

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ

Група КІ-22-1

Кривогубець Олександр

2026

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Кривогубець Олександр Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.415
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка мікроконтролерної системи збору та передачі даних лічильника води на основі ATmega328

(назва роботи)

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

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

Здобувач освітнього ступеня _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник _____

Заячук Ярослав Іванович, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КСМ

(посада)

С. І. Мельничук

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут Інформаційних технологій
Кафедра Комп'ютерних систем та мереж
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
Освітній рівень бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою КСМ
С. І. Мельничук
“ ” 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кривогубцю Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дипломної роботи “Розробка мікроконтролерної системи збору та передачі
даних лічильника води на основі ATmega328”

Керівник роботи Заячук Ярослав Іванович

затверджена наказом по університету від “21.04.2026” № 180/7

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 11.06.2026

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали та результати, отримані під час проходження
переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література

4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

Аналіз технологій обліку водопостачання

Розроблення структури мікроконтролерної системи

Реалізація проектних рішень

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти по дипломній роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теми дипломної роботи	02.02.26 – 10.02.26	Виконано
2	Збір інформації. Дослідження предметної області	11.02.26 – 28.02.26	Виконано
3	Формування першого розділу пояснювальної записки	01.03.26 – 31.03.26	Виконано
4	Формування другого розділу пояснювальної записки	01.04.26 – 30.04.26	Виконано
5	Формування третього розділу пояснювальної записки	01.05.26 – 31.05.26	Виконано
6	Оформлення роботи	01.06.26 – 10.06.26	Виконано

Студент

(підпис)

Кривозубець О. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Заячук Я. І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній роботі представлено розробку комп'ютеризованої системи для обліку водопостачання, побудованої з використанням технологій IoT. Запропоноване рішення дозволяє реалізувати низку важливих можливостей у процесі використання водних ресурсів, зокрема: автоматичний збір даних про витрати води; надання доступу користувачам і контролюючим особам до показників інтелектуального лічильника; а також виконання аналітичної обробки й оцінювання використання води в домогосподарствах.

Розроблена комп'ютерна система базується на мікроконтролері ATmega328, який виконує роль центрального елемента, забезпечуючи взаємодію між усіма складовими компонентами та керування їхньою роботою.

МІКРОКОНТРОЛЕР, КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, ARDUINO UNO,
IOT, РОЗУМНИЙ БУДИНОК

ABSTRACT

This paper presents the development of a computerized water supply monitoring system built using IoT technologies. The proposed solution enables the implementation of several important functions in the process of water resource usage, including: automatic collection of water consumption data; providing access for users and supervisory personnel to the readings of a smart meter; as well as performing analytical processing and evaluation of water usage in households.

The developed computer system is based on the ATmega328 microcontroller, which serves as the central element, ensuring interaction between all components and controlling their operation.

MICROCONTROLLER, COMPUTER SYSTEM, ARDUINO UNO, IOT,
SMART HOME

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ	
ВОДИ.....	7
1.1 Системи обліку споживання води	7
1.2 Аналіз існуючих рішень моніторингу споживання води.....	9
1.3 Мікроконтролери та сенсори для системи «розумного будинку»	16
1.4 Вибір програмного забезпечення системи	20
1.5 Постановка завдання.....	22
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ	24
2.1 Архітектура системи обліку водоспоживання	24
2.2 Апаратне забезпечення мікроконтролерної системи	28
2.3 Програмне забезпечення проєктованої системи.....	38
2.4 Проєктування системи.....	45
2.5 UML–діаграми системи	49
2.6 Висновки до розділу	54
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	55
3.1 Реалізація модуля вимірювання витрати води	55
3.2 Реалізація веб–застосунку системи моніторингу водоспоживання.....	58
3.3 Висновки до розділу	66
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68
Додатки	

					<i>БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка мікроконтролерної системи збору та передачі даних лічильника води на основі ATmega328	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Кривогузець О. О.</i>						
Перевір.		<i>Заячук Я.І.</i>					3	70
Реценз.						ІФНТУНГ, КІ-22-1		
Н. Контр.		<i>Лазарів А.М.</i>						
Затверд.		<i>Мельничук С.І.</i>						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

GPIO – General–Purpose Input/Output

IDE – Integrated Development Environment

IoT – Internet of Things

SH – Smart House

Wi-Fi – Wireless Fidelity

БУ – блок управління

КС – комп’ютеризована система

МК – мікроконтролер

ПДМ – програма дистанційного моніторингу

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп’ютер

					<i>БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		4

ВСТУП

Активний розвиток технологій створення комп'ютерних систем сьогодні є головним чинником впровадження інтелектуальних платформ, що дозволяють здійснювати моніторинг споживання ресурсів та оптимізувати надання комунальних послуг для кінцевих користувачів. Через глобальне потепління, підвищене споживання енергії та використання природних ресурсів, зокрема води, спостерігається тенденція до значного збільшення їх витрат у побуті.

На сучасному етапі цифровізації обліку води можливості для аналізу щоденного споживання залишаються обмеженими. Традиційні механічні лічильники не дозволяють здійснювати детальний контроль за витратами води в режимі реального часу. Показники таких приладів зазвичай знімаються раз на місяць, а середній добовий витрата визначають, поділивши різницю між показниками попереднього та поточного місяця на кількість днів. Водночас сучасні розумні лічильники з дистанційною передачею даних у 2026 році вже набувають поширення, що дозволяє відстежувати споживання води в режимі онлайн, прогнозувати пікові навантаження та зменшувати втрати ресурсів.

Актуальність теми дослідження. В Україні, незважаючи на значний прогрес у сфері інформаційних технологій, практично не здійснювалося впровадження автоматизованого зчитування показників лічильників води. Тому важливою проблемою, що розглядається у даній кваліфікаційній роботі, є створення проєкту комп'ютерної системи обліку водопостачання з інтеграцією IoT-пристроїв. Ця система дозволяє аналізувати поведінку споживачів, а її основою є інтелектуальний водомір, здатний передавати дані у режимі реального часу та підтримувати аналітичну оцінку витрат води для підвищення ефективності управління ресурсами. У зв'язку з цим розробка мікроконтролерної системи є актуальним завданням.

Метою дипломного проектування є розробка мікроконтролерної системи обліку водопостачання на основі IoT пристроїв.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- створення структурної схеми;
- створення схеми електричної принципової;
- створення алгоритмічного та програмного забезпечення.

Об'єктом дослідження є система розумного будинку.

Предметом дослідження є процес збору показників щодо обсягу використання води споживачами.

Методи дослідження. У роботі використані загальнонаукові емпіричні та теоретичні методи дослідження.

Практичне значення одержаних результатів полягає у реалізації мікроконтролерної системи обліку водопостачання, яка призначена для автоматизації процесів збору, аналізу та управління даними про водоспоживання.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ВОДИ

1.1 Системи обліку споживання води

Сталий підхід до управління міськими водними ресурсами на державному рівні вимагає впровадження технологічної платформи для спостереження та прийняття обґрунтованих рішень. Досягти цього можна через моніторинг споживання води в реальному часі на рівні окремих домогосподарств, корпоративних користувачів та міста загалом, що забезпечить ефективне використання ресурсів та планування стратегії попиту на водопостачання.

Сучасні комп'ютерні системи обліку води на базі IoT дозволяють детально аналізувати структуру споживання на рівні кожного користувача, одночасно автоматизуючи отримання даних із лічильників та мінімізуючи втручання людини.

У багатьох країнах, таких як США, Великобританія та Китай, традиційні аналогові водяні лічильники залишаються у використанні для фіксації обсягів споживання. Споживачі або уповноважені представники підприємств щомісяця передають показники до облікового відділу, де здійснюється нарахування оплати за тарифами [1,2].

Однак доступ до приміщень іноді обмежений, і рахунок за воду формується на основі середніх оцінок споживання, що не відображає сезонні коливання та спричиняє похибки. Крім того, ручний збір даних є трудомістким і фінансово затратним, що знижує ефективність системи [3].

Цифрові водоміри забезпечують автоматичну передачу показників у електронному вигляді, скорочуючи людський фактор та економлячи ресурси підприємства. Це дозволяє персоналу водоканалу зосередитися на аналітичній роботі, а не на фізичному знятті показників.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Інтернет, мобільний зв'язок та сучасні технології передачі даних дозволяють транслювати показники на смартфони або кишенькові пристрої, що полегшує аналіз моделей споживання води для кінцевих користувачів [4].

Розумні лічильники утворюють мережі IoT-пристроїв, які можуть бути встановлені у тисячах домогосподарств, збираючи періодичні дані в режимі реального часу [5]. Облік води базується на двох методах вимірювання потоку: об'ємному та ваговому. Основна формула потоку рідини у трубі включає площу поперечного перерізу та середню швидкість руху, а також враховує густину, щільність і тертя рідини [6].

Доступ до лічильників у приватних будинках часто ускладнений, що змушує персонал очікувати дозволу споживача або відкладати зняття показників.

В Україні поки що не існує системи моніторингу споживання води у реальному часі на всіх рівнях. Для порівняння, у США, Великобританії та Китаї вже впроваджено цифрові платформи для онлайн-контролю споживання.

Цифрові системи обліку також актуальні для самих споживачів, які прагнуть контролювати власне використання води. Використання доступних технологій та інфраструктури для побудови інтелектуальної мережі водомірів є доцільним рішенням для України.

Проте використання лічильників з передплатою має соціальні наслідки. Дослідження 2025-2026 років показують, що такий підхід може поглиблювати нерівність: багаті користувачі отримують переваги, тоді як малозабезпечені обмежені у доступі до води. Вартість встановлення передплаченого лічильника залишається високою – від 250 до 450 доларів США, що є суттєвою перешкодою для більшості домогосподарств [2]. Крім того, такий підхід розглядається як економічна дискримінація за соціальними та культурними ознаками.

Передплачені лічильники можуть негативно впливати на продуктивне використання води у господарській діяльності, включно з пивоварінням, напуванням тварин та будівництвом. Вони часто призводять до соціальної ізоляції малозабезпечених верств населення, оскільки вода сприймається як товар, а не загальнодоступний ресурс [7,8].

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

Технічні проблеми таких приладів включають пошкодження від раптових змін тиску, зниження точності через старіння, а також помилкову реєстрацію повітряних потоків у системах з переривчастим водопостачанням. Середній термін служби передплачених лічильників становить лише 5-7 років проти 15-20 років у традиційних моделей [7].

Досягнення цілей ефективного управління водними ресурсами можливе шляхом створення онлайн-платформи для збору показників лічильників, формування рахунків для клієнтів, надсилення сповіщень про оплату та точного оцінювання споживання на основі реальних даних. Для цього доцільно використовувати сучасні веб-платформи, та автоматизовані аналітичні алгоритми.

1.2 Аналіз існуючих рішень моніторингу споживання води

На сучасному ринку представлено великий вибір систем для моніторингу водопостачання та датчиків, що контролюють протікання води. Ці рішення варіюються від простих домашніх сенсорів до складних IoT-платформ для комерційного та муніципального використання. Розглянемо деякі популярні варіанти, оцінюючи їхні функціональні можливості, точність вимірювань та здатність інтегруватися з іншими системами управління водними ресурсами.

Базові моделі призначені для побутового застосування: вони реєструють споживання води, надсилають сповіщення на смартфон та дозволяють попередити пошкодження труб або витoki на ранніх стадіях. Професійні системи для підприємств та міських водоканалів мають розширені функції: збирання даних у реальному часі, автоматичне формування статистики споживання, інтеграція з CRM і платформами аналітики, а також можливість дистанційного управління клапанами та насосами.

Серед новітніх рішень відзначаються пристрої з вбудованими AI-алгоритмами, що прогнозують пікові навантаження, аналізують тренди споживання та оптимізують роботу водопостачальної мережі. Крім того, такі

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

системи часто оснащені блокчейн-технологією для безпечного збереження даних про показники вodomірів і забезпечення прозорості нарахування тарифів.

Для ефективного та сучасного управління питним водопостачанням компанія KROHNE пропонує спеціалізоване автономне вимірювальне рішення. Воно включає витратомір води з інтегрованими датчиками температури та тиску, а також реєстратор даних із GSM-модулем для віддаленої передачі інформації. Завдяки живленню від батареї, система підходить для віддалених або важкодоступних зон без постійного джерела енергії, які часто піддаються ризику затоплення.

Система WATERFLUX 3070 призначена для регулярного контролю обсягів споживання води та рівня тиску в трубопроводах на основі вимірювань витрати і тиску (рис. 1.1). Для бездротової передачі показників використовується зовнішній GPRS-модуль KGA 42. Дані можна аналізувати та візуалізувати через веб-додаток WebKGA, а також через міні-SCADA систему PCWin. Перевищення встановлених порогів або помилки автоматично формують аварійні сповіщення у диспетчерському пункті за допомогою SMS або електронної пошти [9].



Рисунок 1.1 – Система WATERFLUX 3070

Основні сфери застосування системи:

- віддалений моніторинг мереж водопостачання та розподілення;
- облік споживання води;
- виявлення витоків і протікань;
- комерційний контроль витрати середовищ у системах теплопостачання.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

Компактний прилад із класом захисту IP68 оснащено датчиками тиску та температури, реєстратором даних і GSM-модулем. Показники автоматично передаються у диспетчерський центр по GPRS. Система захищена від маніпуляцій за допомогою опломбування та блокування меню налаштувань.

Серед особливості WATERFLUX 3070 можна виділити:

- широкий динамічний діапазон вимірювання витрати у обох напрямках;
- висока точність при максимальних витратах;
- живлення від внутрішніх батарей або зовнішнього акумулятора для віддалених об'єктів;
- інтегровані технології вимірювання витрати, тиску та температури із віддаленою передачею даних;
- формування динаміки споживання для оптимізації енергетичних витрат і інтелектуального управління водою.

Впровадження цієї системи дозволяє комунальним підприємствам і операторам водопровідних мереж створювати профілі денного та нічного споживання води. На основі таких даних можна планувати обсяги резерву води та ефективність насосного обладнання. Аналіз динаміки тиску та витрати також активує функцію автоматичного виявлення витоків, що підвищує безпеку та надійність водопостачання.

СЕА АСОЕ.В – це автоматизована інтелектуальна система для дистанційного моніторингу, комерційного контролю водопостачання, яка забезпечує вимірювання, передачу та архівування даних (рис. 1.2).

Виробник СЕА розробив цю систему для виконання наступних завдань [10]:

- автоматичний збір показників із механічних лічильників води, оснащених імпульсними сенсорами;
- оптимізація витрат та ефективне управління водопостачанням;
- своєчасне виявлення несанкціонованого відбору або витоків води;
- зменшення транспортних і логістичних витрат;
- висока точність та синхронізація зібраних даних;
- можливість перегляду результатів моніторингу та проведення аналітики.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11



Рисунок 1.2 – Система SEA ASCOE.B

Основні можливості та технічні характеристики системи:

- робота в складних і агресивних середовищах (клас захисту IP54/IP68);
- автономна робота до 4 років без підзарядки;
- енергонезалежна пам'ять з циклічним перезаписом даних протягом 62 діб;
- архівування та автоматичний аналіз повідомлень про нештатні ситуації.

