвичай енкодер підключається до цифрових пінів Arduino Nano (наприклад, D2, D3, D4) і потребує додаткових резисторів підтягування або використання вбудованих pull-up резисторів для стабільної роботи. Також для обробки імпульсів варто реалізувати програмне "debounce" (придушення брязкоту контактів), що запобігає хибним спрацюванням через електричні шуми.

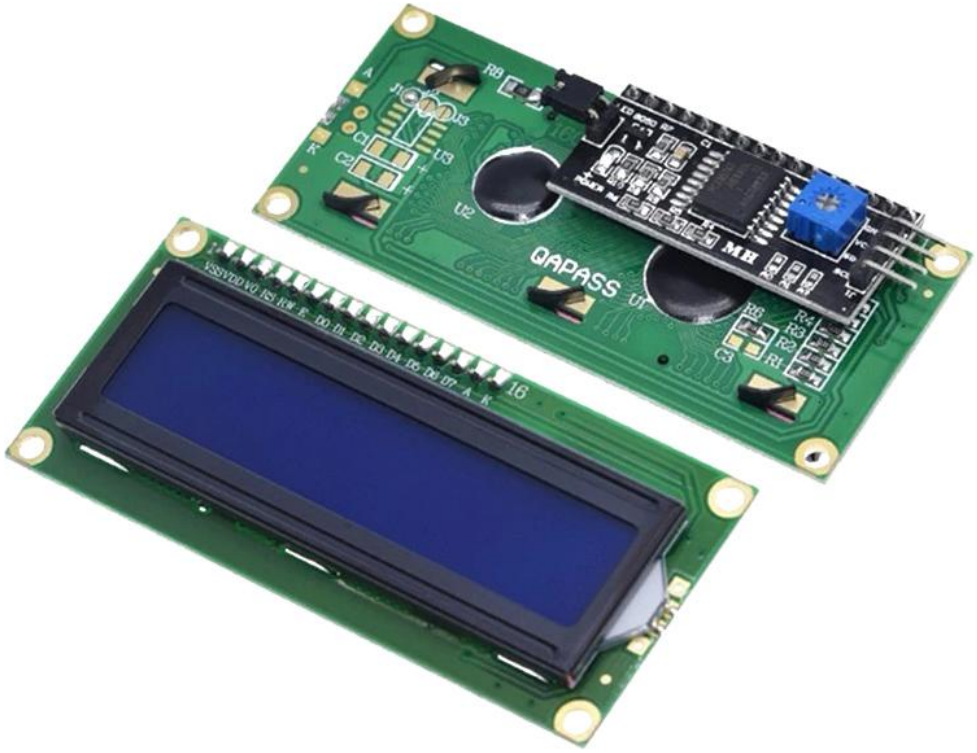


Рисунок 2.3 – Дисплей LCD1602 з інтерфейсом I2C

Для відображення інформації використовується LCD-дисплей формату 1602, який має два рядки по 16 символів. Для зменшення кількості проводів підключення та спрощення монтажу, до дисплея підключено модуль перетворення сигналів на інтерфейс I2C (на основі мікросхеми PCF8574).

Основні переваги використання цього дисплея:

- Мінімальне підключення, лише два сигнальні дроти (SDA і SCL);
- Зручність, яка має обмежену кількість цифрових пінів;
- Можливість одночасного підключення кількох пристроїв I2C;
- Низьке енергоспоживання.

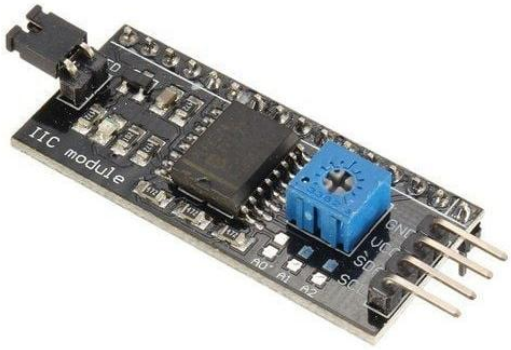


Рисунок 2.4 – Модуль I2C

Модуль реле виконує функцію живлення до виконавчих пристроїв — у нашому випадку, до чотирьох водяних помп. Кожне реле керується окремим цифровим піном Arduino і може вмикати або вимикати навантаження за допомогою електромагнітного контакту.

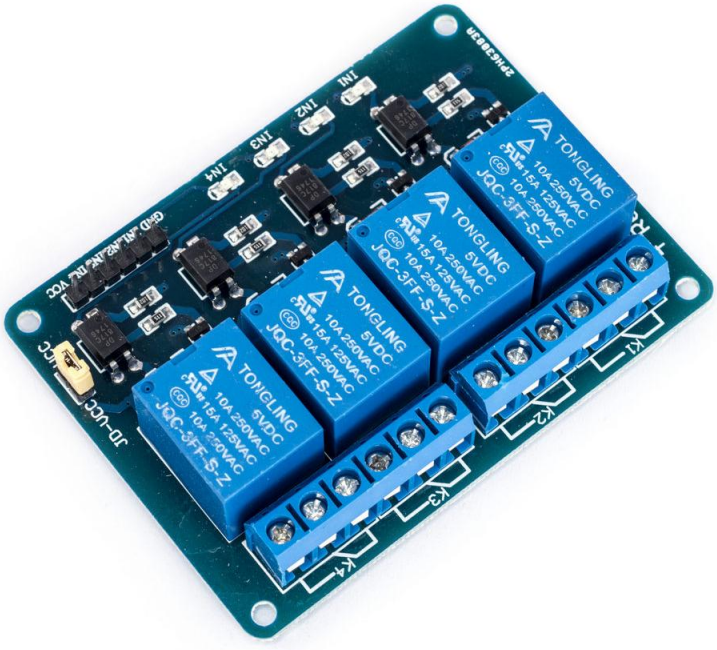


Рисунок 2.5 – Модуль реле на 4 канали, 5В

Модуль містить такі елементи:

– Реле з навантажувальною здатністю до 10А, що достатньо для помп на 5В;

– Оптопари, які забезпечують електричну розв’язку між логічною частиною (Arduino) та силовою (живленням помп);

– Індикаторні світлодіоди, які показують, яке з реле активне.

Підключення здійснюється за схемою, VCC та GND модуля реле підключаються до відповідних виходів живлення (5В), а інпутні пінки IN1–IN4 до цифрових пінів Arduino Nano (наприклад, D5–D8). Реле можна запрограмувати на включення відповідної помпи у визначений момент часу, наприклад, через певний інтервал або на задану кількість секунд.

Особливу увагу слід приділити організації живлення, оскільки реле можуть створювати навантаження на джерело струму. Рекомендується підключати модуль до окремого блоку живлення на 5В із достатнім струмом (не менше 2А), з розділенням живлення логіки і силової частини.



Рисунок 2.6 – Водяна помпа 5В

Виконавчими пристроями в системі є чотири невеликі водяні помпи постійного струму на 5В. Вони використовуються для подачі води до кожної з ділянок або поливальних зон. Таке рішення дозволяє обійтися без дорогих електромагнітних клапанів і мінімізувати витрати на розробку.

Основні характеристики помп:

– Працюють від 5В постійного струму, що дозволяє керувати ними через модуль реле без додаткових перетворювачів напруги;

– Споживання струму в середньому становить від 300 до 800 мА, залежно від конкретної моделі;

– Компактні розміри дозволяють інтегрувати їх у мініатюрну демонстраційну установку;

– Легка заміна або масштабування, за потреби можна додати додаткові канали з тими ж реле.

Кожна помпа підключена через реле, яке подає або знімає живлення в потрібний момент. У системі реалізовано таймерне управління, тобто полив триває рівно стільки, скільки задано користувачем через енкодер.

Використання саме таких периферійних пристроїв дає змогу реалізувати повністю автономну та керовану користувачем систему автополиву з чотирма незалежними каналами.

Всі компоненти є доступними на ринку, мають просту схему підключення та добре підтримуються в середовищі Arduino. Такий підхід дозволяє не лише створити якісну демонстраційну модель, а й масштабувати її до реального застосування в умовах фермерського господарства, доповнюючи систему новими функціями (наприклад, датчиками вологості, підключенням до Wi-Fi або мобільного додатка).

2.4 Розробка алгоритму управління та логіки роботи системи автополиву

Алгоритм роботи багатоканальної системи автополиву є одним із ключових компонентів розробки, оскільки саме він визначає послідовність дій мікроконтролера, логіку реагування на введення користувача, порядок активації виконавчих елементів і загальний режим функціонування системи. Правильно розроблений алгоритм забезпечує стабільність, гнучкість і автономність роботи системи без постійної участі користувача.