Як основний комунікаційний інтерфейс використовується RS485, а модуль зв'язку підтримує технології GSM та Ethernet. Зчитування показників можливе як у режимі реального часу, так і через задані проміжки часу, що забезпечує гнучкість і ефективність моніторингу.

RE.GUARD – це система моніторингу споживання води від компанії REHAU, призначена для виявлення витоків та проривів трубопроводів (рис. 1.3). У разі витоку вона автоматично зупиняє водопостачання. Крім цього, система вимірює рівень витрат води та дозволяє відкривати або перекривати труби вручну. Пристрій встановлюється безпосередньо перед фільтром [11].

Коли система фіксує витік, вона надсилає Push-сповіщення на смартфон або інший мобільний пристрій. Залежно від встановленого режиму користувач може вручну перекрити труби. Автоматичне перекриття активується при виявленні прориву або критичної ситуації у водопровідній мережі.

Загалом, більшість сучасних систем контролю водопостачання оснащені світловою або звуковою сигналізацією у випадку протікання. Сучасніші рішення додають можливість миттєвих повідомлень на смартфон користувача або інтеграцію з домашніми IoT-платформами. Кожен із розглянутих пристроїв має свої переваги та обмеження, залежно від точності вимірювань, способу передачі даних і умов встановлення.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12



Рисунок 1.3 – Система RE.GUARD

Серед численних реалізацій автоматизованих систем зчитування показників з лічильників виділяють рішення, що складаються з двох основних модулів: автоматизованого модуля зчитування та комунікаційного модуля. Комунікаційний модуль здебільшого використовує мережу GSM для передачі даних і відправки SMS-повідомлень [8]. Технологія GSM забезпечує служби коротких повідомлень (SMS) і пакетної передачі даних (GPRS) для запитів та отримання показників. Завдяки широкому покриттю та стабільності GSM-зв'язок є надійним і безпечним стандартом передачі даних [12].

Технологія ZigBee застосовується у високорівневих протоколах для персональних та малопотужних мереж з мінімальним трафіком. Її встановлення не потребує спеціальних дозволів, а діапазон частот ISM 2,4 ГГц дозволяє одночасно обробляти кілька каналів. ZigBee підтримує радіус дії від 10 м до 2 км та сумісна з мережами Wi-Fi, Ethernet і GPRS, що забезпечує масштабованість та інтеграцію у системи моніторингу та управління. GSM підтримує вбудоване шифрування транспортного рівня, яке захищає дані користувачів [13].

Бездротова персональна мережа (WPAN) охоплює невелику територію і використовує стандарт IEEE 802.15, що дозволяє пристроям взаємодіяти безпосередньо. Bluetooth забезпечує бездротовий зв'язок між мобільними комп'ютерами, телефонами, портативними IoT-пристроями, тоді як локальні бездротові мережі (WLAN) дають змогу обмінюватися даними на обмеженій відстані. Міські бездротові мережі (WMAN) застосовують стандарт WiMAX

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

(Worldwide Interoperability for Microwave Access), забезпечуючи швидкість передачі 30-40 Мбіт/с на великі відстані [12].

Wi-Fi дозволяє передавати дані без дротів за допомогою радіохвиль, де основним елементом є точка доступу, яка транслює сигнал, доступний для комп'ютерів і мобільних пристроїв. Для підключення до точки доступу пристрій має бути обладнаний відповідним адаптером [13].

У таблиці 1.1 наведено порівняльний аналіз систем з різними технологіями передачі даних.

Таблиця 1.1 – Порівняння технологій передачі даних при обліку водопостачання

Технологія	Вартість	Покриття	Надійність	Протокол
GSM	Низька	Глобальне	Висока	Стабільний
ZigBee	Середня	Локальне	Низька	Не стабільний
WiMAX	Середня	Локальне	Середня	Стабільний
Wi-Fi	Низька	Локальне	Висока	Стабільний

Перші автоматизовані системи зчитування дозволяли комунальним підприємствам дистанційно отримувати та аналізувати споживання води клієнтами [14]. Сучасні інтелектуальні вимірювальні системи мають складнішу архітектуру, розумні сенсори та розподілені механізми керування. У таблиці 1.2 подано порівняльну характеристику цифрових й аналогових лічильників.

Таблиця 1.2 – Порівняння характеристик лічильників води

Характеристика	Розумний лічильник	Аналоговий лічильник
Віддалене керування	+	–
Дистанційне відключення живлення	+	–
Вартість обслуговування	Низька	Висока
Достовірність даних	Відсутність похибок при зчитуванні даних	Можливі помилки при зчитуванні даних

Швидке виснаження водних ресурсів у містах через урбанізацію та глобальне потепління вимагає ефективного управління. Один із способів

оптимізувати витрати води – заміна аналогових лічильників на розумні системи обліку водопостачання. Такі системи містять IoT-компоненти, що періодично фіксують споживання та надсилають дані на сервер, дозволяючи користувачам контролювати використання води.

Ключовим аспектом при побудові IoT-систем обліку води є вибір технології передачі даних та протоколів. Аналіз показав, що для таких систем актуальне використання недорогих методів з низьким енергоспоживанням, але залишаються проблеми з безпекою, надійністю та ефективністю розумних лічильників.

Наприклад, у [14] запропонована система бездротового обліку електроенергії з GSM і ZigBee, яка дозволяє виявляти крадіжки та дистанційно передавати дані. Переваги – автоматичне виявлення шахрайства і швидка передача інформації; недоліки – складність реалізації розподіленої структури.

У [15] розроблено систему з миттєвим формуванням рахунків на базі GSM, .NET та C#. Переваги: своєчасне нарахування, аналіз попиту, управління несправностями та контроль шахрайства; обмеження – тарифікація передачі SMS.

Проекти демонструють застосування низьковартісних та енергоефективних рішень з GPRS, Bluetooth, кластерними бездротовими мережами та інфрачервоним зв'язком. Переваги – низькі витрати, резервування каналів передачі; недоліки – затримки пакетів, підвищені витрати на обслуговування.

Локальні системи обліку електроенергії використовують mesh-топологію, що дозволяє передавати дані через сусідні лічильники до вузла збору. Це підвищує ефективний діапазон покриття, але вузол залишається єдиною точкою потенційного збою.

Незважаючи на доступність різних бездротових мереж, їх висока вартість робить розробку недорогих рішень актуальною. Аналіз літературних джерел показує, що системи з підключенням Wi-Fi для розумного моніторингу води досі залишаються недостатньо вивченими, але перспективними для впровадження.

На основі проведено аналіз підходів і принципів організації моніторингу водопостачання, визначено проблеми при впровадженні та запропоновано розглянути можливість використання Wi-Fi у сучасних IoT-системах обліку води.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3 Мікроконтролери та сенсори для системи «розумного будинку»

Мікроконтролер STC89C52RC, який є вдосконалим представником сімейства 8051, характеризується низькою робочою напругою, малим енергоспоживанням, відносно високою тактовою частотою та доступною вартістю (рис. 1.4). Завдяки цьому він може застосовуватись у різних компактних електронних пристроях із невеликим енергоспоживанням і достатньою точністю вимірювань [16].

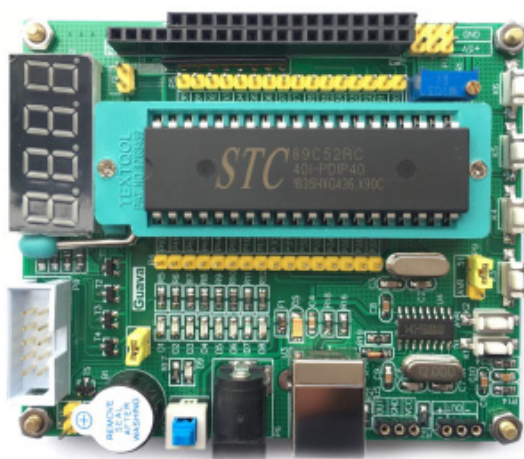


Рисунок 1.4 – Мікроконтролер STC89C52RC

Проте через значні габарити, обмежену продуктивність і невелику кількість виводів класична архітектура 8051 поступово втрачає актуальність. Сучасні системи дедалі частіше використовують продуктивніші мікроконтролери та мікропроцесори. Крім того, такі контролери мають слабші механізми захисту та обмежені можливості обробки складних структур даних.

Мікроконтролери сімейства STM32 вирізняються широким функціоналом, великою кількістю моделей і активним використанням у сучасних вбудованих системах [17]. Вони інтегрують численні периферійні модулі, зокрема аналого-цифрові перетворювачі (ADC), інтерфейси SPI, UART та інші засоби комунікації. Висока тактова частота забезпечує значну обчислювальну продуктивність при збереженні енергоефективності, що робить ці мікроконтролери оптимальними для бездротових та IoT-рішень. Мікроконтролер STM32 зображено на рисунку 1.5.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

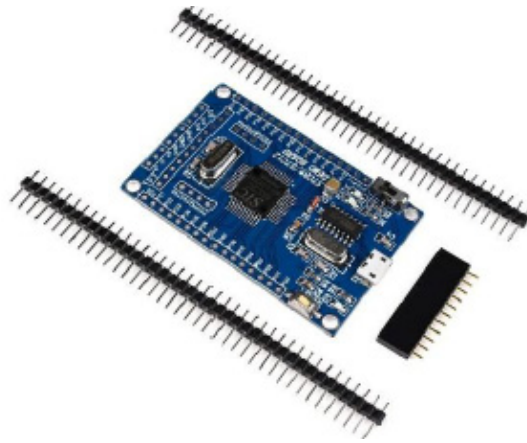


Рисунок 1.5 – Мікроконтролер STM32

Платформа Arduino зазвичай базується на мікроконтролерах серії Atmel AVR, побудованих на RISC-архітектурі Harvard [18]. Вона характеризується низьким енергоспоживанням, невисокою вартістю та простотою програмування. Наявність стандартизованих інтерфейсів (GPIO, UART, I2C) і підтримка плат розширення (shields) забезпечують гнучкість застосування. Такі рішення широко використовуються у невеликих вбудованих системах і навчальних проектах. Мікроконтролер Arduino зображено на рисунку 1.6.

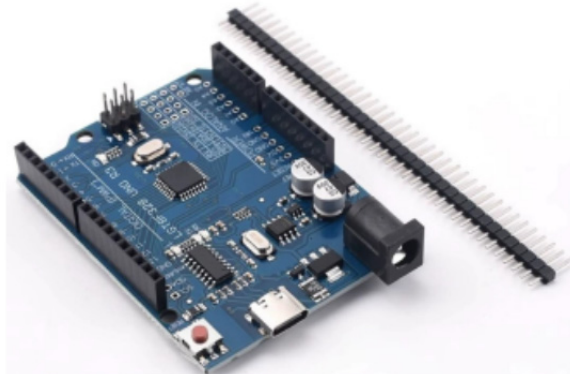


Рисунок 1.6 – Мікроконтролер Arduino

Плата розробки Raspberry Pi базується на ARM-процесорі та має значно вищу продуктивність і обсяг пам'яті порівняно з мікроконтролерами [19]. Вона здатна виконувати багатозадачні обчислення, запускати складні програмні комплекси та працювати під керуванням операційної системи (зазвичай Linux). Фактично це повноцінний одноплатний комп'ютер із розширеними можливостями підключення до мережі та графічним інтерфейсом. Плату Raspberry Pi зображено на рисунку 1.7.

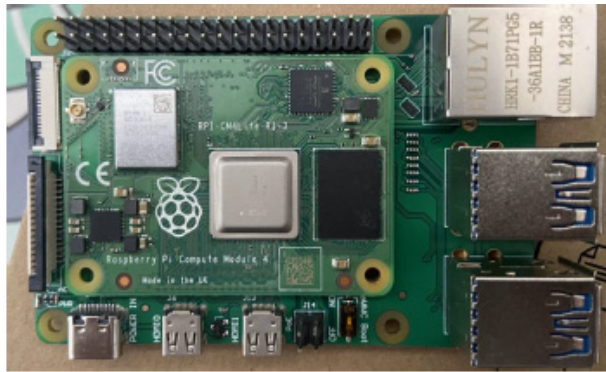


Рисунок 1.7 – Плата Raspberry Pi

Порівнюючи ці рішення, можна зазначити, що мікроконтролери 8051 мають просту архітектуру, але поступаються сучасним платформам за швидкістю. Arduino є зручним для базових задач. STM32 забезпечує кращу масштабованість і гнучкість, проте має надлишкову функціональність у порівнянні з поставленими вимогами. Raspberry Pi має надлишкові можливості для більшості IoT-застосувань і є менш економічно доцільним для простих систем.

З огляду на це, для реалізації системи доцільно використовувати мікроконтролер Arduino UNO, який поєднує високу інтеграцію, компактність і достатню продуктивність.

Для організації бездротового зв'язку можуть застосовуватись різні модулі. Наприклад, HC-05 є класичним Bluetooth-модулем, який працює у діапазоні 2,4 ГГц і підтримує послідовну передачу даних зі швидкістю до 2,1 Мбіт/с. Він підходить для локального зв'язку між пристроями, однак має обмеження щодо дальності [20]. HC-05 зображений на рисунку 1.8.

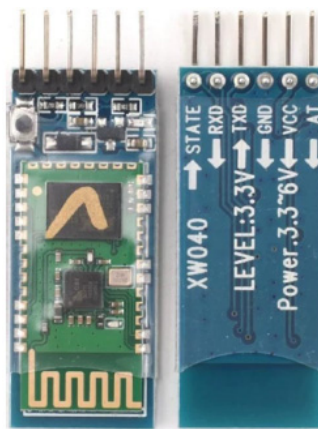


Рисунок 1.8 – Bluetooth модуль HC-05

Більш універсальним рішенням є модуль ESP8266, який інтегрує Wi-Fi-з'єднання та має власний мікропроцесор (рис. 1.9). Це дозволяє виконувати частину обчислень безпосередньо на модулі, що є важливою перевагою для IoT-систем. Він широко застосовується у розумних будинках, системах дистанційного моніторингу та інших мережевих рішеннях [21].



Рисунок 1.9 – WiFi модуль ESP8266

Ця розробка призначена для моніторингу температури та вологості в приміщеннях. Wi-Fi модуль може бути підключений до роутера для організації мережевого підключення. Bluetooth є пристроєм ближнього зв'язку з точковим з'єднанням, і для віддаленого керування потребує додаткового обладнання. Тому для проєкту було обрано Wi-Fi модуль.

Оскільки Bluetooth забезпечує лише короткодіапазонний зв'язок, а для віддаленого доступу потрібна додаткова інфраструктура, у проєкті доцільно використовувати Wi-Fi-модуль. Це дозволяє підключати систему до маршрутизатора та забезпечувати доступ до даних через Інтернет.

Для вимірювання витрати води застосовується датчик потоку, який визначає швидкість руху рідини в трубопроводі. Принцип його роботи базується на використанні крильчатки з магнітом і сенсора Холла. Потік води обертає ротор, а датчик генерує імпульси, частота яких пропорційна швидкості потоку.

Прикладом такого пристрою є датчик YF-S201, який складається з пластикового корпусу, ротора та сенсора Холла [22].

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Коли вода проходить через нього, крильчатка обертається, створюючи імпульсний сигнал, що передається на мікроконтролер. На основі цих імпульсів програмне забезпечення обчислює об'єм і швидкість потоку.



Рисунок 1.10 – Сенсор потоку YF-S201

Ефект Холла полягає у виникненні різниці потенціалів у провіднику, розміщеному в магнітному полі, перпендикулярному до напрямку струму. У системах обліку води цей принцип реалізується через взаємодію магніту ротора та сенсора, що дозволяє точно визначати параметри потоку.

1.4 Вибір програмного забезпечення системи

Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) є основним інструментом для створення та редагування програмного коду при роботі з платформою Arduino. Саме в цьому середовищі розробляється програмне забезпечення перед його завантаженням на фізичний мікроконтролер. Написані програми називають ескізами або скетчами.

У попередніх версіях Arduino IDE не було повноцінного вбудованого інструменту налагодження, однак у версіях 2.x з'явилась обмежена підтримка дебагінгу для окремих плат. Незважаючи на це, розробники часто використовують Serial Monitor і Serial Plotter для аналізу виконання програм та відстеження даних у реальному часі.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

Arduino IDE має вбудовані бібліотеки для реалізації базових функцій, а також підтримує підключення сторонніх бібліотек. Вони можуть бути орієнтовані на роботу з апаратними компонентами або забезпечувати додаткову логіку обробки даних.

Завдяки простому інтерфейсу, широкій екосистемі та доступності навчальних матеріалів, Arduino залишається популярною платформою для створення IoT-систем. Водночас сучасні вимоги до розробки програмного забезпечення зумовили появу альтернативних середовищ, які пропонують розширені можливості.

Розробники часто обирають між Arduino IDE, PlatformIO та Visual Studio Code.

Arduino IDE:

- простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- швидкий старт для початківців;
- обмежені можливості масштабування великих проєктів;
- базові інструменти налагодження.

PlatformIO (плагін для Visual Studio Code):

- підтримка великої кількості платформ (Arduino, ESP32, STM32 та інші);
- розширені можливості керування залежностями та бібліотеками;
- інтегровані інструменти тестування та дебагінгу;
- підтримка структурування складних проєктів;
- автоматизація процесів збірки та розгортання.

Visual Studio Code (VS Code) як середовище:

- сучасний редактор коду з підтримкою розширень;
- інтеграція з PlatformIO для IoT-розробки;
- потужні інструменти аналізу коду, автодоповнення та рефакторингу;
- підтримка систем контролю версій (Git);
- можливість роботи з різними мовами програмування в одному середовищі.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

Arduino IDE є оптимальним вибором для початкового рівня та невеликих проєктів, де важлива швидкість розробки та простота використання. У свою чергу, PlatformIO у поєднанні з Visual Studio Code більше підходить для складних IoT-систем, де необхідні масштабованість, гнучкість і розширені інструменти налагодження.

Таким чином, вибір середовища розробки залежить від складності проєкту, вимог до функціональності та рівня підготовки розробника.

1.5 Постановка завдання

Мікроконтролерна система обліку водопостачання на базі IoT-пристроїв, повинна забезпечувати виконання ключових функціональних можливостей:

- вимірювання потоку рідини, що проходить через трубопровід у точці встановлення сенсора;
- автоматичне обчислення об'єму спожитої води на основі даних із датчика потоку, який функціонує з використанням ефекту Холла;
- фіксацію дати та часу подій у режимі реального часу із застосуванням вбудованих або мережевих тайм-сервісів (NTP у сучасних реалізаціях);
- збереження інформації про часові мітки та показники вимірювання на зовнішніх носіях, зокрема SD-карті або енергонезалежній пам'яті;
- передачу зібраних даних у хмарну інфраструктуру з використанням сучасних протоколів (наприклад, MQTT або HTTPS);
- надання користувачам можливості перегляду актуальних показників споживання через веб-інтерфейс або мобільний застосунок;
- формування та друк платіжних документів або електронних квитанцій відповідно до чинних стандартів цифрових сервісів;
- забезпечення можливості для операторів або контролерів підприємства імпортувати дані з файлів, збережених на SD-накопичувачі, у хмарне середовище для подальшої обробки;

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- реалізацію рольової моделі доступу у веб-додатку, що дозволяє розмежовувати права користувачів (адміністратор, оператор, споживач);
- створення інтуїтивно зрозумілого та зручного користувацького інтерфейсу з урахуванням сучасних UX/UI стандартів.

Таким чином, метою даної роботи є розробка мікроконтролерної системи обліку водопостачання на основі IoT пристроїв.

Для досягнення вказаної мети потрібно вирішені такі завдання:

- створення структурної схеми;
- створення схеми електричної принципової;
- створення алгоритмічного та програмного забезпечення.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Архітектура системи обліку водоспоживання

При розробці комп'ютерної системи для автоматизованого обліку водоспоживання з використанням IoT-пристроїв пропонується застосувати такі апаратні компоненти:

- мікроконтролер Arduino Uno, який забезпечує управління датчиками та передачу даних;
- сенсор потоку води на основі ефекту Холла, що фіксує обсяг спожитої води;
- модуль SD-карти, що слугує для локального зберігання показників;
- Wi-Fi модуль, який забезпечує бездротову передачу даних до хмарної платформи.

Для користувачів передбачено веб-додаток, що дозволяє віддалено переглядати показники лічильника, завантажувати рахунки та отримувати підтвердження оплати. Контролери передають дані у платформу для обробки транзакцій та реєстрації платежів за спожиті ресурси.

Поточні дані лічильника зберігаються у внутрішній пам'яті мікроконтролера та записуються на SD-карту для резервного збереження. Періодичні звіти передаються у хмарну систему для централізованого аналізу та обробки статистики споживання.

Користувачі, авторизуючись у хмарному додатку, можуть отримати доступ до:

- поточних показників власного лічильника;
- завантаження рахунків для оплати;
- підтверджень здійснених платежів за визначений проміжок часу.

Функціональна модель описаної комп'ютерної системи для автоматизованого обліку водоспоживання з використанням IoT-пристроїв представлена на рисунку 2.1

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

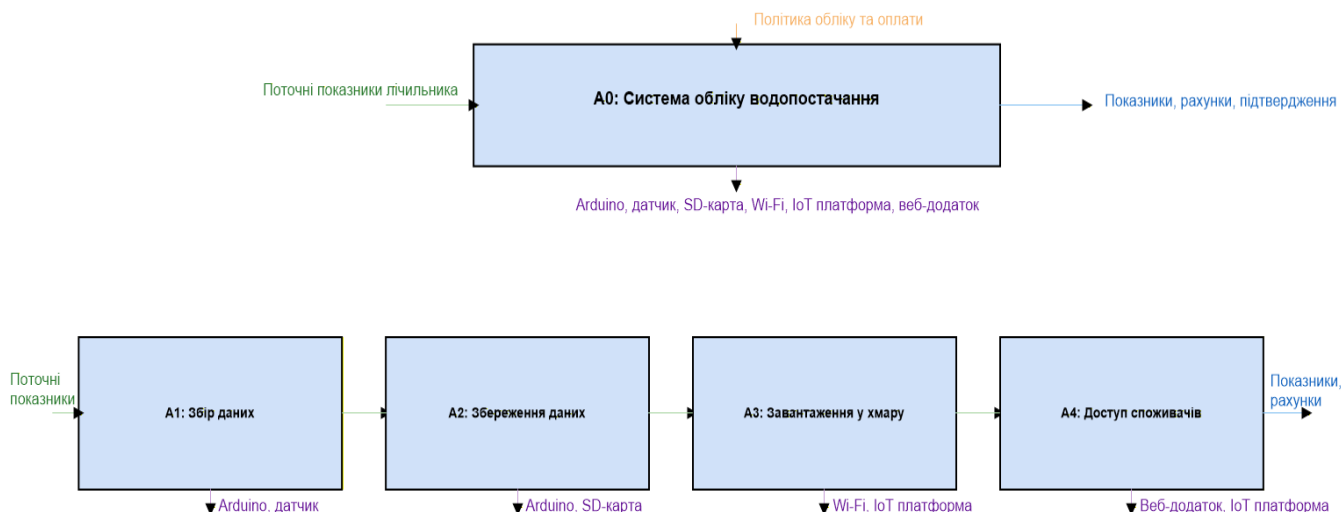


Рисунок 2.1 – Функціональна модель системи

Очікується, що система підвищить ефективність обслуговування споживачів і сприятиме раціональному використанню водних ресурсів.

На рисунку 2.2 наведено архітектуру системи обліку водопостачання із зазначенням основних компонентів, вхідних та вихідних даних, ключових модулів та взаємозв'язків між ними.

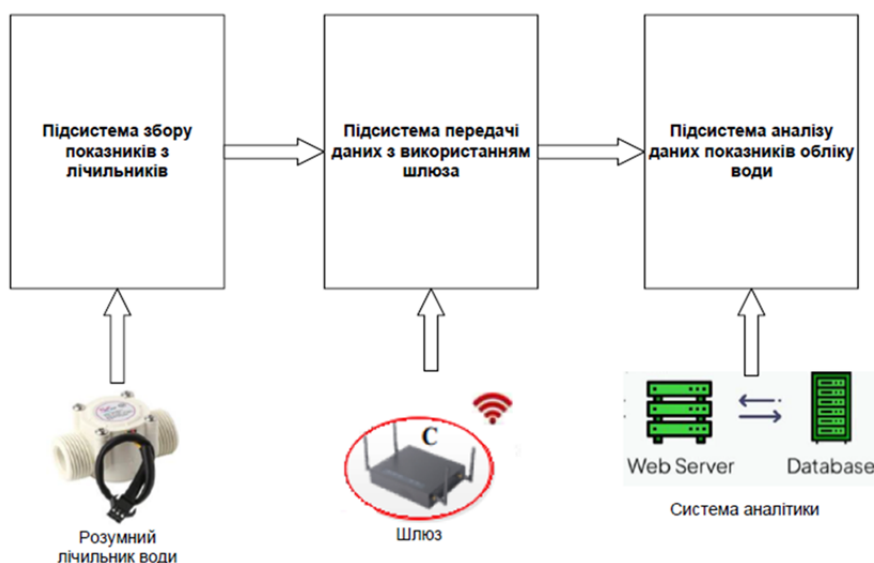


Рисунок 2.2 – Архітектура системи моніторингу водоспоживання

Така деталізація дозволяє точніше враховувати вимоги та специфіку побудови комп'ютерної системи завдяки подальшому поділу кожного елемента на рівні апаратної та програмної складових. Подібний підхід широко застосовується у сучасному проектуванні розподілених систем, зокрема в інфраструктурах Інтернету речей, де важливо забезпечити масштабованість, гнучкість і сумісність компонентів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ

Арк.

25

Для централізованого обліку споживання води в багатоквартирних будівлях узагальнена структура інформаційної системи може бути представлена у вигляді, наведеному на рисунку 2.3. Така архітектура відповідає сучасним підходам до побудови “розумних” інженерних мереж у житловому секторі.

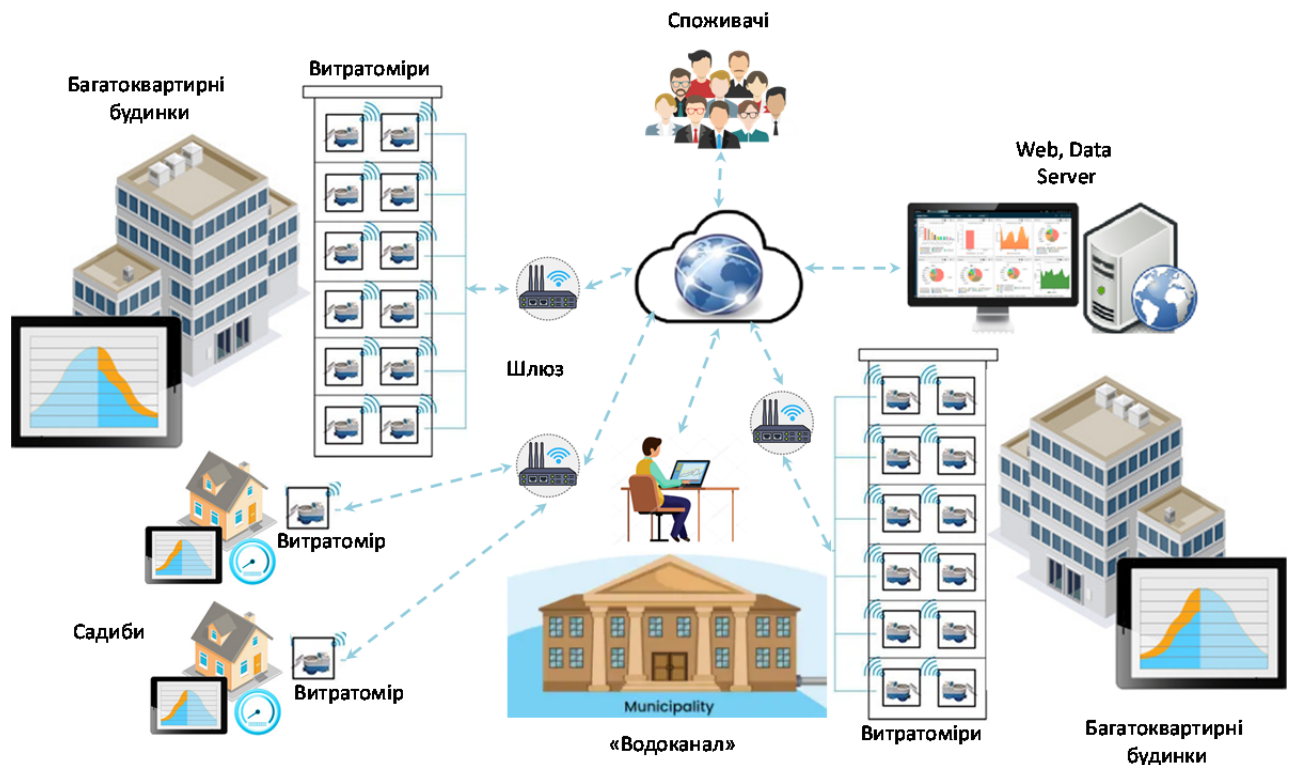


Рисунок 2.3 – Архітектура системи моніторингу водоспоживання для багатоквартирних будинків та садиб

Концептуальне представлення запропонованої архітектури (рис. 2.3) включає два ключові типи елементів: витратоміри та шлюзи. Взаємодія між цими компонентами забезпечує функціонування системи дистанційного збору, обробки та керування даними про водоспоживання, де шлюз може виконувати функції edge-сервера з можливостями попередньої аналітики.