У межах проєкту реалізована система керується мікроконтролером Arduino Nano, який виконує основні обчислення та забезпечує контроль за всіма периферійними пристроями: дисплеєм, енкодером, реле та таймерною логікою. Алгоритм реалізується у вигляді нескінченного циклу з початковою фазою ініціалізації та можливістю взаємодії з користувачем у реальному часі. Уся логіка управління побудована на структурованому підході, який дозволяє розширювати систему без зміни основної архітектури.

Основні цілі алгоритму:

- Забезпечити повну автономність роботи системи після початкового налаштування;
- Надати користувачу можливість налаштувати параметри поливу для кожної зони окремо;
- Спростити логіку взаємодії для фермера без досвіду програмування;
- Оптимізувати витрати води завдяки точному дозуванню;
- Підготувати основу для подальшої модернізації (Wi-Fi, погодні модулі, датчики).

Алгоритм базується на циклічному вмиканні чотирьох каналів поливу, кожен з яких має індивідуальний таймер. Це дозволяє запускати полив певної зони на заданий час, після чого система автоматично переходить до наступної зони. Така послідовність забезпечує рівномірне навантаження на електроживлення і стабільну роботу навіть при одночасному підключенні декількох помп.

Загальна структура алгоритму включає такі етапи:

– *Подача живлення*. При включенні пристрою система проходить етап автоматичної ініціалізації, на якому відбувається перевірка підключення модулів: дисплея LCD1602 (через I2C), енкодера KY-040, модуля реле, а також загального стану живлення;

– *Інтерфейс користувача*. Після старту система переходить у режим очікування взаємодії. На дисплеї виводиться головне меню, де користувач за допомогою поворотного енкодера обирає одну з зон поливу та встановлює її тривалість. У разі натискання кнопки відбувається перехід до наступного каналу;

– *Збереження параметрів*. Усі введені значення (тривалість поливу в секундах для кожного каналу) зберігаються в оперативній пам’яті пристрою. У перспективі вони можуть бути записані в EEPROM для збереження між перезапусками;

– *Режим очікування.* Після завершення налаштувань система переходить у режим відліку часу до запуску поливу. У цьому режимі контролюється внутрішній таймер, реалізований за допомогою функції millis() на платформі Arduino. Це дозволяє одночасно підтримувати реакцію на взаємодію з користувачем, не блокуючи основну програму;

– *Запуск поливу.* У визначений час активується відповідний пін реле, подається живлення на одну з помп. На дисплеї відображається повідомлення про активний канал поливу та зворотний відлік часу. Після завершення часу реле вимикається, система переходить до наступного каналу;

– *Повторення циклу.* Після завершення поливу для всіх зон система автоматично повертається в початковий стан і чекає на наступний цикл, повторюючи увесь процес без необхідності ручного втручання.

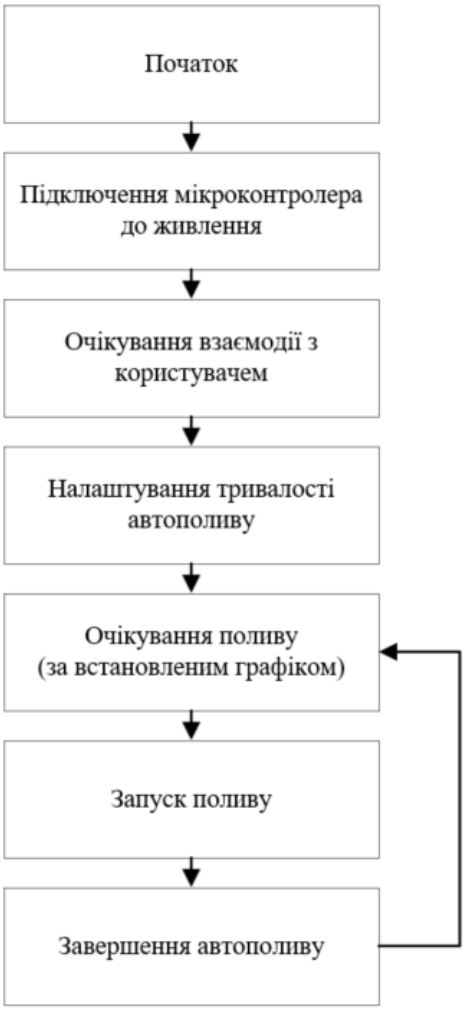


Рисунок 2.7 – Алгоритм роботи автополиву

Деталізований опис блоків логіки:

– *Ініціалізація обладнання.* Запускається функція setup(), де ініціалізуються пінопорти, встановлюється режим пінів (INPUT/OUTPUT), ініціалізується дисплей, обнуляються змінні таймерів;

– *Зчитування введення з енкодера.* Реалізується обробка обертання енкодера для зміни параметрів поливу, а також натискання кнопки для збереження змін;

– *Програмне планування часу.* Функція millis() контролює різницю між поточним та початковим значенням таймера, забезпечуючи точне визначення моменту активації реле;

– *Перехід між каналами.* Після завершення поливу одного каналу, система автоматично переходить до наступного, не потребуючи дій від користувача.

Переваги такого підходу:

- Масштабованість, до алгоритму легко додаються нові канали, наприклад, для 6 або 8 зон поливу, що дозволяє збільшити функціональність системи без повної переробки логіки;
- Гнучкість у налаштуваннях, користувач у будь-який момент може змінити тривалість поливу без необхідності перепрошивки пристрою;
- Простота, алгоритм легко читається, модифікується, адаптується під інші задачі (додавання датчиків, умовна логіка запуску);
- Енергоефективність, мікроконтролер перебуває в активному режимі лише під час налаштувань або поливу; решту часу може бути переведений у "сплячий" режим.

Перспективи вдосконалення:

- Додавання RTC-модуля (годинника реального часу) для точного визначення часу доби;
- Збереження налаштувань у EEPROM;
- Реалізація ручного запуску поливу з меню;
- Створення циклічного тижневого графіка;
- Інтеграція з мобільним застосунком (через Bluetooth або Wi-Fi).

Алгоритм, реалізований у цій системі, поєднує інтуїтивну логіку, просту реалізацію та гнучкість у налаштуваннях, що робить його ідеальним для використання у фермерських господарствах, де потрібне надійне, але просте у використанні рішення. Основні принципи — циклічність, мінімум втручання користувача, стабільність та адаптивність — дозволяють ефективно використовувати ресурс системи для забезпечення стабільного поливу з мінімальними витратами.

2.5 Можливості масштабування та модернізації

Однією з найбільших переваг автоматизованої багатоканальної системи автополиву, розробленої в межах цього проєкту, є високий рівень гнучкості в плані розширення функціональності, масштабування кількості зон поливу та модернізації апаратної й програмної частин. Завдяки модульному підходу до побудови системи, відкритій архітектурі на базі Arduino Nano, широкій сумісності компонентів та простоті програмування, розробка дозволяє без особливих зусиль адаптувати її під змінні потреби користувача або господарства.

Масштабування кількості поливних зон. Базова версія реалізованої системи підтримує чотири незалежні поливні канали. Кожен з них керується окремим виходом Arduino Nano і підключений до одного з входів 4-канального релейного модуля. У випадках, коли потрібно керувати більшою кількістю зон, можливо розширити систему:

- Шляхом додавання ще одного 4-канального або 8-канального релейного модуля, підключеного до вільних цифрових пінів;
- Заміною Arduino Nano на Arduino Mega, яка має понад 50 цифрових портів і значно більше пам’яті для коду;
- Інтеграцією мікросхем-розширювачів портів, таких як PCF8574 (через інтерфейс I2C) або 74HC595 (через SPI), що дозволяють створити керування навіть десятками каналів без значного збільшення плати.

Це особливо актуально для середніх і великих господарств, де може виникнути потреба в управлінні поливом 10–20 окремих зон.

Впровадження датчиків для адаптивного поливу. Одним із найперспективніших напрямів модернізації є інтеграція сенсорів вологості ґрунту у кожну зону поливу. Це дозволить реалізувати адаптивну логіку, де рішення про запуск поливу приймається на основі фактичного стану ґрунту.

Переваги цього підходу:

- Зменшення перевитрати води, лише ті ділянки, що потребують зволоження будуть поливатися;

– Уникнення перезволоження, надмірна волога може призвести до загнивання коріння;

– Підвищення врожайності та якості продукції, за рахунок стабільного водного балансу;

– Енергоефективність, зменшення часу роботи помп і навантаження на живлення.

До того ж, використання датчиків дозволяє автоматично коригувати графік поливу залежно від погоди або сезону, без участі користувача.

Інтелектуальне керування та інтерфейс. Модернізація може охоплювати візуалізацію інформації та розширення інтерфейсу користувача:

– Встановлення OLED-дисплея 128x64, який дозволяє відображати більше параметрів: стан кожної зони, рівень вологості, залишок часу до наступного поливу, системні повідомлення;

– Інтеграція кнопкової клавіатури або сенсорного TFT-екрана, що дозволить швидше перемикатись між режимами та оновлювати налаштування;

– Реалізація меню вибору днів тижня, за якими кожна зона поливається окремо, дозволяє гнучко планувати зрошення.