Кожен витратомір є пристроєм класу Інтернету речей, призначений для вимірювання витрати води, первинної обробки отриманих даних та їх передачі. Такі пристрої підтримують сучасні бездротові та/або дротові технології зв'язку, включаючи не лише Wi-Fi, а й енергоефективні протоколи на кшталт LoRaWAN, Zigbee або NB-IoT, що особливо актуально на даний час.

Завдяки цьому забезпечується стабільна передача інформації навіть у складних умовах експлуатації.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

Отримання інформації з усіх вузлів здійснюється за допомогою станції–шлюзу, яка працює від стаціонарного джерела живлення та виступає посередником між локальною мережею сенсорів і віддаленими серверами або хмарною інфраструктурою. Для забезпечення доступу до даних у реальному часі використовуються сучасні канали зв'язку, зокрема 4G/5G, оптоволоконні мережі, Ethernet, а також бездротові мережі Wi-Fi. Крім того, широко застосовується інтеграція з хмарними платформами для зберігання та аналітики даних.

Залежно від типу об'єкта водоспоживання та умов експлуатації можуть використовуватись різні підходи до організації зв'язку між елементами системи:

- провідне з'єднання (Ethernet або оптоволоконні канали), що забезпечує високу надійність і пропускну здатність;
- бездротові технології (Wi-Fi, LoRaWAN, NB-IoT, 5G), які надають більшу гнучкість розгортання та зменшують витрати на монтаж інфраструктури.

Для запропонованої системи як мікроконтролер використовується Arduino/Genuino Uno, що програмується через IDE з відкритим кодом для роботи з мікросхемою ATmega328. Для обробки платежів за спожиту воду розробляється окрема система розрахунків, яка інтегрується з веб–додатком.

Для створення веб–додатків пропонується використати JavaScript, який підтримує об'єктно–орієнтовані підходи та забезпечує інтерактивність інтерфейсу. Дані про клієнтів, обсяги споживання та платежі зберігаються у базі даних MySQL, що забезпечує надійне та структуроване зберігання інформації.

Серверна інфраструктура реалізована на WAMP, що включає Apache, MySQL та PHP. Використання цього стеку з відкритим кодом є економічно ефективним у порівнянні з технологіями ASP.NET або Java.

Модуль ESP8266 призначений для запуску UDP-сервера, а програмування здійснюється через Arduino IDE. Завантаження програмного забезпечення на модуль можливе двома способами: через USB TTL конвертер; безпосередньо через плату Arduino Uno.

Архітектура системи обліку води відповідає сучасним вимогам до енергоефективності, масштабованості та інтеграції з цифровими сервісами.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

2.2 Апаратне забезпечення мікроконтролерної системи

Для обробки та отримання даних було обрано мікроконтролер Arduino Uno. Вигляд плати цього мікроконтролера наведено на рисунку 2.4, і вона містить:

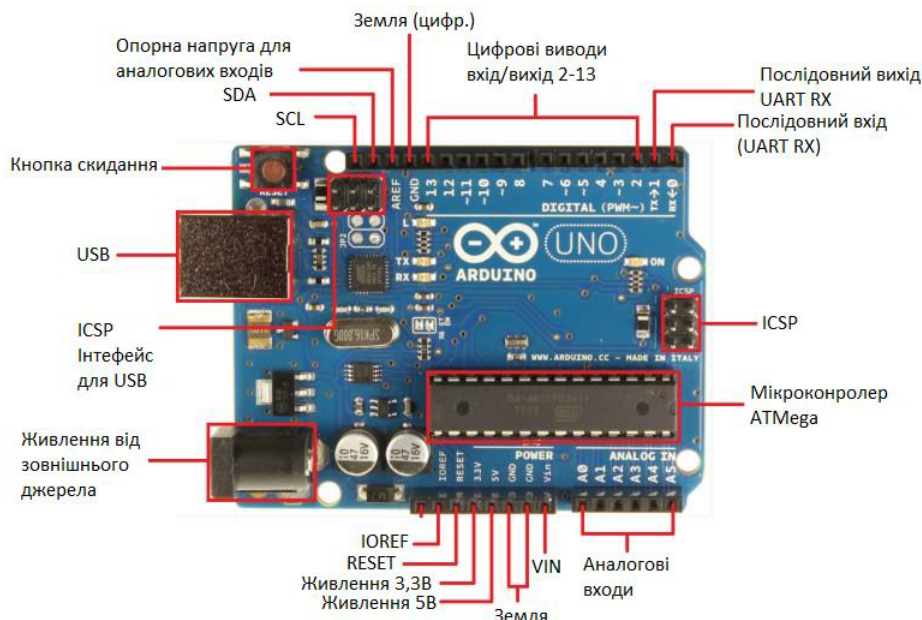


Рисунок 2.4 – Плата Arduino Uno

- 14 контактів цифрового вводу/виводу, з яких 6 підтримують функцію широтно-імпульсної модуляції (ШІМ);
- 6 аналогових входів для підключення сенсорів;
- кварцовий генератор частотою 16 МГц;
- USB–роз’єм для програмування та живлення;
- роз’єм для підключення зовнішнього живлення;
- ICSP–роз’єм для програмування на низькому рівні.

Arduino Uno легко підключити до ПК через USB-кабель або жити від адаптера змінного/постійного струму чи акумулятора, що дозволяє швидко почати роботу. В основі плати лежить мікроконтролер Atmega328.

Напругу живлення слід подавати на контакти VCC та GND, при цьому не перевищуючи значень, зазначених у документації. Рекомендована верхня межа становить 5,5 В, а абсолютний максимум – 6 В. При тривалому використанні пристрою на максимально допустимій напрузі можливе пошкодження плати. У таблиці 2.1 наведено базові технічні характеристики плати Arduino Uno.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

Таблиця 2.1 – Характеристики плати Arduino Uno

Характеристика	Значення
Тип мікроконтролера	ATmega328P
Операційна напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7–12В
Вхідна напруга (крайні значення)	6–20В
Цифрові входи/виходи	14
Цифрові виходи	6
Аналогові входи	6
Живлення (струм) виводів входу/виходу 5В	20 мА
Живлення (струм) виводів входу/виходу 3,3 В	50 мА
Flash пам'ять	32 КБ (ATmega328P)
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Частота процесора	16 МГц

Щоб зменшити високочастотні перешкоди, у ланцюг живлення варто додати керамічний конденсатор на 0,1 мкФ між VCC та GND, що допомагає мінімізувати паразитну індуктивність та опір і забезпечує стабільну роботу плати.

Датчик потоку – це спеціальний прилад, призначений для виявлення та кількісного визначення руху води всередині трубопроводу, що дозволяє обчислювати її витрати в об'ємних одиницях.

Під час проходження рідини через трубу, де змонтована крильчатка, виникає тиск на її лопаті, внаслідок чого вона починає обертатися. На елементах крильчатки закріплено магніт, тоді як у корпусі розміщений датчик Холла.

У результаті такого процесу формуються імпульсні сигнали, частота яких безпосередньо пов'язана з об'ємною швидкістю руху води або загальним потоком, що проходить через вимірювальний пристрій.

Як уже згадувалося, сенсор потоку рідини забезпечує можливість визначення швидкості її переміщення. Одним із поширених прикладів є модель YF-S201 (рис. 1.10). Вона складається з пластикового корпусу у вигляді клапана, ротора потоку та сенсорного елемента на основі ефекту Холла. Такий пристрій монтується на вході труби, і коли вода проходить крізь нього, ротор із вбудованим магнітом починає обертатися, а датчик генерує електричні імпульси певної тривалості.

Сенсор Холла під'єднується до мікроконтролера, що дає змогу здійснювати контроль параметрів потоку відповідно до заданих вимог.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

Вимірювання витрат і загального об'єму води за допомогою Arduino здійснюється саме завдяки ефекту Холла. Суть цього фізичного явища полягає в тому, що у провіднику, через який проходить електричний струм і який перебуває в магнітному полі, виникає різниця потенціалів. У системах обліку водопостачання це реалізується за допомогою невеликого ротора або пропелероподібного вентилятора, розташованого безпосередньо в потоці рідини.

Потік води тисне на лопаті ротора, спричиняючи його обертання. Вісь ротора пов'язана з сенсором Холла. Сам датчик містить котушку зі струмом і магніт, який закріплений на валу. У процесі обертання виникають імпульси напруги. Для моделі YF-S201 характерно, що приблизно на кожен літр рідини за хвилину формується близько 7,5 імпульсів. Це пояснюється зміною магнітного поля, яке створює магніт, прикріплений до обертової частини.

У системі контролю водопостачання кількість таких імпульсів підраховується за допомогою Arduino, після чого визначається швидкість потоку (у літрах за годину) та сумарний об'єм рідини через відповідні розрахункові залежності. Основні технічні параметри датчика наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики сенсора YF-S201

Характеристика	Значення
Модель	YF-S201
Тип сенсора	Ефект Холла
Максимальне споживання струму	15мА
Тип виходу	5V TTL
Швидкість потоку	від 1 до 30 л/хв
Температура	до +80°C
Вологість	35% – 80%
Точність	±10%
Максимальний тиск води	2.0 МПа
Робочий цикл	50%
Час наростання вихідного сигналу	0.04 мс
Час спадання вихідного сигналу	0.18 мс
Імпульс швидкості потоку	Частота = 7.5 * Швидкість потоку
Тривалість	Мінімум 300,000 cycles
Довжина кабеля	15 см
Тип з'єднання на трубі	1/2" номінальне з'єднання труби, 0.78" вихід
Розмір	2.5"x1.4"x1.4"

Швидкість потоку можна оцінити різними методами, зокрема через аналіз зміни швидкісних характеристик. Вона залежить від інтенсивності руху води, а отже, і від тиску в трубопроводі.

Оскільки площа поперечного перерізу труби є відомою та сталою величиною, середня швидкість використовується як ключовий показник.

Базове співвідношення для визначення витрати рідини має вигляд:

$$Q = v \cdot S, \quad (2.1)$$

де Q – характеризує об'ємний потік води, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – середня швидкість потоку, $\text{м}/\text{с}$;

S – площа поперечного перерізу труби, м^2 .

При цьому на результат також впливають такі фактори, як в'язкість, густина рідини та сили тертя між водою і стінками трубопроводу.

Для датчика потоку YF-S201 розрахунок витрати базується на підрахунку імпульсів (частоти сигналу), і використовується стандартна залежність, на основі характеристик сенсора (табл. 2.2):

$$Q = \frac{f \cdot 60}{450} = \frac{f}{7.5}, \quad (2.2)$$

або,

$$f = 7.5 \cdot Q, \quad (2.3)$$

де, Q – витрата, $\text{л}/\text{хв}$;

f – частота імпульсів, Гц .

Для даного сенсора характерним є близько 450 імпульсів на 1 літр. Проте реальний коефіцієнт може бути $\approx 420\text{--}480$ імпл/л, тому потрібно проводити калібровку пристрою.

Приведемо одиниці вимірювання у формулі 2.2 до стандартної системи одиниць СІ:

$$Q = \frac{f}{7.5} \cdot \frac{0.001}{60}. \quad (2.4)$$

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отримаємо вираз для визначення витрати:

$$Q = \frac{f}{450000}, \quad (2.5)$$

де, Q – витрата, $\text{м}^3/\text{с}$;

f – частота, с^{-1} .

А об'єм спожитої води буде визначатись співвідношенням:

$$V = \frac{N}{450000}, \quad (2.6)$$

де, V – об'єм води, м^3 ;

N – кількість імпульсів.

Додатково варто зазначити, що подібні датчики широко застосовуються в автоматизованих системах керування, «розумних» системах водопостачання та побутових пристроях, де важливо не лише вимірювати витрати, а й оптимізувати споживання ресурсів.

Модуль ESP8266 побудований на базі однокристальної системи ESP8266, що інтегрує послідовний Wi-Fi трансивер (рис. 2.5). Цей чип забезпечує повноцінну реалізацію стеку протоколів TCP/IP і характеризується достатньо високою продуктивністю для обчислень. Завдяки цьому стає можливим розгортання простих TCP або UDP серверів безпосередньо на пристрої, що дозволяє створювати компактні рішення для концепції Інтернету речей (IoT).

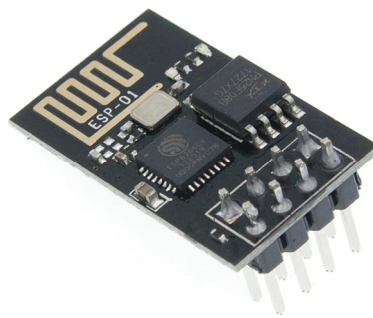


Рисунок 2.5 – Контролер ESP8266

Мікросхема ESP8266 містить 2 універсальних контактів введення/виведення (GPIO), які можна конфігурувати для різноманітних задач шляхом налаштування відповідних регістрів. Для задач із мінімальним енергоспоживанням ці контакти здатні зберігати свій стан. Наприклад, при відключенні живлення можна

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

встановити всі дозволяючі вихідні сигнали в низький рівень, що допомагає оптимізувати енергоспоживання системи.

Крім того, передбачена функція утримання стану для входів/виходів. У ситуаціях, коли контакт не контролюється ані внутрішніми, ані зовнішніми схемами, ця функція дозволяє зберігати останнє значення сигналу. Такий підхід підвищує стабільність роботи системи та запобігає небажаним змінам стану.

ESP8266 забезпечує можливість підключення мікроконтролерів до бездротової мережі Wi-Fi у діапазоні 2,4 ГГц відповідно до стандарту IEEE 802.11. Його можна застосовувати разом із прошивкою ESP-AT для організації зв'язку з зовнішніми MCU або використовувати як автономний контролер, запускаючи програмне забезпечення на базі RTOS. При цьому модуль підтримує обробку даних, керування GPIO та роботу з мережевими протоколами.

Сфера використання ESP8266 досить широка. Серед типових напрямів можна виділити:

- створення мережевої інфраструктури: вбудована антена дозволяє пристроям з'єднуватися з маршрутизаторами та передавати інформацію;
- обробку сигналів: від простого зчитування даних із датчиків до виконання складних алгоритмів;
- організацію прямого зв'язку між пристроями (peer-to-peer);
- розгортання вебсерверів із доступом до сторінок.

Середовище NodeMCU є відкритою платформою для розробки програмно–апаратних рішень, створеною на базі ESP8266. Воно значно спрощує роботу з цим чипом, оскільки сам по собі ESP8266 є доволі складним у використанні. Наприклад, навіть для виконання простих операцій – таких як увімкнення живлення чи передача сигналу про натискання кнопки – необхідно виконувати апаратні підключення та працювати з низькорівневими інструкціями.

Такий рівень складності не є критичним у масовому виробництві електроніки, але при створенні прототипів або навчальних проєктів доцільніше використовувати готові плати, такі як NodeMCU (рис. 2.6). Особливо це актуально при розробці систем моніторингу, наприклад, обліку водопостачання.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

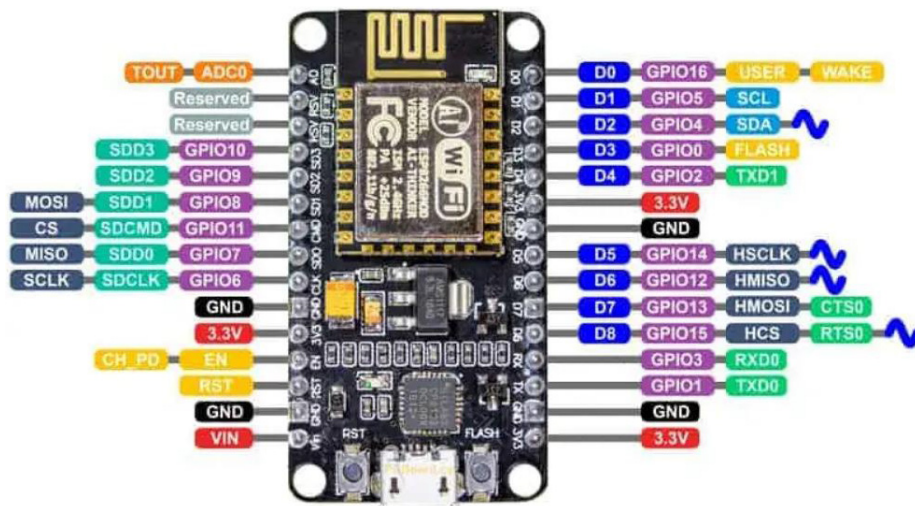


Рисунок 2.6 – NodeMCU

Існує кілька варіантів виконання NodeMCU, проте всі вони базуються на ядрі ESP8266. Більшість плат мають стандартне розташування контактів (30 пінів), хоча можуть відрізнятися шириною – вузькою або розширеною. Найбільш відомими є модифікації Amica та LoLin, які відрізняються геометрією плати та відстанню між контактами. Відкритість апаратної архітектури сприяє появі нових версій цих пристроїв.

ESP8266 може бути налаштований для функціонування як UDP-сервер. Для створення програмного забезпечення часто використовується Arduino IDE. Існують різні способи завантаження коду в модуль:

- через USB-TTL перетворювач;
- із використанням плати Arduino Uno без додаткового конвертера.

Другий спосіб зазвичай є більш тривалим, оскільки потребує попереднього завантаження порожньої програми на Arduino. Для переведення ESP8266 у режим прошивки необхідно підключити відповідний контакт до землі (GND). Під час запису програми світлодіод індикації блимає, сигналізуючи про процес завантаження. Після завершення процедури контакт слід від'єднати.

Типова IP-адреса пристрою встановлюється як 192.168.4.1, а стандартний порт – 23. При цьому сервер здатний обслуговувати лише одного клієнта одночасно, що варто враховувати при проєктуванні системи.

Важливим компонентом для організації послідовного обміну даними є UART (універсальний асинхронний приймач-передавач). Він виконує функцію

перетворення між паралельним і послідовним форматами передачі. З одного боку інтерфейс має кілька ліній даних і керування, а з іншого – два основні контакти: RX (прийом) і TX (передача) (рис. 2.7).

При створенні комп'ютеризованої системи обліку води важливо правильно реалізувати з'єднання між Arduino Uno та ESP8266, оскільки від цього залежить стабільність передачі даних і коректність роботи всієї системи.

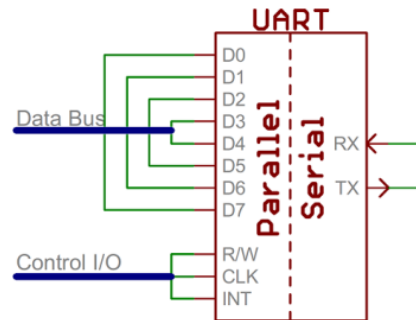


Рисунок 2.7 – Інтерфейс UART

Послідовність підключення виводів плат Arduino Uno та ESP8266 для мікроконтролерної системи обліку водоспоживання показано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Схема підключення плат ESP8266 та Arduino Uno

Плата ESP8266	Плата Arduino Uno
TX	D5
GND	GND1
CH_PD	3.3V
GPI02	–
Rest	–
GPI00	–
VCC	3.3V
RX	D6

Модуль годинника реального часу DS3231 є доступним за ціною та водночас високоточним рішенням, яке взаємодіє з іншими пристроями через інтерфейс I2C. У середині цього пристрою використовується вбудований кварцовий генератор із температурною компенсацією, що значно підвищує стабільність роботи. Додаткове живлення реалізується за рахунок батареї, завдяки якій пристрій продовжує функціонувати навіть при зникненні основного джерела енергії. На рисунку 2.8 наведено зовнішній вигляд цього модуля, який застосовується під час створення системи моніторингу споживання води.



Рисунок 2.8 – Модуль DS3231

Такий пристрій може бути використаний як у побутових рішеннях, так і в промислових системах. Він забезпечує збереження часових параметрів у широкому діапазоні – від секунд до повних календарних значень, включаючи місяць і рік. Слід зазначити, що календар автоматично враховує різну тривалість місяців, а також обробляє високосні роки, що підвищує точність обліку часу.

Годинник реального часу DS3231 підтримує два формати відображення часу: 24-годинний і 12-годинний із позначенням АМ/РМ. Окрім цього, передбачена можливість налаштування сигналів будильника та використання програмованого прямокутного сигналу на виході, що розширює функціональність пристрою у вбудованих системах.

Інтерфейс I2C виконує роль двостороннього каналу обміну інформацією, через який передаються як дані, так і адреси пристроїв. Для контролю живлення використовується спеціальна схема з компаратором, яка разом із джерелом опорної напруги та механізмом температурної компенсації забезпечує автоматичний перехід на резервне живлення від батареї. Вивід RST може застосовуватись як кнопка для зовнішнього перезавантаження системи.

Модуль RTC об'єднує мікросхему реального часу з внутрішнім кристалом і блоком налаштовуваних конденсаторів. Температурний режим кристала постійно відстежується, а параметри конденсаторів автоматично коригуються для збереження стабільної частоти генерації сигналу.

У порівнянні з іншими RTC-рішеннями, цей модуль демонструє дуже малу похибку – менше однієї хвилини на рік навіть за умов значних температурних

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

коливань. Така точність робить його придатним для застосувань, де регулярна синхронізація із зовнішніми джерелами часу є складною або неможливою.

Серед основних характеристик пристрою можна виділити:

- пряме підключення до портів введення-виведення мікроконтролера;
- наявність двох незалежних будильників;
- підтримку двох прогнатованих вихідних сигналів прямокутної форми;
- генерацію часових значень (секунди, хвилини, години, дні, дати, місяці, роки) з урахуванням календарних особливостей до 2100 року;
- наявність роз'єму для батарей типу LIR2032.

Схема з'єднання контактів між модулем реального часу та платою Arduino Uno наведена у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Схема підключення плат DS3231 та Arduino Uno

Плата DS3231	Плата Arduino Uno
SCL	SCL
SDA	SDA
VCC	5V
GND	GND1

Для повноцінної реалізації системи обліку споживання води необхідно також використовувати модуль збереження інформації на основі карти пам'яті. З цією метою застосовується модуль Micro SD, який забезпечує запис і читання даних. Робоча напруга таких карт становить 3,3 В. На рисунку 2.9 представлено типовий вигляд цього пристрою.

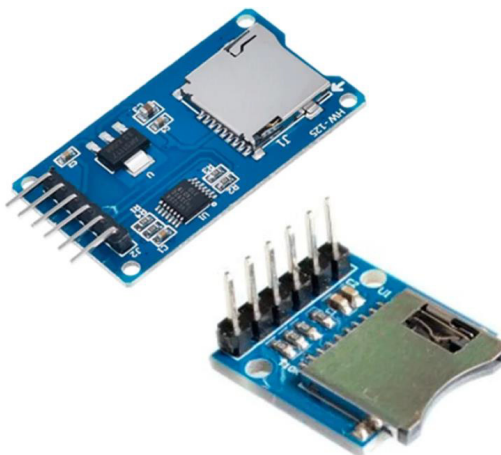


Рисунок 2.9 – Модуль SD-карти

Як показано на рисунку 2.8, модуль має шість контактів: два відповідають за живлення (VCC і GND), а ще чотири використовуються для обміну даними через інтерфейс SPI. Підключення до плати Arduino Uno здійснюється відповідно до схеми, наведеної у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Схема підключення плат Micro SD та Arduino Uno

Плата ESP8266	Плата Arduino Uno
CS	D4
SCK	D13
MOSI	D11
MISO	D12
VCC	5V
GND	GND2

Передача даних між мікроконтролером і картою пам'яті відбувається через SPI-інтерфейс, який реалізується за допомогою цифрових контактів D11, D12 і D13. Для вибору пристрою використовується окремий контакт, наприклад, CS (контакт D4), що дозволяє коректно організувати обмін інформацією.

2.3 Програмне забезпечення проєктованої системи

Задля організації локального відстеження показників водяного лічильника було створено програму з використанням мови C. Це дозволило реалізувати базову логіку обробки даних, взаємодії з апаратними компонентами та подальшої передачі інформації.

Середовище розробки Arduino IDE є відкритою електронною платформою, яка поєднує прості апаратні рішення з доступним програмним інтерфейсом. Розробники мають можливість передавати набір команд безпосередньо до мікроконтролера. Важливою перевагою є відкритість вихідного коду плат, що дає змогу користувачам самостійно відтворювати їх та модифікувати під власні задачі. У проєкті це середовище застосовується для конфігурації, інтеграції та керування складовими, описаними у цьому розділі, та для тестування їх взаємодії.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Перед створенням програмного забезпечення для роботи з такими компонентами, як модуль ESP8266, датчик потоку води на базі ефекту Холла, модуль реального часу та інші пристрої, необхідно виконати низку підготовчих дій. Це включає налаштування середовища, перевірку підключень та підготовку апаратної частини до роботи.

Wi-Fi модуль ESP8266 зазвичай постачається із заводською прошивкою. Після підключення до плати Arduino і запису користувацької програми стандартне програмне забезпечення стирається. Для роботи з цим модулем у середовищі Arduino IDE потрібно попередньо змінити деякі параметри. Зокрема, у меню Файл→Параметри необхідно додати відповідне посилання в поле URL для менеджера плат: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json (рис. 2.10).

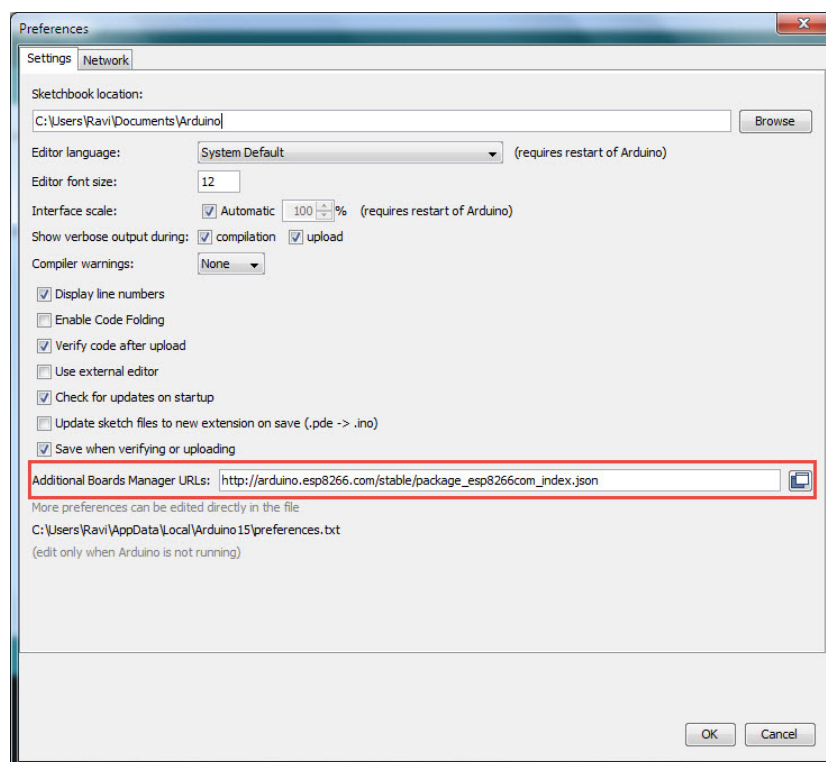


Рисунок 2.10 – Налаштування ESP8266

Слід враховувати, що ESP8266 функціонує при напрузі 3,3 В. Подання більшого значення, наприклад 5 В, може призвести до пошкодження мікросхеми. Тому контакти живлення VCC і CH_PD підключаються до відповідного джерела з необхідною напругою.

В розділі Tools→Board→Boards Manager потрібно знайти пакет ESP8266 та встановити його (рис. 2.11).

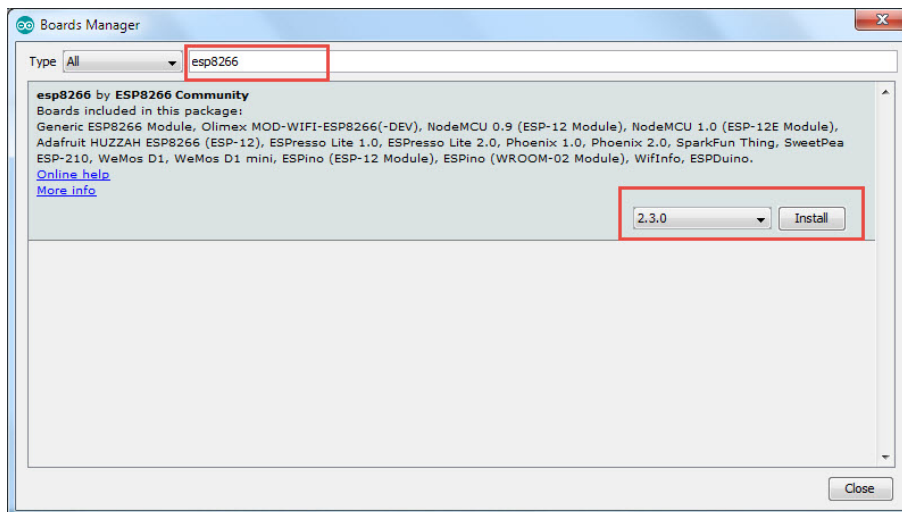


Рисунок 2.11 – Встановлення ESP8266

Також модуль підтримує два режими: режим прошивки та стандартний робочий режим. У першому випадку здійснюється запис програм або оновлення, у другому – виконання вже завантаженого коду. Для переходу в режим програмування необхідно з'єднати GPIO0 із землею (GND). Контакт RST відповідає за перезавантаження пристрою і активується низьким рівнем сигналу, тому використовується кнопка для його короткочасного замикання на землю.