Дистанційне керування. Ще один напрям розвитку — впровадження бездротового зв’язку, що дозволяє користувачу керувати системою дистанційно або отримувати сповіщення про її стан.

Можливі варіанти реалізації:

– Wi-Fi модуль ESP8266 або ESP32, дозволяє створити веб-інтерфейс або використовувати мобільний застосунок (наприклад, Blynk);

– GSM-модулі SIM800L/SIM900, дають змогу керувати поливом через SMS-команди або телефонні дзвінки, навіть без Wi-Fi;

– Bluetooth-модуль HC-05, простий спосіб локального налаштування системи через мобільний додаток.

Це відкриває шлях до побудови IoT-рішення (Internet of Things), де користувач отримує повний контроль над системою з будь-якої точки світу.

Програмні поліпшення та збереження налаштувань. Для покращення стабільності роботи та зручності використання рекомендується:

– Використовувати RTC-модуль (DS3231) для точного ведення часу, навіть у разі відключення живлення;

– Реалізувати збереження параметрів поливу в EEPROM, щоб після перезапуску система зберігала свої останні налаштування;

– Додати лог-файл на microSD-карті для ведення історії поливів, виявлення помилок або аналізу ефективності зрошення.

Географічна адаптація та локальні особливості. Умови в різних регіонах України вимагають різного підходу до поливу:

– У південних регіонах інтенсивне сонце й вітри знижують вологість, тож доречно застосовувати комбіноване керування за графіком і за вологістю;

– У західних регіонах часті дощі дозволяють активніше використовувати сенсори або датчики дощу;

– У тепличних господарствах акцент на точність і частоту поливу, тож корисними є модулі точної подачі води та логічні розгалуження алгоритму.

Система автополиву, є надзвичайно перспективною для масштабування, оскільки її можна розширити до 8, 16 і більше зон без повної перебудови, вона підтримує гнучке налаштування й модернізацію, легко адаптується до нових вимог, завдяки відкритому коду й стандартним інтерфейсам, забезпечує повну автономність і може працювати як у локальному режимі, так і як частина IoT-мережі.

Таким чином, ця система не є статичним проєктом а навпаки, вона створена як динамічна основа, яка може еволюціонувати відповідно до потреб користувача, особливостей клімату та технологічного прогресу. Це робить її актуальною для широкого кола фермерів, освітніх установ та ентузіастів автоматизації.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОПОЛИВУ

3.1 Схема підключення та монтаж периферії системи автополиву

Реалізація багатоканальної автоматизованої системи автополиву вимагає чіткого дотримання правил монтажу, продуманої схеми з'єднань і правильного розміщення компонентів для забезпечення стабільної, безпечної та ефективної роботи. Правильне електричне підключення, механічна фіксація компонентів та належна організація живлення відіграють вирішальну роль у функціонуванні всієї системи.

У розробці системи використовується перевірена та доступна апаратна база:

- Мікроконтролер Arduino Nano (центральний елемент логіки);
- Релейний модуль 4-канальний, керує живленням водяних помп;
- Виконавчі пристрої, 4 міні-помпи постійного струму на 5В;
- Інтерфейс користувача LCD-дисплей 1602 з I2C-модулем та поворотний енкодер KY-040;
- Живлення USB-кабель або адаптер 5В/2А.

Arduino Nano встановлюється на макетній платі. Макетна плата дозволяє швидко та без пайки змінювати з'єднання. У разі створення постійної версії проєкту доцільно використовувати пайку на прототипній платі (perfboard).

Релейний модуль встановлюється окремо від логіки (на відстані 5–10 см), щоб уникнути електромагнітних перешкод при перемиканні індуктивних навантажень (помп). Для живлення реле використовуються окремі лінії живлення 5В, з обов'язковим підключенням загальної землі (GND) до Arduino.

LCD-дисплей 1602 з модулем I2C кріпиться в зручному для огляду місці. Він з'єднується з піном A4 (SDA) і A5 (SCL) на Arduino Nano. Живлення (5В і GND) подається безпосередньо з плати. Енкодер KY-040 встановлюється так, щоб до нього було зручно дотягнутись під час експлуатації.

Кожна помпа 5В з'єднана з виходом релейного модуля. При активації відповідного каналу, реле замикає ланцюг живлення і подає струм на відповідну помпу. Використовуються окремі дроти живлення (червоний — +5В, чорний — GND) від джерела струму. Загальну лінію живлення (GND) потрібно з'єднати з масою Arduino для забезпечення стабільної роботи реле.

Arduino може живитися через USB-кабель або через VIN з адаптера постійного струму (7–12В). Для живлення всієї системи рекомендується адаптер 5В/2А, який здатний витримати одночасну роботу 2–3 помп. У разі одночасної роботи всіх каналів (4 помпи) краще використовувати зовнішній стабілізований блок живлення на 5В/3А і вище. Для мобільного застосування можливе використання акумуляторної батареї, павербанку або сонячної панелі з контролером заряду.

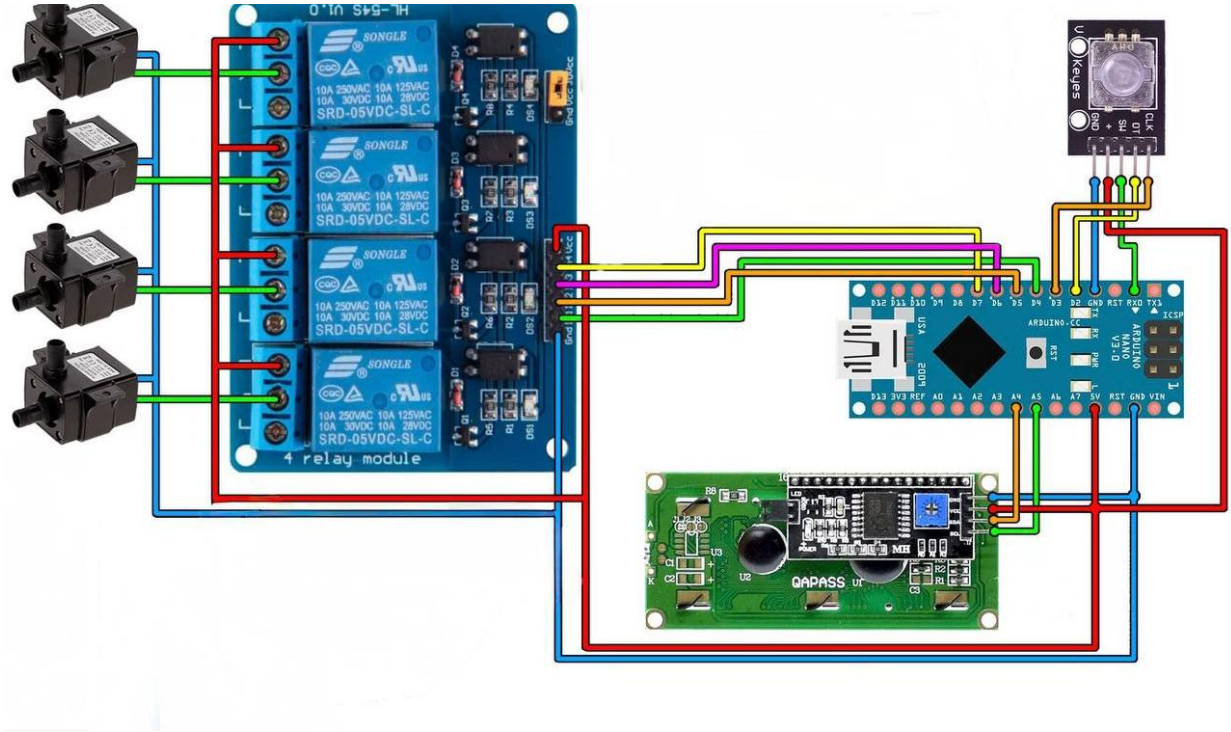


Рисунок 3.1 – Схема підключення

Компоненти системи розміщуються на одній монтажній основі. Елементи бажано закріпити на відстані один від одного, щоб уникнути теплового нагріву та зменшити електромагнітні перешкоди. Помпи можуть розміщуватись безпосередньо в ємностях із водою, які відтворюють реальні умови фермерського господарства. Шланги під'єднуються до виходів помп, проходять через умовні розгалуження та направляються до умовних зон поливу.

Схема підключення реалізована з урахуванням компактності, зручності в демонтажі, надійності та електробезпеки. Усі елементи системи змонтовано з урахуванням логічної послідовності та інженерних рекомендацій. Такий підхід дозволяє створити ефективну демонстраційну установку або навіть прототип реального фермерського рішення. При цьому система залишається простою в обслуговуванні, доступною для повторного складання й подальшого розширення.