З'єднання RX і TX модуля здійснюється з відповідними контактами Arduino. Оскільки рівень сигналу Arduino може становити 5 В, для захисту ESP8266 застосовується дільник напруги, реалізований на резисторах. Додатково контакт GPIO2 може бути підключений до світлодіода для індикації роботи програми та перевірки коректності виконання коду.

Після подачі живлення необхідно натиснути кнопку скидання та відкрити Arduino IDE. У налаштуваннях плати обирається варіант «Generic ESP8266», а також відповідний COM-порт (рис. 2.12).

Далі відкривається тестовий приклад Blink, де змінюється номер виводу світлодіода на GPIO2. Перед завантаженням коду слід перевірити, чи підключений GPIO0 до GND, і виконати перезавантаження:

```

1 void setup()
2 {
3   pinMode (2, OUTPUT);
4 }
5 void loop()
6 {
7   digitalWrite(2, HIGH);

```

```

8 delay(1000);
9 digitalWrite(2, LOW);
10 delay(1000);
11 }

```

Під час компіляції та запису програми потрібно зачекати завершення процесу. Після успішного завантаження можна від'єднати GPIO0 від землі. Важливо також не вимикати живлення протягом кількох хвилин після прошивки, оскільки відбувається внутрішня конфігурація пристрою.

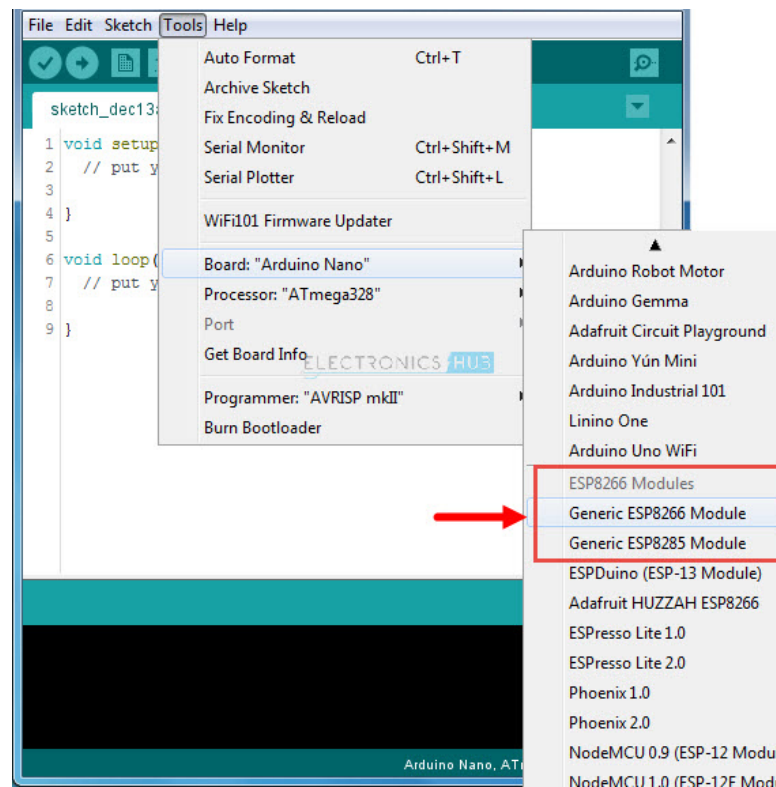


Рисунок 2.12 – Вибір номера порту

Для роботи з модулем реального часу DS3231 необхідно встановити відповідну бібліотеку в Arduino IDE (рис. 2.13).

Під час налаштування слід правильно задати параметри дати й часу, враховуючи формат їх кодування. Це дозволяє забезпечити точну фіксацію моментів вимірювання:

```

1 void setup()
2 {
3 }
4 // Setup Serial connection
5 Serial.begin(9600);
6 rtc.begin();
7 // The following lines can be uncommented to set the date and time
8 rtc.setDOW (WEDNESDAY);
9 rtc.setTime (22, 0, 0);

```

```

10 rtc.setDate (07, 04, 2026);
11 // Set Day-of-Week to WEDNESDAY
12 // Set the time to 22:00:00 (24hr format)
13 // Set the date to Tuesday 7th, 2026

```

Модуль SD-карти використовується для запису показників споживання води. Дані з датчика потоку та модуля часу зберігаються у текстовому файлі, що дозволяє надалі передавати їх на мобільні пристрої для аналізу або формування рахунків. Такий спосіб зберігання є економічно вигідним і достатньо надійним. Arduino IDE має вбудовані бібліотеки для роботи з SD-накопичувачами, що значно спрощує розробку.



Рисунок 2.13 – Встановлення бібліотеки RTC

Під час ініціалізації карти пам'яті використовується спеціальна процедура перевірки її доступності (рис. 2.14).

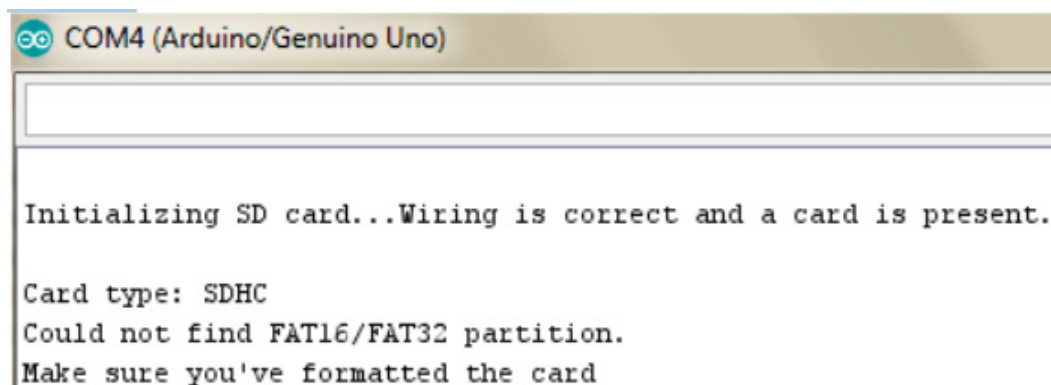


Рисунок 2.14 – Ініціалізація SD-карти

Бібліотека підтримує файлові системи FAT16 і FAT32, що дозволяє працювати як зі стандартними SD, так і з SDHC носіями. При створенні файлів потрібно використовувати короткі імена відповідно до обмежень формату (8 символів для імені та 3 – для розширення). Також допускається використання шляхів із розділенням символом «/».

Робочим каталогом за замовчуванням є коренева директорія карти, тому шлях до файлу інтерпретується однаково незалежно від наявності початкового символу.

Для перевірки коректності роботи SD-карти буде використовуватись алгоритм ініціалізації та перевірки (рис. 2.15).

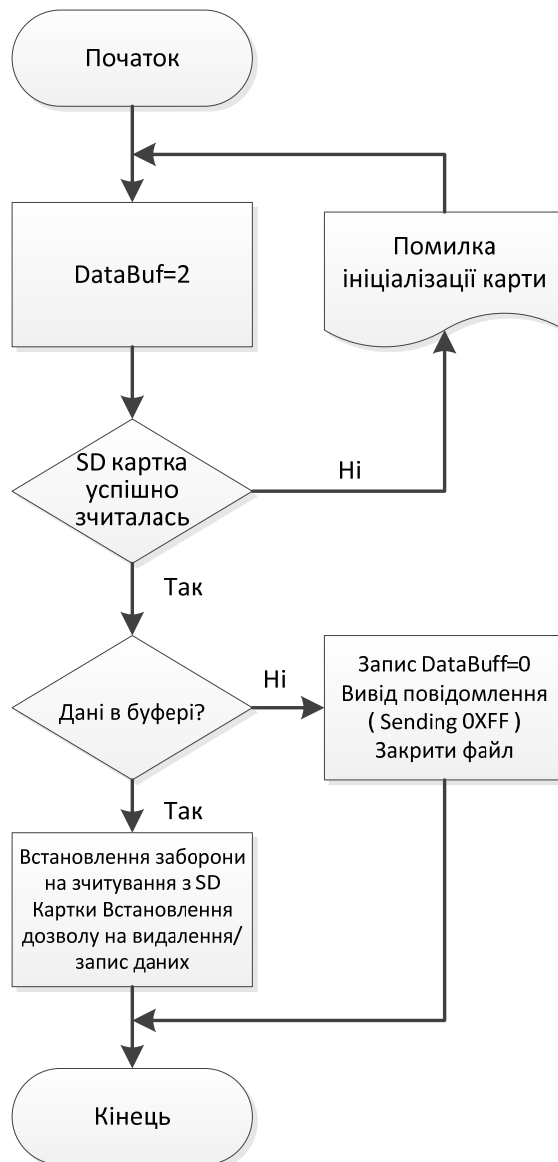


Рисунок 2.15 – Блок–схема алгоритму ініціалізації SD–карти

Програмний код, який здійснює ініціалізацію SD-карти перед записом даних згідно зазначеного алгоритму:

```

1  if (ChipSelectPin)
2  {
3  print("Initialization failed!");
4  }
5  else
6  {
7  print ("Initialization done!");

```

```

8 }
9 end if
10 if (file not found)
11 {
12 print ("SD File Open Error!");
13 }
14 end if

```

Перед використанням SD-карту необхідно відформатувати: для носіїв до 4 ГБ застосовується FAT16, для більших – FAT32. У разі неправильного форматування система видає повідомлення про помилку:

```

Initializing SD card...Wiring is correct and a card is present.
Card type: SDHC
Could not find FAT16/FAT32 partition.
Make sure you've formatted the card

```

Завантаження UDP-сервера на ESP8266 може виконуватись як із використанням USB-TTL перетворювача, так і без нього. Для успішного завантаження серверного коду

```

1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #define MAX_SRV_CLIENTS 1
3 WiFiServer server (23);
4 WiFiClient server Clients [MAX_SRV_CLIENTS];

```

необхідно, щоб ESP8266 перебував у режимі програмування, тобто GPIO0 був з'єднаний із GND.

Під час запису програмного забезпечення індикатор модуля зазвичай блимає, що сигналізує про активність. Після завершення стає доступною IP-адреса 192.168.4.1 та порт 23, через які можна підключатися до сервера. Це дозволяє організувати обмін даними між пристроями в мережі.

Після коректного підключення датчика потоку води необхідно виконати його калібрування. Це включає встановлення коефіцієнта, наприклад 450, та перевірку відповідності вимірюваних значень реальному потоку:

```

1 byte sensorInterrupt = 0; // 0 = digital pin 2
2 byte sensorPin       = 2;
3
4 // The hall-effect flow sensor outputs approximately 450 pulses per second per
5 // litre/minute of flow.
6 float calibrationFactor 450;

```

Така процедура підвищує точність обліку та надійність системи.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

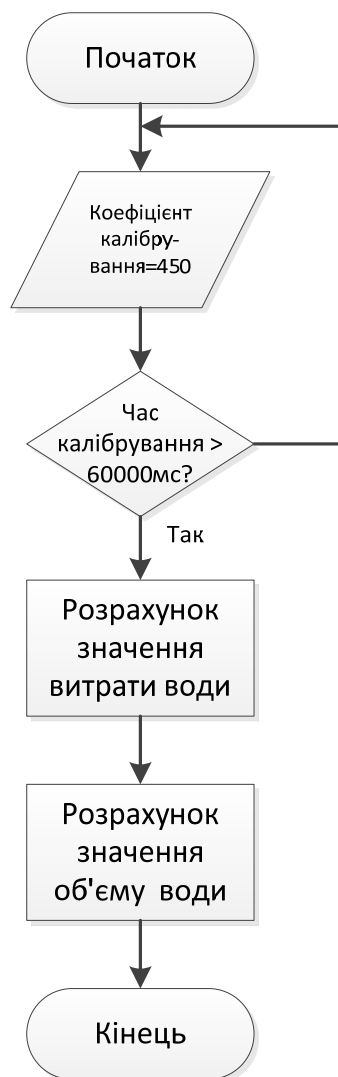


Рисунок 2.16 – Блок-схема алгоритму калібрування давача

Алгоритм процедури калібрування давача потоку води представлено на рисунку 2.16.

2.4 Проектування системи

Проектування розглядається як діяльність, спрямована на створення концепції, макета чи моделі майбутнього об'єкта, визначення його характеристик і способів реалізації. Під час виконання цієї роботи зазвичай застосовується системний підхід: формується структура системи, уточнюються види взаємозв'язків між елементами, описуються їхні параметри, а також оцінюється вплив факторів, зокрема технологічних, економічних і екологічних умов.

Функціональна схема є графічним або логічним поданням, яке відображає процеси, що відбуваються в окремих вузлах чи модулях пристрою, а також демонструє їхню взаємодію в межах усього обладнання. Вона використовується для кращого розуміння принципів роботи системи, спрощення аналізу та подальшого вдосконалення.

Сучасна система обліку споживання води, побудована із застосуванням IoT-технологій (Інтернету речей), орієнтована на автоматизацію збору та обробки даних щодо використання водних ресурсів у домогосподарствах і організаціях. Станом на 2026 рік такі рішення дедалі частіше інтегруються з хмарними сервісами, мобільними застосунками та платформами розумного міста (Smart City), що дає змогу не лише формувати рахунки, а й забезпечувати дистанційний контроль, аналітику в реальному часі та взаємодію з користувачами. На апаратному рівні використовуються сучасні енергоефективні мікроконтролери, цифрові лічильники та сенсори витрати води, які передають інформацію через бездротові мережі (наприклад, NB-IoT, LoRaWAN або Wi-Fi).

Автоматизована система контролю водоспоживання являє собою інтегрований комплекс програмних і технічних засобів, призначених для збору, обробки, зберігання та аналізу інформації про використання води. До ключових можливостей такої системи належать (рис. 2.17):

- фіксація обсягів споживання: здійснюється збір показників із різних точок
- житлових будинків, підприємств, муніципальних об'єктів та інших споживачів;
- спостереження та аналітика: отримані дані обробляються із застосуванням сучасних алгоритмів, включаючи елементи штучного інтелекту, що дозволяє виявляти аномалії, витoki або несанкціоноване використання ресурсів, а також будувати прогнози;
- керування ресурсами: система підтримує прийняття рішень щодо оптимального розподілу води, планування технічного обслуговування, оновлення мереж і зменшення втрат;
- формування рахунків і контроль оплат: автоматизується виставлення платіжних документів, ведення історії оплат, інтеграція з онлайн-платежами;

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

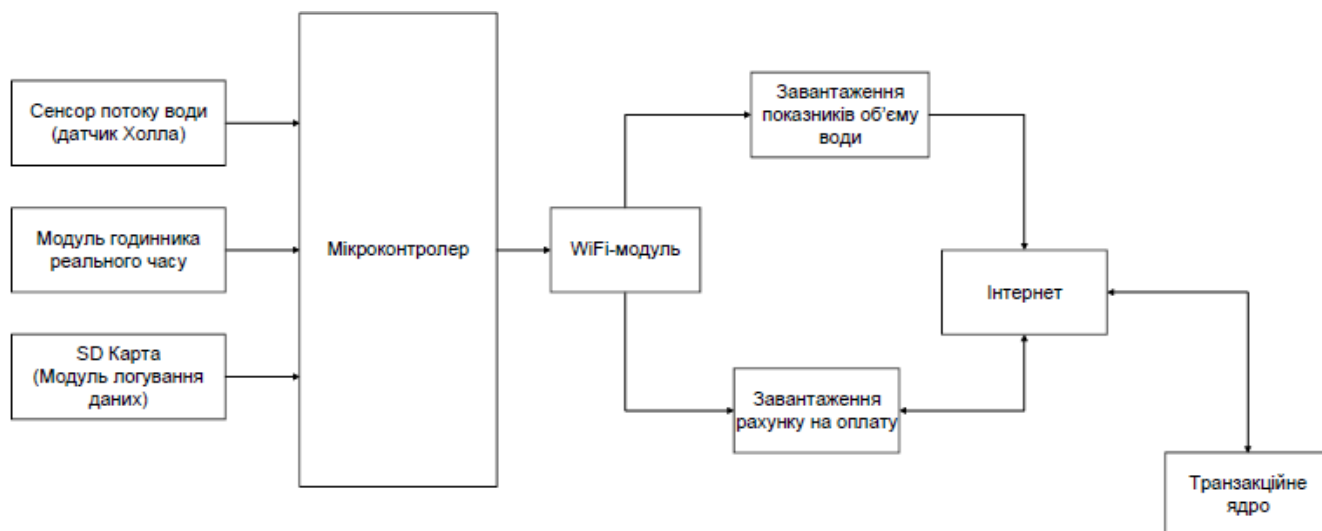


Рисунок 2.17 – Функціональна схема системи

– контроль якості води: додаткові модулі дають змогу відстежувати показники якості (наприклад, рівень забруднення, температуру чи хімічний склад) і оперативно реагувати на відхилення.

Впровадження таких систем сприяє більш раціональному використанню водних ресурсів, підвищенню прозорості обліку та якості обслуговування споживачів, а також відповідає сучасним вимогам цифровізації інфраструктури та сталого розвитку.

Система цифрового моніторингу водопостачання, що базується на використанні IoT-пристроїв, має забезпечувати виконання такого переліку функціональних можливостей:

- здійснення точного визначення витрати рідини, яка протікає трубопроводом у точці встановлення вимірювального сенсора;
- автоматизований підрахунок обсягу використаної води на основі показників датчика потоку, що функціонує із застосуванням ефекту Холла або сучасних його аналогів;
- фіксація часових міток (дата і час) у режимі реального часу з урахуванням актуальних стандартів синхронізації (наприклад, через NTP-сервери);
- запис отриманих значень разом із часовими позначками у локальне сховище, зокрема на карту пам'яті формату SD або інші вбудовані носії;
- передавання інформації до хмарної інфраструктури з використанням протоколів (MQTT, HTTPS, CoAP) для забезпечення надійності та безпеки;

- надання кінцевим користувачам доступу до перегляду актуальних показників споживання води через веб–інтерфейс або мобільний застосунок;
- забезпечення можливості формування та друку електронних квитанцій або рахунків за використанні водні ресурси;
- підтримка функціоналу імпорту даних уповноваженими працівниками підприємства з локальних файлів (наприклад, CSV або TXT), що зберігаються на носіях, у хмарне середовище для подальшої обробки;
- реалізація гнучкої системи керування доступом на основі ролей (RBAC) при роботі з веб-додатком, розгорнутим у хмарі;
- створення інтуїтивно зрозумілого, адаптивного та зручного інтерфейсу користувача з урахуванням сучасних UX/UI практик;
- впровадження надійних механізмів автентифікації користувачів, включаючи багатофакторну перевірку (MFA), OAuth2 або інші актуальні стандарти кібербезпеки.

Додатково, відповідно до сучасних тенденцій розвитку IoT-систем, така система може включати аналітику споживання води, виявлення витоків за допомогою алгоритмів машинного навчання, а також інтеграцію з іншими елементами розумної інфраструктури (Smart City).

Блок-схема алгоритму роботи системи (додаток А) містить такі етапи.

1 Початок:

- ініціалізація системи та сенсорів.

2 Збір даних з сенсорів:

- датчики потоку визначають витрату води (за ефектом Холла);
- фіксуються часові мітки (дата/час, синхронізація через NTP).

3 Запис даних у локальне сховище:

- збереження на SD-карту або вбудовану пам'ять;
- перевірка коректності даних.

4 Передача даних до хмарної платформи:

- використання протоколів MQTT / HTTPS / CoAP;
- забезпечення безпечної передачі та цілісності даних.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

5 Обробка та аналіз даних:

- формування щоденних/щомісячних обсягів споживання;
- виявлення аномалій: витоки, несанкціоноване використання;
- побудова прогнозів споживання води.

6 Формування рахунків та контроль оплат:

- автоматичне формування електронних квитанцій;
- інтеграція з онлайн-платежами;
- ведення історії оплат.

7 Взаємодія з користувачем:

- Веб-інтерфейс / мобільний застосунок;
- перегляд показників споживання води у реальному часі;
- надання доступу на основі ролей (RBAC);
- аутентифікація користувачів (MFA, OAuth2).

8 Імпорт / інтеграція даних:

- завантаження локальних CSV/TXT файлів користувачами;
- синхронізація з іншими сервісами Smart City.

9 Кінець циклу:

- дані оновлюються періодично;
- повернення до збору нових показників.

2.5 UML-діаграми системи

Діаграми послідовностей відображають черговість передавання повідомлень і характер взаємодій, які виникають між учасниками системи – як акторами, так і об'єктами. Вони дають змогу простежити логіку обміну сигналами у часі та зрозуміти, як саме відбувається координація дій між елементами.

Учасники процесу (актори чи об'єкти) стають активними лише за певних умов – наприклад, у момент отримання запиту або коли інший компонент ініціює взаємодію. Уся передача повідомлень у таких діаграмах впорядковується

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

відповідно до часової послідовності, що дозволяє чітко відстежити причинно–наслідкові зв’язки між подіями. У сучасних підходах такі діаграми часто застосовуються разом із асинхронними викликами, подієво-орієнтованими архітектурами та мікросервісними системами.

Структурні діаграми призначені для демонстрації внутрішньої організації системи та її архітектурної побудови. Вони активно використовуються у процесі створення програмних продуктів для відображення складових частин системи, їх властивостей і взаємозв’язків між ними. Зокрема, за допомогою таких схем можна наочно показати, як окремі модулі або компоненти інтегруються між собою, формуючи цілісну структуру.

Структурні моделі також застосовуються для документування хмарних рішень, контейнеризованих середовищ і розподілених систем, що робить їх важливим інструментом як для проєктування, так і для подальшого супроводу програмних продуктів.

Діаграма послідовності представлена на рисунку 2.18. Основні учасники:

- користувач – людина, яка переглядає дані та оплачує рахунки;
- сенсор потоку – вимірює витрати води;
- локальне сховище – тимчасово зберігає дані;
- хмарний сервер – центральна система обробки;
- аналітичний модуль – аналізує дані;
- мобільний/веб застосунок – інтерфейс для користувача.

Опис сценарію роботи системи містить такі етапи.

1. Збір та запис даних. Сенсор вимірює витрати води, додає часову мітку, передає дані у локальне сховище. Це дозволяє працювати навіть без постійного інтернету.

2. Передача даних у хмару. Локальне сховище надсилає дані на сервер (MQTT/HTTPS/CoAP). Сервер передає їх в аналітичний модуль. Аналітика повертає результати (в даному проєкті це не реалізується): виявлення витоків; аномалії; прогнози споживання.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

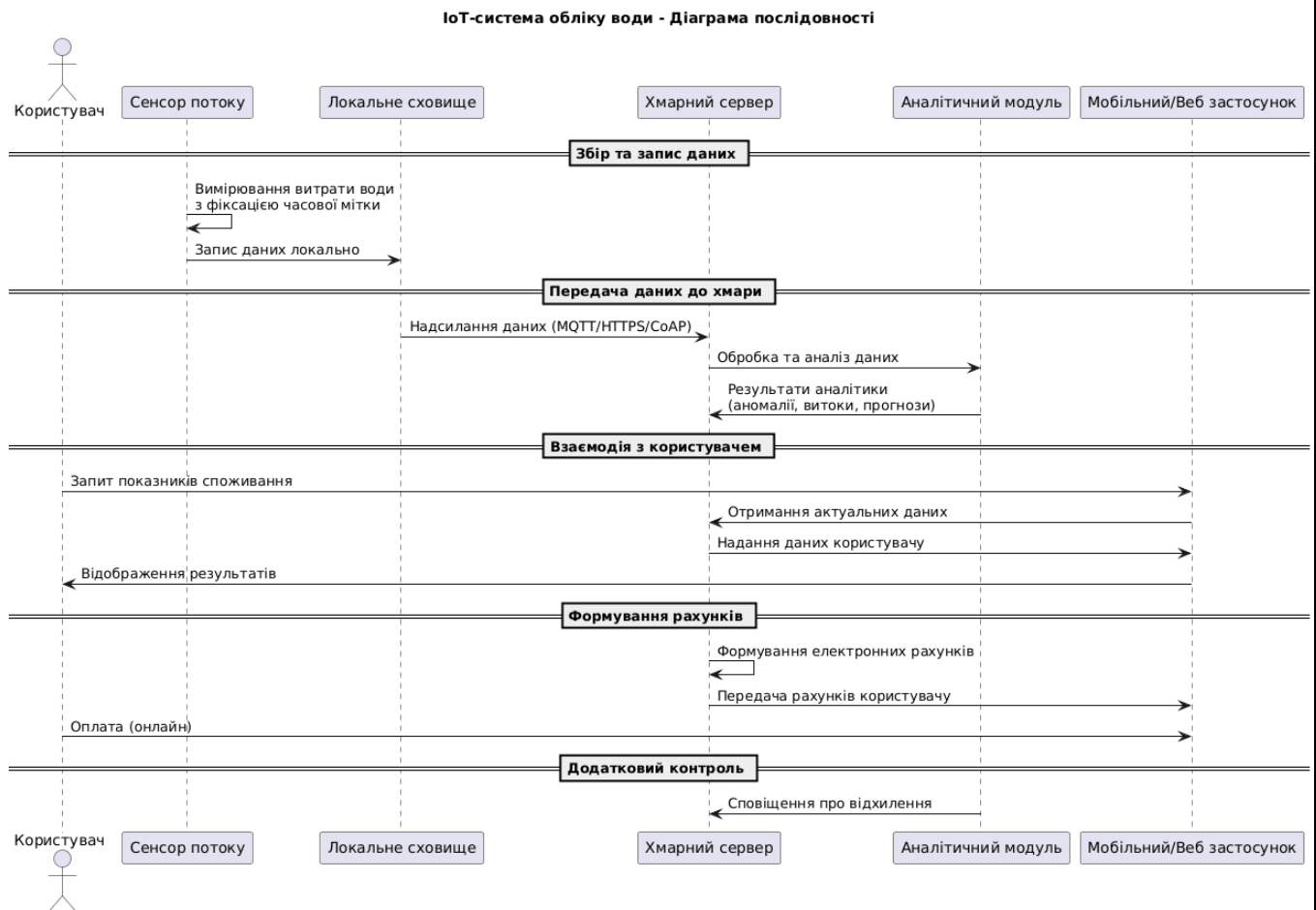


Рисунок 2.18 – Діаграма послідовності

3. Взаємодія з користувачем. Користувач відкриває застосунок і робить запит. Застосунок звертається до хмарного сервера. Сервер повертає актуальні дані. Застосунок відображає їх користувачу.

4. Формування рахунків. Сервер автоматично створює рахунки. Вони передаються у застосунок. Користувач може оплатити онлайн. Повністю автоматизований білінг.

Основна мета цього сценарію – забезпечити користувачу можливість отримувати та переглядати актуальні дані через веб-додаток шляхом взаємодії з сервером та API.

Діаграми варіантів використання застосовують для дослідження та формалізації ключових вимог, пов'язаних із створенням програмної системи. Зазвичай такі вимоги описуються у вигляді сценаріїв взаємодії, що демонструють, як саме користувач або інша сутність працює із системою в різних ситуаціях.

У структурі подібних діаграм прийнято виділяти три базові складові:

- функціональні можливості системи, які відображаються через окремі сценарії використання;
- актори – сутності, що взаємодіють із програмним продуктом; ними можуть бути як кінцеві користувачі, так і організації, зовнішні сервіси, API або інші програмні модулі;
- зв’язки між акторами та сценаріями, які ілюструють характер взаємодії (у сучасних UML-інструментах, станом на 2026 рік, це можуть бути не лише прості стрілки, а й уточнені типи відносин, наприклад include, extend або асоціації з підписами ролей).

Приклад такої діаграми для системи контролю споживання води наведено на рисунку 2.19.