3.2 Програмне забезпечення для керування автополивом

У розробці автоматизованої багатоканальної системи автополиву ключову роль відіграє програмне забезпечення, яке забезпечує логіку роботи всіх компонентів. Програма була написана в середовищі Arduino IDE з використанням мови програмування C/C++ та кількох додаткових бібліотек.

Це безкоштовна платформа з відкритим кодом. Arduino IDE підтримує велику кількість бібліотек для роботи з різними модулями (реле, дисплеї, енкодери тощо), а також має зручну систему компіляції та завантаження коду на мікроконтролер через USB.

Основна задача ПЗ — керування режимами поливу, управління реле на основі заданих інтервалів, зчитування положення енкодера для зміни параметрів (наприклад, тривалості поливу), а також відображення інформації на LCD-дисплеї.

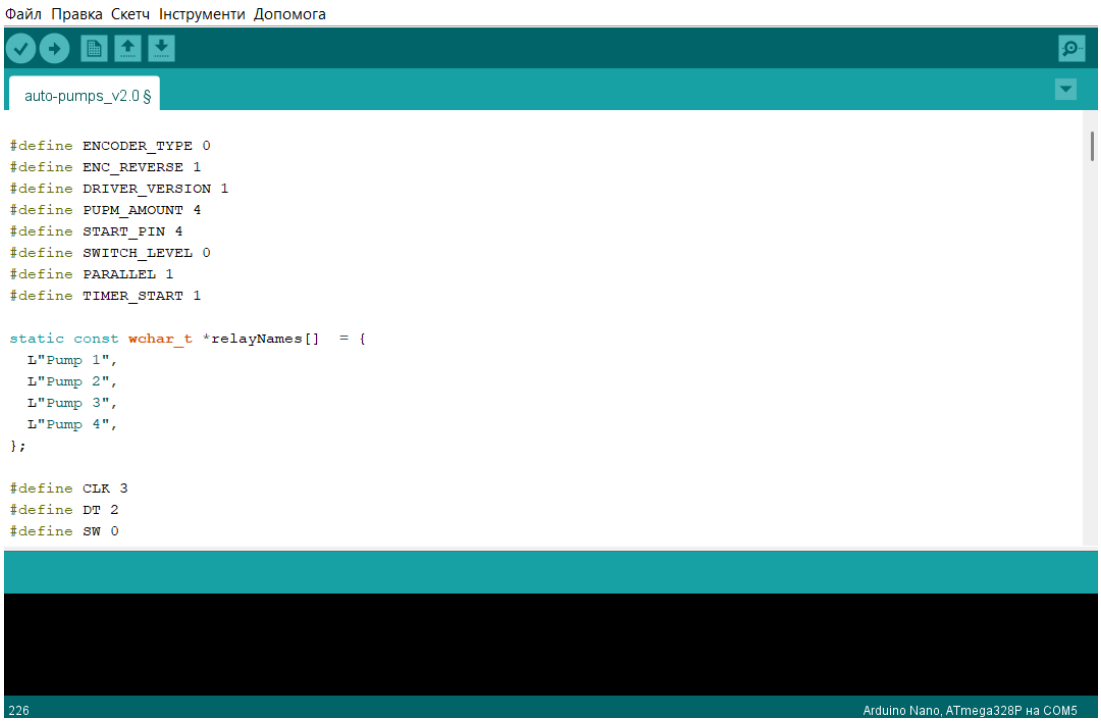


Рисунок 3.2 – Вигляд програми Arduino IDE

Алгоритм роботи системи:

– *Ініціалізація системи*. Після подачі живлення Arduino Nano ініціалізує всі компоненти: реле, дисплей, енкодер, внутрішні таймери. На дисплей виводиться стартове меню з відображенням активного каналу та його параметрів;

– *Налаштування параметрів*. Користувач за допомогою енкодера налаштовує тривалість подачі води для кожного з чотирьох каналів (в секундах або хвилинах) та інтервал між циклами поливу. Інтерфейс на дисплеї дозволяє інтуїтивно змінювати ці параметри;

– *Збереження налаштувань*. Після завершення налаштування всі параметри записуються в оперативну пам’ять. За бажанням можлива реалізація збереження даних у EEPROM, щоб параметри зберігались після вимкнення живлення;

– *Очікування таймера*. Система переходить у фоновий режим, очікуючи моменту запуску поливу. В цей час дисплей відображає зворотний відлік до наступного циклу;

– *Автоматичний полив*. Коли інтервал очікування завершується, Arduino послідовно активує реле кожного з чотирьох каналів на запрограмований час. Кожна помпа вмикається окремо, після завершення часу – вимикається, і вмикається наступна;

– *Завершення циклу*. Після завершення роботи всіх каналів система знову переходить у режим очікування, і весь цикл повторюється автоматично.

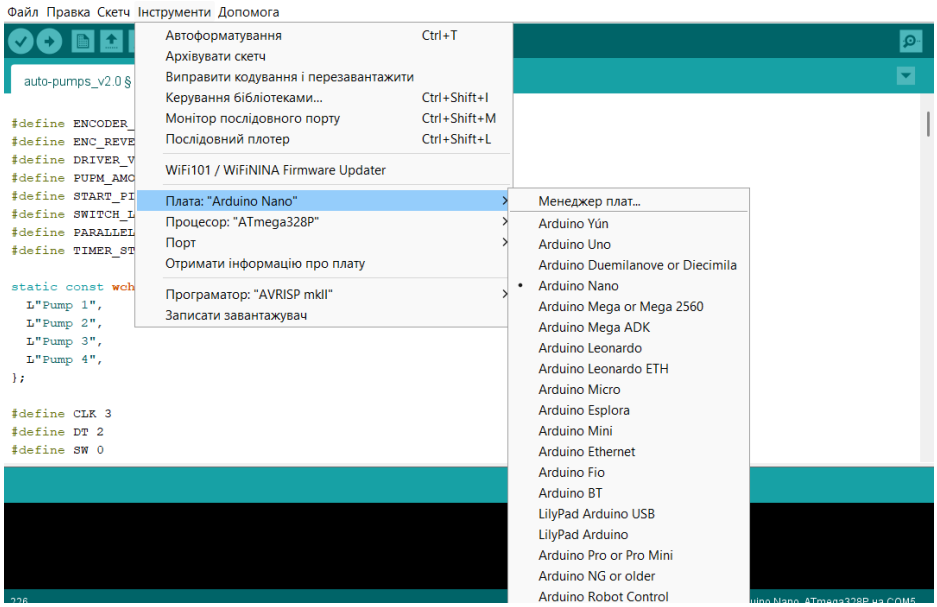


Рисунок 3.3 – Вибір мікроконтролера

Для підрахунку часу поливу використовується функція millis(), що дозволяє не блокувати виконання інших функцій програми, на відміну від функції delay(). Це забезпечує стабільну та гнучку роботу системи навіть під час активного виконання поливу.

Програмна логіка також враховує запобігання повторного запуску реле, дебаунс кнопки енкодера та просту індикацію на дисплеї, що дозволяє користувачеві швидко орієнтуватися в стані системи.

Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє автоматизувати процес поливу на чотирьох незалежних зонах без складних сенсорів. Простота в реалізації та доступність компонентів роблять систему зручною для демонстраційного використання, а також для невеликих фермерських господарств, де головною вимогою є надійність, стабільність та можливість ручного регулювання.

3.3 Тестування системи та аналіз отриманих результатів в реальних умовах

Після завершення етапу проєктування, складання та програмування багатоканальної системи автополиву, наступним критично важливим етапом стала її перевірка в умовах, максимально наближених до реального використання. Метою тестування було не лише підтвердити технічну справність усіх апаратних компонентів і правильність логіки програми, але й виявити можливі недоліки, оптимізувати роботу елементів системи та зібрати аналітичні дані для оцінки її ефективності.

Для перевірки системи було змонтовано демонстраційний стенд, який моделював умови фермерського господарства. Було використано чотири пластикові ємності з ґрунтом і декоративними рослинами, що імітували окремі зони поливу. Для кожної з них відповідала окрема помпа, підключена через 4-канальний релейний модуль до Arduino Nano. Система живилася від зовнішнього адаптера 5В/2А, що забезпечував стабільну роботу навіть при одночасному запуску кількох компонентів.

Комунікація з користувачем здійснювалася за допомогою LCD1602 з інтерфейсом I2C, який відображав поточну зону поливу, час зворотного відліку та стан системи. Керування параметрами здійснювалось за допомогою поворотного енкодера KY-040 із функцією натискання, що дозволяло обирати зону та змінювати тривалість поливу.

Тестування проводилось у декілька послідовних етапів:

– Ініціалізація системи, перевірка коректного запуску, індикації, роботи меню налаштувань;

– Задання параметрів поливу, встановлення індивідуального часу поливу для кожного з каналів через меню;

– Перевірка циклічної роботи таймерів, запуск циклу автополиву, очікування завершення таймерів, автоматичний перехід до наступної зони;

– Оцінка точності таймерів, співставлення заданого часу з фактичною тривалістю роботи помпи (відхилення менше 1,5%);

– Вимірювання витрат води, оцінка об’єму поданої рідини в кожну зону (за допомогою мірного посуду) для визначення стабільності подачі;

– Тестування повторного налаштування, перевірка реакції системи на зміну параметрів «на ходу» та після повного перезапуску.

Кожен цикл супроводжувався логом спостережень: візуальний контроль роботи реле, шуму помп, стану дисплея, швидкості відгуку меню та стабільності живлення.

За результатами тестування встановлено, що система працює стабільно і надійно протягом тривалого часу. Жодних випадків зависання, спонтанного перезапуску або несправностей зафіксовано не було. Усі помпи вмикались із незначною затримкою (до 100 мс), що не впливало на загальну тривалість поливу. Система коректно опрацьовувала натискання кнопки енкодера, навіть коли активна зона вже перебувала у процесі поливу, що свідчить про правильно реалізовану обробку подій.

Відображення на LCD було чітким, без мерехтіння або артефактів. Користувач отримував своєчасний візуальний зворотний зв’язок, що особливо важливо в польових умовах.

Електроживлення залишалось стабільним, система не перегрівалась, а загальне енергоспоживання залишалось у межах 800–1000 мА при одночасній роботі всіх елементів.

Результати поливу показали, що система подає рівномірний обсяг води у кожну з зон. Розбіжності в об’ємах не перевищували 5%, що цілком допустимо з огляду на характеристики дешевих помп. Це означає, що навіть без використання датчиків вологості система дозволяє забезпечити прогнозовану подачу води у відповідності до заданого часу.

Тестування довело, що дана система цілком може використовуватись у реальних умовах — як на присадибних ділянках, так і у теплицях чи малих фермерських господарствах.

Особливо варто підкреслити наступні переваги:

- Простота та інтуїтивність налаштування;
- Відсутність потреби у доступі до Інтернету;
- Можливість ручної адаптації системи до будь-яких умов;
- Стабільна робота без професійного обслуговування.

Крім того, у процесі тестування була виявлена можливість подальшого вдосконалення системи без значних змін у її конструкції: наприклад, додавання EEPROM для збереження параметрів, або підключення модуля годинника реального часу для роботи за календарним графіком.

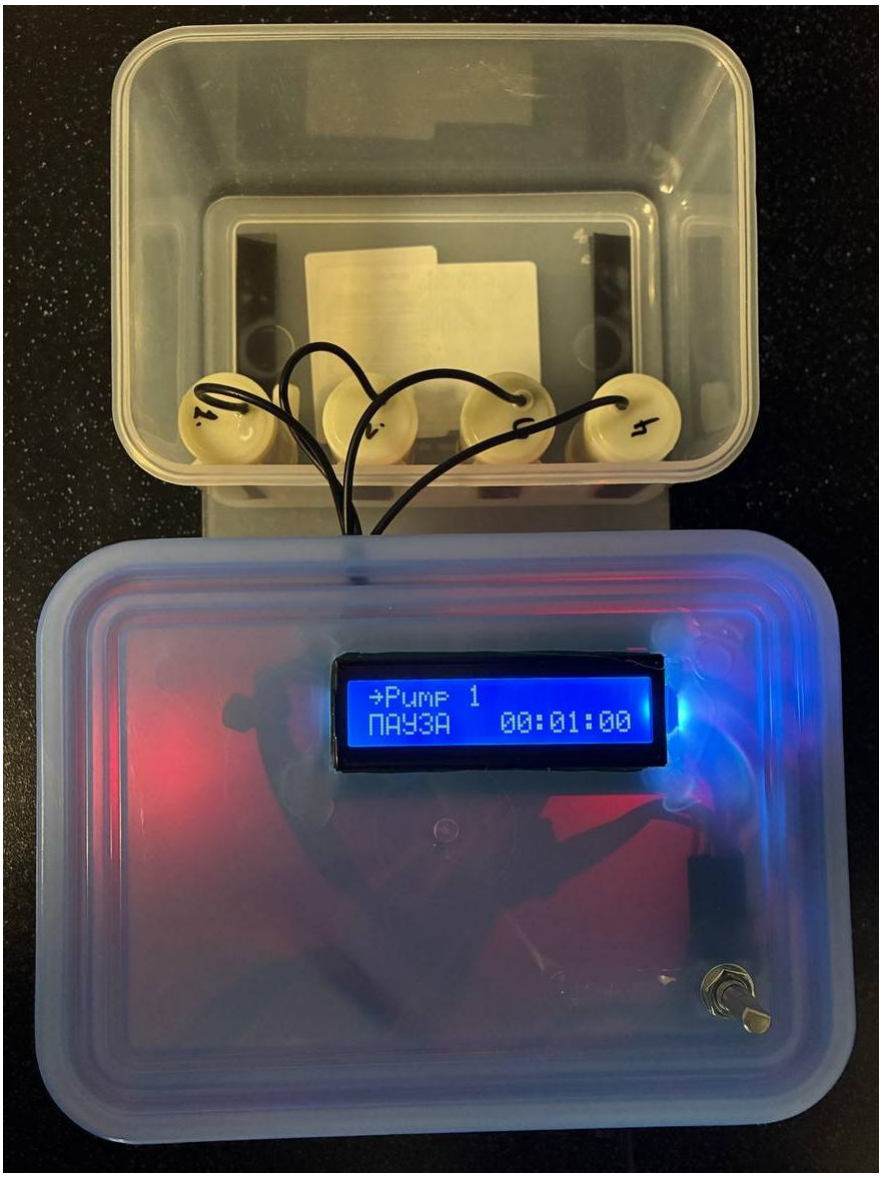


Рисунок 3.4 – Вигляд багатоканальної системи автополиву

Проведене тестування підтвердило працездатність, ефективність і надійність системи в умовах, максимально наближених до реального використання. Всі її функції реалізовано згідно вимог технічного завдання. Розроблена багатоканальна система автополиву на базі Arduino Nano здатна забезпечити автоматичне та контрольоване зрошення для декількох незалежних зон, з можливістю точного налаштування параметрів поливу та гнучкого керування. Враховуючи низьку вартість компонентів і простоту налаштування, система є ефективним прикладом недорогого, надійного та практичного рішення для фермерських потреб.

3.4 Рекомендації та особливості впровадження багатоканальної системи автополиву

Впровадження багатоканальних автоматизованих систем автополиву в умовах українського фермерського господарства — це не лише приклад раціонального використання ресурсів, а й важливий крок у бік цифрової трансформації аграрного сектору. З огляду на глобальні кліматичні зміни, загрозу дефіциту води, нестачу робочої сили та зростаючу потребу в оптимізації виробничих процесів, використання подібних систем стає все більш актуальним як для індивідуальних фермерів, так і для агропідприємств.

Україна — аграрна країна, де значна частина території піддається ризикам, пов’язаним із посухами, особливо в південних, південно-східних і частково центральних регіонах. Зменшення кількості опадів у літній період, високі температури, нерівномірне надходження вологи — усе це створює критичні умови для вирощування овочів, ягід, плодово-ягідних культур, а також розсади.

З рисунка 3.5 територія України поділена на кілька агроґрунтових зон, кожна з яких має унікальні характеристики ґрунтів, вологості, рівня природного дренажу та кліматичних умов. Це безпосередньо впливає на необхідну інтенсивність та періодичність поливу.

Наприклад, південні регіони степової зони (СЮ, СЮС) характеризуються

найменшою кількістю опадів і наявністю засолених ґрунтів, тож тут доцільне використання систем з регульованою подачею води та таймерами. Натомість західні області лісостепу або Карпат мають вищу природну вологість і потребують менш частого, але диференційованого поливу.



Рисунок 3.5 – Агроґрунтове районування України

Відповідно, при впровадженні багатоканальної системи поливу, яка дозволяє індивідуально налаштовувати тривалість зрошення для кожної зони, користувач може враховувати місцеві агрогрунтові умови, що сприяє більш раціональному водоспоживанню та підвищенню ефективності вирощування культур.

На цьому тлі автоматизований полив набуває особливого значення. Системи, здатні подавати воду в точно визначений час і на точно визначену зону, дозволяють не лише економити воду, а й збільшити врожайність на 20–30% завдяки стабільному зволоженню.

Більш того, висока ціна імпортного обладнання або тимчасова недоступність логістики під час воєнного стану робить рішення на базі відкритих платформ (таких як Arduino) набагато вигіднішими. Систему можна зібрати самостійно, без залучення дорогих фахівців, використовуючи доступні компоненти.

Розроблена система на базі Arduino Nano не потребує великої кількості електроенергії, не вимагає складного налаштування, а головне — може бути автономною. При потребі її можна живити від акумуляторів, павербанків або навіть сонячної панелі з контролером заряду. Це дає можливість працювати в польових умовах, далеко від стаціонарного електропостачання, що особливо актуально для тимчасових парників, пересувних теплиць, мобільних агролабораторій чи відкритих грядок у сільській місцевості.

Вартість базової версії системи не перевищує 900–1400 грн (на момент складання проєкту), що дозволяє рекомендувати її навіть невеликим домогосподарствам. Її можна впровадити поетапно, розпочинаючи з кількох зон, а згодом — розширюючи функціонал (кількість каналів, сенсори, Wi-Fi тощо).

Додаткові переваги впровадження:

- Зниження витрат води на 30–50%;
- Мінімізація впливу людського фактора (забуття, неуважність, неправильне зволоження);
- Підвищення стійкості рослин до стресу за рахунок стабільного поливу;
- Зменшення витрат часу на обслуговування ділянки;
- Можливість обслуговування кількох ділянок однією людиною.

Рекомендації для впровадження:

– *Починайте з малого масштабу*. Рекомендується тестувати систему на 2–4 зонах, поступово вивчаючи особливості своєї ділянки — тип ґрунту, швидкість вбирання вологи, обсяг води, необхідний для поливу тощо. Це дозволить мінімізувати ризики та виявити оптимальні налаштування;

– *Адаптуйте полив під культуру*. Різні рослини потребують різної частоти й об'єму зволоження. Наприклад, полуниця, перець або салати потребують регулярного, але нетривалого поливу, тоді як томати та соняшник краще реагують на глибоке, але рідке зрошення;

– *Враховуйте регіональні особливості.* У регіонах із піщаними ґрунтами полив має бути частішим, але з меншими об’ємами води. У зонах із суглинками — полив має бути довшим і рідшим. Система легко дозволяє це реалізувати через

окреме налаштування тривалості для кожного каналу;

– *Захистіть електроніку.* Усі електронні модулі, зокрема Arduino, реле та з'єднання, повинні бути розміщені в герметичному корпусі з вентиляцією, але з захистом від дощу та конденсату. Добре підійдуть коробки типу IP55–IP65 із пластика або металу;

– *Передбачте сервісність.* Елементи повинні бути з'єднані через роз'єми або клеми, щоб у разі пошкодження (наприклад, гризунами, погодою або через коротке замикання) їх можна було швидко замінити без повного демонтажу системи;

– *Забезпечте стабільне живлення*. Хоча система не споживає багато енергії, важливо використовувати стабільне джерело струму (адаптер на 5В/2А), з можливістю резервного живлення у разі зникнення напруги;

– *Плануйте модернізацію заздалегідь*. Вже під час першого монтажу залишайте вільні пінопорти або резервні лінії живлення для майбутніх модулів — наприклад, датчиків вологості, температури, реле або модулів зв'язку (Wi-Fi/Bluetooth).

Впровадження розробленої багатоканальної автоматизованої системи автополиву є перспективним та доцільним рішенням для широкого кола користувачів — від приватних фермерів до навчальних закладів. Система дозволяє ефективно використовувати наявні водні ресурси, зменшити залежність від людського чинника, підвищити продуктивність та забезпечити стабільний розвиток аграрного сектору в умовах нестабільності, зміни клімату та обмеженого доступу до ресурсів.

Її універсальність, відкритість до модифікацій і простота реалізації роблять цей підхід стратегічно важливим у побудові доступних, автономних і ефективних аграрних технологій нового покоління.

ВИСНОВОКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено, змонтовано та протестовано демонстраційну версію багатоканальної автоматизованої системи автополиву, яка базується на мікроконтролері Arduino Nano, модулі реле, водяних помпах, LCD-дисплеї з інтерфейсом I2C та енкодері для ручного керування параметрами. Всі етапи розробки – від постановки технічного завдання до практичного тестування – були реалізовані з урахуванням сучасних потреб малих фермерських господарств України.

Проаналізовано наявні системи автоматичного поливу, охарактеризовано їх переваги й недоліки, а також обґрунтовано доцільність розробки власного рішення з низьким енергоспоживанням, широкими можливостями налаштування та можливістю масштабування. Було підтверджено, що обраний підхід на базі відкритої апаратної платформи Arduino є не лише економічно вигідним, а й гнучким у налаштуванні, обслуговуванні та подальшому розвитку.

В ході проєктування сформульовано технічні вимоги до системи, визначено основні функції: автономність, багатоканальність, регульованість тривалості поливу та простота у користуванні. Розроблений алгоритм управління реалізує циклічний полив з індивідуальними таймерами для кожної зони, що дозволяє ефективно розподіляти водні ресурси відповідно до потреб конкретної ділянки.

Результати тестування показали, що система стабільно працює в реальних умовах, забезпечуючи задану тривалість зрошення кожної зони, чітке спрацювання реле та виведення інформації на дисплей. Система успішно працює в автономному режимі з можливістю живлення як від USB-джерела, так і від павербанку, що особливо актуально в умовах нестабільного енергопостачання в окремих регіонах України.

Проведено огляд можливостей модернізації системи: розширення кількості каналів, додавання сенсорів вологості, інтеграція модулів реального часу, Wi-Fi або GSM-зв’язку. Така гнучкість відкриває перспективи впровадження системи як у приватних господарствах, так і у фермерських кооперативах чи навчальних

закладах, які спеціалізуються на сільському господарстві.

Особливу увагу було приділено аналізу агроґрунтових умов України. Встановлено, що потреба у зрошенні значно варіюється залежно від кліматичних зон. Саме багатоканальність і можливість налаштування параметрів поливу дають змогу адаптувати систему до конкретного регіону, що підвищує ефективність водокористування та сприяє сталому землеробству.

Таким чином, розроблена багатоканальна система автополиву є ефективним, доступним і практичним інструментом, який може значно полегшити роботу фермерів, знизити втрати води та підвищити якість догляду за сільськогосподарськими культурами. Враховуючи економічні та екологічні виклики, що постають перед аграрним сектором України, ця система є своєчасним прикладом впровадження простих, але інноваційних технологій у реальні господарські умови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційна документація Arduino. URL: https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage (дата звернення: 12.05.2024).

2. Arduino Nano — технічні характеристики. URL: https://store.arduino.cc/products/arduino-nano (дата звернення: 11.05.2024).

3. Система автоматичного поливу на Arduino: принцип роботи. URL: https://robotclass.ua/tutorials/arduino-watering/ (дата звернення: 05.05.2024).

4. Дисплей LCD1602 з I2C: підключення та приклади. URL: https://wiki.dfrobot.com/I2C_LCD1602_Display_Module__Green_Backlight__SKU__DFR0463_ (дата звернення: 08.05.2024).

5. Модуль реле 4 канали 5В — схема та підключення. URL: https://lastminuteengineers.com/4-channel-relay-module-arduino-tutorial/ (дата звернення: 09.05.2024).

6. Fritzing – open-source електронний CAD-редактор. URL: https://fritzing.org/ (дата звернення: 03.05.2024).

7. ESP8266 Wi-Fi Module — робота з Arduino. URL: https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp8266-wifi-transceiver/ (дата звернення: 10.05.2024).

8. Основи проєктування систем зрошення. URL: https://www.fao.org/3/s2022e/s2022e00.htm (дата звернення: 01.05.2024).

9. Gardena Smart System – автоматичний полив. URL: https://www.gardena.com/int/products/smart/smart-system/ (дата звернення: 04.05.2024).

10. Hunter Pro-C Controllers. URL: https://www.hunterindustries.com/irrigation-product/controllers/pro-c (дата звернення: 04.05.2024).

11. Irrigation Scheduling. FAO. URL: https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/ (дата звернення: 02.05.2024).

12. Структура та типи ґрунтів України. URL: https://www.uagro.org.ua/soil-

structure (дата звернення: 13.05.2024).

13. Агроґрунтове районування України. Інститут ґрунтознавства та агрохімії. URL: https://issar.org.ua/soil-zoning-ukraine (дата звернення: 13.05.2024).

14. Smart Irrigation Systems with Arduino. URL: https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/smart-irrigation-system-using-arduino (дата звернення: 05.05.2024).

15. Принцип роботи релейного модуля. URL: https://wiki.dfrobot.com/Relay_Module__SKU__DFR0017_ (дата звернення: 09.05.2024).

16. Системи поливу: види та технології. URL: https://agroportal.ua/news/selo/sistemi-polivu-ta-ih-vidi (дата звернення: 07.05.2024).

17. KY-040 Rotary Encoder Module. URL: https://components101.com/switches/ky-040-rotary-encoder (дата звернення: 06.05.2024).

18. Arduino IDE – офіційна сторінка. URL: https://www.arduino.cc/en/software (дата звернення: 11.05.2024).

19. Аналогові і цифрові піноut Arduino Nano. URL: https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-nano-pinout (дата звернення: 10.05.2024).

20. LCD1602 з I2C – підключення до Arduino. URL: https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-lcd-tutorial/ (дата звернення: 08.05.2024).

21. Автоматизовані системи керування в аграрному секторі. URL: https://agrotimes.ua/article/avtomatyzatsiya-zroshennya-v-suchasnomu-silskomu-gospodarstvi/ (дата звернення: 06.05.2024).

22. Управління реле з Arduino. URL: https://www.electronicwings.com/nodemcu/nodemcu-relay-module (дата звернення: 09.05.2024).

23. Робота з енкодером KY-040. URL: https://playground.arduino.cc/Main/RotaryEncoders/ (дата звернення: 06.05.2024).

24. Інструкція з підключення LCD-дисплея з I2C. URL: https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-use-an-i2c-lcd-display-with-arduino (дата звернення: 08.05.2024).

25. Програмування таймера в Arduino. URL: https://www.theengineeringprojects.com/2018/10/introduction-to-timers-in-arduino.html (дата звернення: 11.05.2024).

26. Автономні системи живлення Arduino. URL: https://circuitdigest.com/tutorial/how-to-power-arduino-with-battery (дата звернення: 10.05.2024).

27. Робота з реле 5В у проєктах Arduino. URL: https://www.instructables.com/Control-High-Voltage-Devices-With-Arduino/ (дата звернення: 09.05.2024).

28. Захист електроніки в польових умовах. URL: https://www.allaboutcircuits.com/projects/weatherproof-electronics-enclosures/ (дата звернення: 12.05.2024).

29. Зрошення та водозбереження. URL: https://www.waterwise.org.uk/water-saving-irrigation.html (дата звернення: 01.05.2024).

30. Інтеграція модулів ESP8266 з Arduino IDE. URL: https://randomnerdtutorials.com/how-to-install-esp8266-board-arduino-ide/ (дата звернення: 10.05.2024).

КОД ПРОГРАМИ

```
#define ENCODER_TYPE 0
#define ENC_REVERSE 1
#define DRIVER_VERSION 1
#define PUPM_AMOUNT 4
#define START_PIN 4
#define SWITCH_LEVEL 0
#define PARALLEL 1
#define TIMER_START 1

static const wchar_t *relayNames[]  = {
  L"Pump 1",
  L"Pump 2",
  L"Pump 3",
  L"Pump 4",
};

#define CLK 3
#define DT 2
#define SW 0

Encoder enc1(CLK, DT, SW);

#include <EEPROMex.h>
#include <EEPROMVar.h>

#include "LCD_1602_RUS.h"

#if (DRIVER_VERSION)
```

```
LCD_1602_RUS lcd(0x27, 16, 2);
#else
LCD_1602_RUS lcd(0x3f, 16, 2);
#endif

uint32_t pump_timers[PUPM_AMOUNT];
uint32_t pumping_time[PUPM_AMOUNT];
uint32_t period_time[PUPM_AMOUNT];
boolean pump_state[PUPM_AMOUNT];
byte pump_pins[PUPM_AMOUNT];

int8_t current_set;
int8_t current_pump;
boolean now_pumping;

int8_t thisH, thisM, thisS;
long thisPeriod;
boolean startFlag = true;

void setup() {
  for (byte i = 0; i < PUPM_AMOUNT; i++) {
    pump_pins[i] = START_PIN + i;
    pinMode(START_PIN + i, OUTPUT);
    digitalWrite(START_PIN + i, !SWITCH_LEVEL);
  }

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  //enc1.setStepNorm(1);
```

```
//attachInterrupt(0, encISR, CHANGE);
enc1.setType(ENCODER_TYPE);
if (ENC_REVERSE) enc1.setDirection(REVERSE);

if (!digitalRead(SW)) {
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Reset settings");
  for (byte i = 0; i < 500; i++) {
    EEPROM.writeLong(i, 0);
  }
}
while (!digitalRead(SW));
lcd.clear();

 if (EEPROM.read(1023) != 5) {
  EEPROM.writeByte(1023, 5);

     for (byte i = 0; i < 500; i += 4) {
    EEPROM.writeLong(i, 0);
  }
}

for (byte i = 0; i < PUPM_AMOUNT; i++) {
  period_time[i] = EEPROM.readLong(8 * i);
  pumping_time[i] = EEPROM.readLong(8 * i + 4);

  if (SWITCH_LEVEL)
    pump_state[i] = 0;
  else
    pump_state[i] = 1;
```

```
  }

  drawLabels();
  changeSet();
}

void loop() {
  encoderTick();
  periodTick();
  flowTick();
}

void periodTick() {
  for (byte i = 0; i < PUPM_AMOUNT; i++) {
    if (startFlag ||
        (period_time[i] > 0
         && millis() - pump_timers[i] >= period_time[i] * 1000
         && (pump_state[i] != SWITCH_LEVEL)
         && !(now_pumping * !PARALLEL))) {
      pump_state[i] = SWITCH_LEVEL;
      digitalWrite(pump_pins[i], SWITCH_LEVEL);
      pump_timers[i] = millis();
      now_pumping = true;
      //Serial.println("Pump #" + String(i) + " ON");
    }
  }
  startFlag = false;
}

void flowTick() {
```

```
  for (byte i = 0; i < PUPM_AMOUNT; i++) {
    if (pumping_time[i] > 0
        && millis() - pump_timers[i] >= pumping_time[i] * 1000
        && (pump_state[i] == SWITCH_LEVEL) ) {
      pump_state[i] = !SWITCH_LEVEL;
      digitalWrite(pump_pins[i], !SWITCH_LEVEL);
      if (TIMER_START) pump_timers[i] = millis();
      now_pumping = false;
      //Serial.println("Pump #" + String(i) + " OFF");
    }
  }
}

void encoderTick() {
  enc1.tick();

  if (enc1.isTurn()) {
    if (enc1.isRight()) {
      if (++current_set >= 7) current_set = 6;
    } else if (enc1.isLeft()) {
      if (--current_set < 0) current_set = 0;
    }

    if (enc1.isRightH())
      changeSettings(1);
    else if (enc1.isLeftH())
      changeSettings(-1);

    changeSet();
  }
```

```
}

void changeSettings(int increment) {
  if (current_set == 0) {
    current_pump += increment;
    if (current_pump > PUPM_AMOUNT - 1) current_pump = PUPM_AMOUNT -
1;
    if (current_pump < 0) current_pump = 0;
    s_to_hms(period_time[current_pump]);
    drawLabels();
  } else {
    if (current_set == 1 || current_set == 4) {
      thisH += increment;
    } else if (current_set == 2 || current_set == 5) {
      thisM += increment;
    } else if (current_set == 3 || current_set == 6) {
      thisS += increment;
    }
    if (thisS > 59) {
      thisS = 0;
      thisM++;
    }
    if (thisM > 59) {
      thisM = 0;
      thisH++;
    }
    if (thisS < 0) {
      if (thisM > 0) {
        thisS = 59;
        thisM--;
```

```
      } else thisS = 0;
    }
    if (thisM < 0) {
      if (thisH > 0) {
        thisM = 59;
        thisH--;
      } else thisM = 0;
    }
    if (thisH < 0) thisH = 0;
    if (current_set < 4) period_time[current_pump] = hms_to_s();
    else pumping_time[current_pump] = hms_to_s();
  }
}

void drawLabels() {
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("                ");
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print(relayNames[current_pump]);
}

void changeSet() {
  switch (current_set) {
    case 0: drawArrow(0, 0); update_EEPROM();
      break;
    case 1: drawArrow(7, 1);
      break;
    case 2: drawArrow(10, 1);
      break;
    case 3: drawArrow(13, 1);
```

```
      break;
    case 4: drawArrow(7, 1);
      break;
    case 5: drawArrow(10, 1);
      break;
    case 6: drawArrow(13, 1);
      break;
  }
  lcd.setCursor(0, 1);
  if (current_set < 4) {
    lcd.print(L"ПАУЗА ");
    s_to_hms(period_time[current_pump]);
  }
  else {
    lcd.print(L"РОБОТА");
    s_to_hms(pumping_time[current_pump]);
  }
  lcd.setCursor(8, 1);
  if (thisH < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisH);
  lcd.setCursor(11, 1);
  if (thisM < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisM);
  lcd.setCursor(14, 1);
  if (thisS < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisS);
}

void s_to_hms(uint32_t period) {
  thisH = floor((long)period / 3600);
```

```
  thisM = floor((period - (long)thisH * 3600) / 60);
  thisS = period - (long)thisH * 3600 - thisM * 60;
}

uint32_t hms_to_s() {
  return ((long)thisH * 3600 + thisM * 60 + thisS);
}

void drawArrow(byte col, byte row) {
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(7, 1); lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(10, 1); lcd.print(":");
  lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(":");
  lcd.setCursor(col, row); lcd.write(126);
}

void update_EEPROM() {
  EEPROM.updateLong(8 * current_pump, period_time[current_pump]);
  EEPROM.updateLong(8 * current_pump + 4, pumping_time[current_pump]);
}
```

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

(презентація)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій
Кафедра Комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему: «Розробка автоматизованої багатоканальної системи автополиву для фермерських господарств »

Виконав студент групи КІД -42
Кицкай Олександр Володимирович

Керівник кваліфікаційної роботи:
Антоненко Артем Васильович

Київ – 2025

Мета роботи – Розробити автоматизовану багатоканальну систему автополиву для фермерських господарств, яка дозволяє ефективно та автономно контролювати подачу води до кількох поливних зон з використанням мікроконтролера Arduino Nano.

Об`єкт дослідження – Автоматизована багатоканальна система автополиву для фермерських господарств.

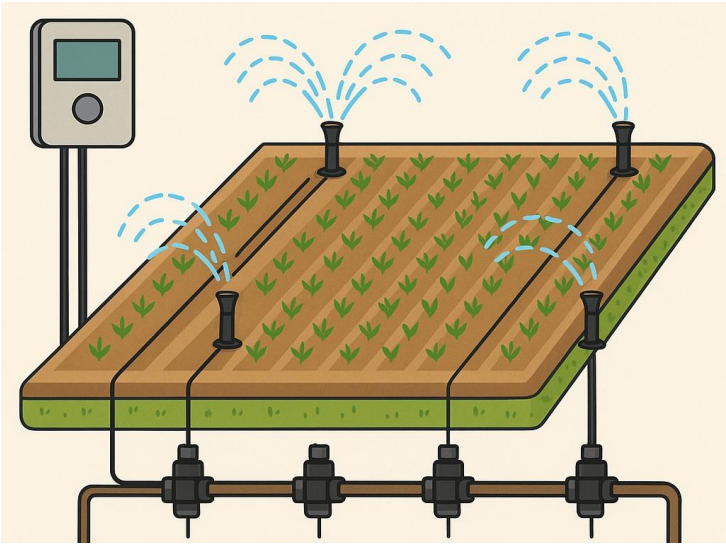
Предмет дослідження – Автоматизована система автополиву.

Актуальність обраної теми

Через кліматичні зміни та нестачу опадів фермери в Україні стикаються з дефіцитом вологи в ґрунті. Традиційний полив неефективний та потребує багато ручної праці.

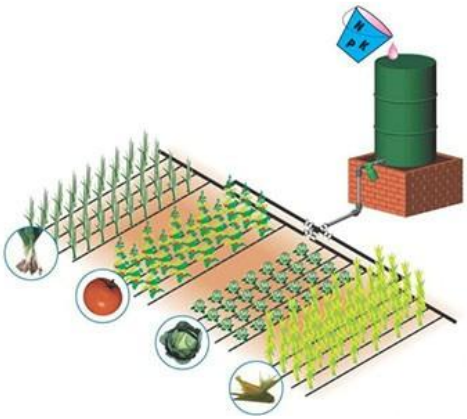
Автоматизовані системи дозволяють зменшити витрати води, підвищити врожайність і спростити догляд за рослинами.

Приклад багатоканального автополиву



Характеристики, вимоги та функції автополиву:

- Автономність
- Багатоканальність
- Гнучкість налаштувань
- Маштабованість
- Простота в користуванні



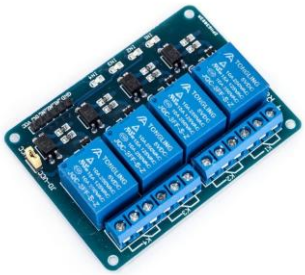
Вибір елементної бази



Мікроконтролер Arduino Nano



Дисплей LCD1602 з інтерфейсом I2C



Модуль реле на 4 канали, 5В



Енкодер KY-040

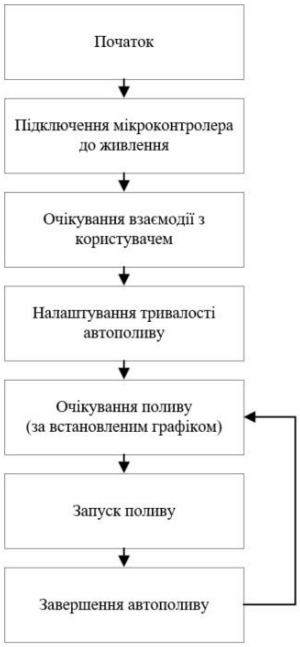


Водяна помпа 5В

Алгоритм

Після подачі живлення система ініціалізується та чекає взаємодії з користувачем. Користувач задає тривалість поливу для кожного каналу.

Далі система працює автономно за встановленим графіком запускає полив кожної зони, після чого повертається в режим очікування наступного циклу.

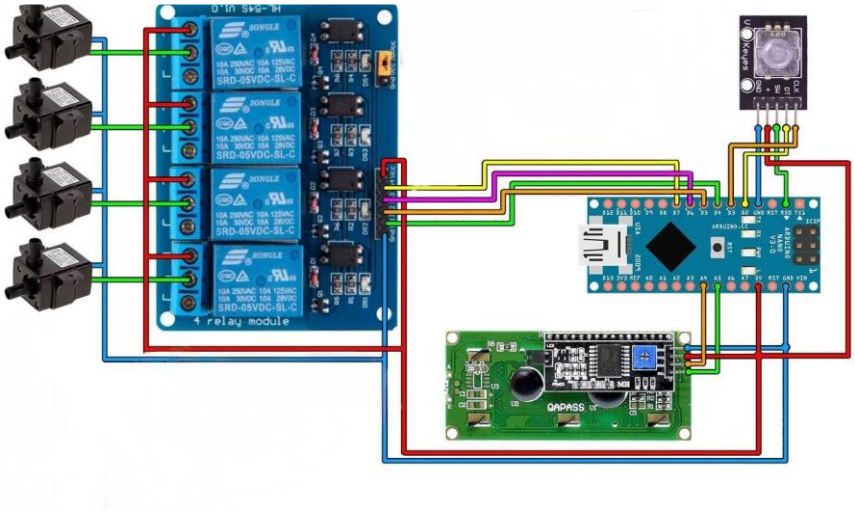


Середовище програмування Arduino IDE

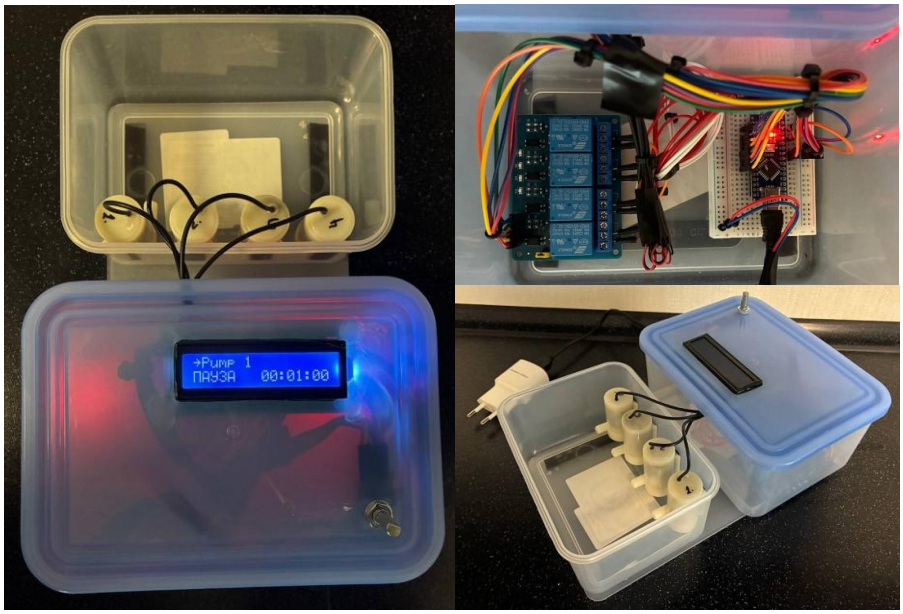
Arduino IDE – основні характеристики:

- Просте середовище розробки для платформи Arduino.
- Підтримує мову програмування C/C++ із спрощеним синтаксисом.
- Має вбудовані бібліотеки для швидкого підключення компонентів.
- Дозволяє легко компілювати та завантажувати код на плату.
- Підходить як для початківців, так і для досвідчених користувачів.

Схема підключення



Вигляд системи автополиву



ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було розроблено автоматизовану багатоканальну систему автополиву, що базується на платформі Arduino Nano. Система дозволяє автономно керувати подачею води до кількох зон поливу з можливістю налаштування параметрів за допомогою енкодера та дисплея.

Проведені випробування підтвердили ефективність, стабільність і зручність у використанні. Розроблене рішення є доступним за вартістю, енергоефективним і має потенціал до подальшого розширення, що робить його придатним для використання у фермерських господарствах в умовах України.