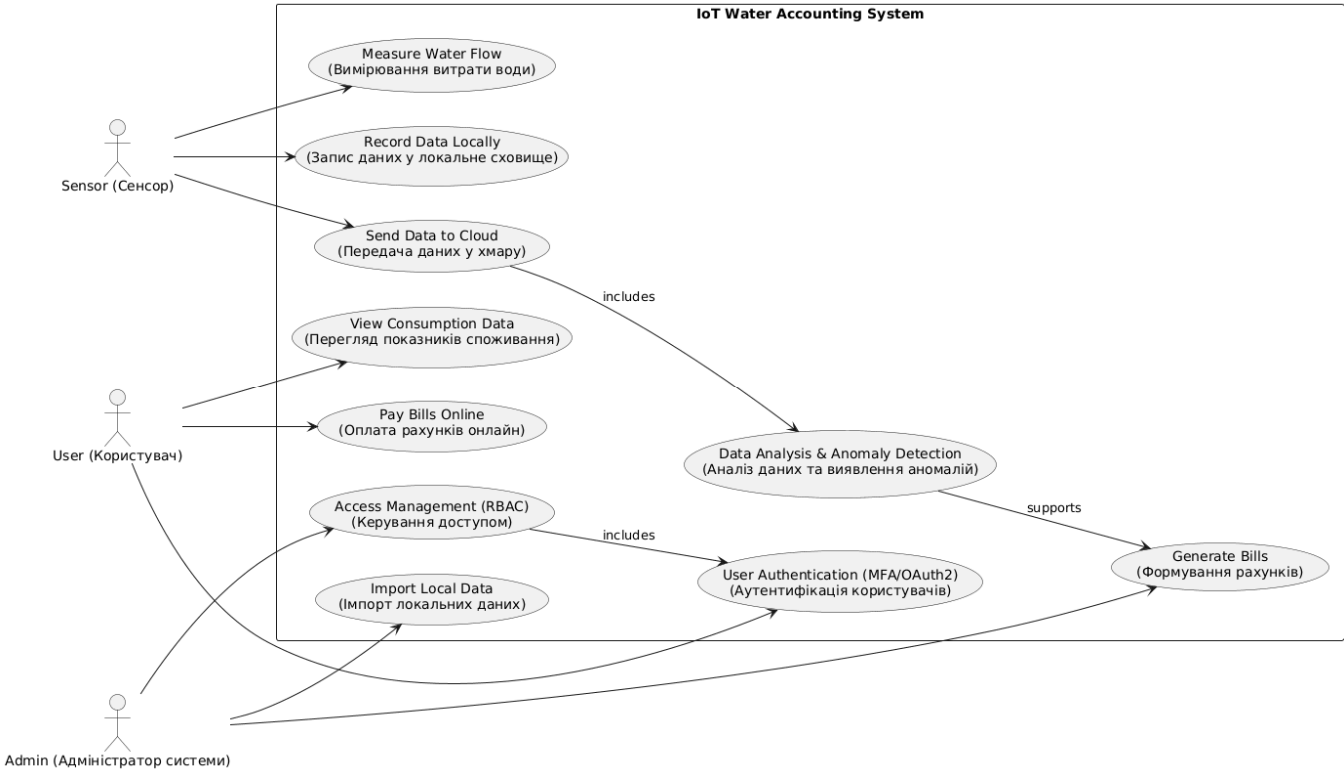


Рисунок 2.19 – Діаграма прецедентів

Наведена схема відображає типові сценарії взаємодії користувача з програмою, серверною частиною та інтерфейсом. Варто зазначити, що у сучасних системах інтерфейс користувача часто реалізується як веб- або мобільний застосунок із підтримкою хмарних сервісів, аналітики в реальному часі та інтеграції з IoT-пристроями (наприклад, «розумними» лічильниками води). Це

розширює класичну модель взаємодії, додаючи нові ролі акторів, такі як автоматизовані сенсори або зовнішні платформи обробки даних.

Система призначена для: вимірювання споживання води через сенсори; передачі даних у хмару; аналізу та виявлення аномалій; формування рахунків; оплати користувачами.

Актори, хто взаємодіє із системою:

- User (Користувач) – звичайний споживач води, який переглядає споживання, оплачує рахунки, проходить автентифікацію;
- Admin (Адміністратор) – керує системою: імпортує локальні дані; керує доступом (RBAC); формує рахунки;
- Sensor (Сенсор) – IoT-пристрій, який автоматично: вимірює витрату води; записує дані локально; відправляє дані в хмару.

Основні прецеденти системи:

- збір і передача даних: Measure Water Flow – вимірювання витрати води; Record Data Locally – локальне збереження; Send Data to Cloud – передача в хмару.

Ланцюг роботи: сенсор → вимір → запис → відправка в хмару;

- аналіз даних: Data Analysis & Anomaly Detection – аналізує споживання знаходить аномалії (перевитрати);

- білінг (рахунки): Generate Bills – створення рахунків; Pay Bills Online – онлайн-оплата. Логіка: аналіз → формування рахунку → оплата;

- інтерфейс користувача: View Consumption Data – перегляд статистики використання води; User Authentication – вхід у систему.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.6 Висновки до розділу

У результаті виконаного проєктування сформовано архітектуру системи та створено фізичну схему взаємодії її складових. Було обґрунтовано вибір ключових компонентів, зокрема датчика витрати води, модуля реального часу, накопичувача даних на базі Micro SD, бездротового модуля ESP8266 та плати Arduino Uno. Проведені налаштування та розроблені програми забезпечують узгоджену роботу всіх елементів системи обліку водопостачання. Додатково система може бути розширена шляхом інтеграції з хмарними сервісами або аналітичними платформами для більш глибокої обробки отриманої інформації.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 Реалізація модуля вимірювання витрати води

Поєднання всіх розглянутих у п. 2.2 компонентів дає змогу реалізувати фізичний рівень системи обліку водопостачання відповідно до обраної архітектури. На рисунку Б.1 (додаток Б) показано загальну схему підключення всіх елементів.

Електрична схема модуля вимірювання витрати та об'єму спожитої води зображена на рисунку 3.1.

Розроблена електрична схема пристрою базується на використанні мікроконтролерної платформи Arduino Uno R3, яка виконує функції центрального обчислювального вузла системи. Основним призначенням пристрою є вимірювання витрати рідини, обробка отриманих даних, їх збереження та передача через бездротові канали зв'язку.

У якості керуючого елемента використано плату Arduino Uno R3 (U1), побудовану на базі мікроконтролера ATmega328P. Вона забезпечує:

- зчитування імпульсного сигналу з датчика витрати;
- обробку та аналіз даних;
- взаємодію з периферійними модулями через інтерфейси I2C, SPI та UART;
- формування керуючих сигналів.

Живлення плати здійснюється від стабілізованого джерела постійної напруги 5 В.

Для вимірювання витрати використовується датчик типу Flow Meter (U5), який формує імпульсний сигнал, частота якого пропорційна швидкості потоку рідини. Датчик має три виводи:

- VCC (живлення);
- ND (загальний провід);
- SIG (сигнальний вихід).

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

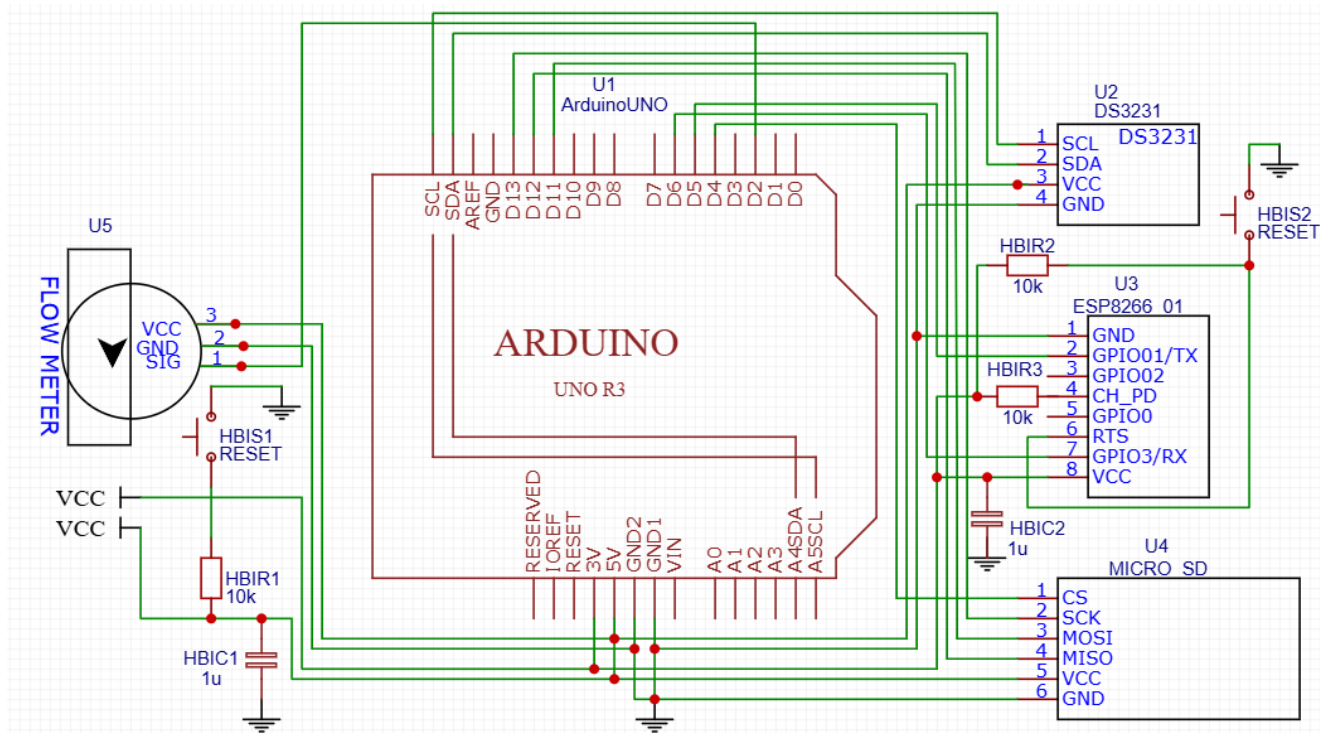


Рисунок 3.1 – Електрична принципова схема модуля вимірювання витрати

Сигнальний вихід підключений до цифрового входу мікроконтролера. Для забезпечення стабільності сигналу використано підтягуючий резистор номіналом 10 кОм, а також фільтруючий конденсатор ємністю 1 мкФ, що зменшує вплив електричних завад.

Для фіксації часових параметрів вимірювань використано модуль годинника реального часу на базі мікросхеми DS3231 (U2). Зв'язок із мікроконтролером реалізовано за допомогою інтерфейсу I2C:

- лінія SDA підключена до аналогового входу A4;
- лінія SCL – до входу A5.

Модуль забезпечує високу точність відліку часу та дозволяє здійснювати часову прив'язку даних, що є необхідним для подальшого аналізу.

Передача даних у мережу здійснюється за допомогою Wi-Fi модуля ESP8266-01 (U3). Обмін даними між Arduino та модулем реалізовано через послідовний інтерфейс UART:

- TX модуля підключений до RX мікроконтролера;
- RX модуля – до TX мікроконтролера.

Для забезпечення коректної роботи модуля використано підтягуючі резистори (10 кОм) на лініях CH_PD та RST. Живлення модуля становить 3,3 В, що враховує його технічні вимоги. Додатково застосовано конденсатор ємністю 1 мкФ для стабілізації напруги живлення.

Збереження результатів вимірювань реалізовано за допомогою модуля карти пам'яті Micro SD (U4), який підключений до Arduino через інтерфейс SPI:

- SCK – до цифрового виводу D13;
- MISO – до D12;
- MOSI – до D11;
- CS – до цифрового виводу D43 (визначається програмно).

Модуль дозволяє здійснювати довготривале зберігання даних у вигляді файлів, що значно спрощує подальшу обробку інформації.

Усі компоненти схеми мають спільний загальний провід (GND), що забезпечує коректну роботу системи. Для підвищення завадостійкості застосовано фільтруючі конденсатори та підтягуючі резистори.

Живлення модулів реалізовано з урахуванням їхніх технічних характеристик:

- Arduino та більшість периферійних модулів – 5 В;
- ESP8266 – 3,3 В.

Під час створення принципової електричної схеми було використано сучасне середовище моделювання та проєктування друкованих плат EasyEDA. Це програмне рішення доступне безкоштовно у базовій версії та вирізняється зручним, зрозумілим користувацьким інтерфейсом, що особливо важливо як для початківців, так і для досвідчених інженерів. Платформа демонструє стабільну роботу, високу надійність і не потребує значного часу для опанування, оскільки більшість інструментів логічно структуровані.

У версії, актуальній на 2026 рік, EasyEDA інтегрується з хмарними сервісами та підтримує спільну роботу над проєктами в режимі реального часу, що значно підвищує ефективність командної розробки. Крім того, система включає розширену бібліотеку електронних компонентів, яка регулярно

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

оновлюється та синхронізується з виробниками, що дозволяє використовувати актуальні моделі елементів.

Також середовище надає доступ до численних прикладів схем і готових проєктів, які можна використовувати як основу для власних розробок. Окрім стандартних бібліотек, користувач має змогу імпортувати власні компоненти або бібліотеки, створені самостійно чи іншими розробниками, з подальшою можливістю їх редагування та адаптації під конкретні задачі. Це забезпечує гнучкість у проєктуванні та розширює функціональні можливості платформи.

Запропонована схема забезпечує комплексне вирішення задачі вимірювання витрати рідини з можливістю:

- точного визначення об'єму потоку;
- прив'язки даних до реального часу;
- збереження інформації на зовнішній носій;
- передачі даних через бездротову мережу.

Це дозволяє використовувати розроблений пристрій у системах моніторингу та обліку ресурсів.

3.2 Реалізація веб-застосунку системи моніторингу водоспоживання

Система управління обліком водопостачання (Water Billing Management System) – це вебзастосунок, розроблений з використанням PHP та бази даних MySQL. Проєкт надає онлайн– та автоматизовану платформу для управління постачальниками води, що дозволяє легко зберігати, отримувати та розраховувати рахунки для споживачів. Застосунок зберігає та генерує платіжні відомості клієнтів або споживачів для кожного показника лічильника. Інтерфейс користувача створено з використанням Bootstrap Framework та шаблону AdminLTE. Також система має зручні для користувача функції та можливості.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для реалізації цього проєкту використано такі технології: XAMPP; PHP; MySQL Database; HTML; CSS; JavaScript; Ajax; jQuery; Bootstrap; Font Awesome; AdminLTE

Ця система управління обліком води доступна лише для керівництва. Для доступу до функцій системи користувачам потрібно увійти за допомогою своїх облікових даних. У проєкті передбачено 2 типи ролей користувачів: Адміністратор (Admin) і Персонал (Staff). Адміністратори мають повний доступ до всіх функцій і можливостей системи, тоді як персонал має обмежені права доступу.

Система зберігає базову інформацію про клієнтів або споживачів, а також дозволяє переглядати історію їхніх рахунків. У модулі виставлення рахунків система автоматично обчислює загальну суму до оплати. Проєкт також формує звіт про щомісячні нарахування, який можна роздрукувати.

Структура сайту:

- головна сторінка;
- відображення зведеної інформації;
- управління категоріями;
- додавання нової категорії;
- перегляд списку всіх категорій;
- перегляд деталей категорії;
- оновлення даних категорії;
- видалення категорії;
- управління клієнтами/споживачами;
- додавання нового клієнта/споживача;
- перегляд списку всіх клієнтів/споживачів;
- перегляд деталей клієнта/споживача;
- перегляд історії нарахувань клієнта/споживача;
- оновлення даних клієнта/споживача;
- видалення клієнта/споживача;
- управління нарахуваннями;

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

- додавання нового рахунку;
- перегляд списку всіх рахунків;
- перегляд деталей рахунку;
- редагування даних рахунку;
- видалення рахунку;
- управління користувачами;
- додавання нового користувача;
- перегляд списку всіх користувачів;
- перегляд деталей користувача;
- редагування даних користувача;
- видалення користувача;
- інше;
- оновлення інформації системи;
- оновлення облікових даних;
- вхід і вихід із системи.

Для встановлення системи потрібно виконати наступну послідовність дій.

1 Завантажити та встановити будь-який локальний вебсервер, наприклад XAMPP.

2 Завантажити архів із вихідним кодом.

3 Завантажити плагіни проєкту:

- увімкніть бібліотеку GD у файлі php.ini;
- відкрийте панель керування XAMPP і запустіть Apache та MySQL;
- розпакуйте завантажений архів із вихідним кодом;
- скопіюйте папку з проєктом у директорію htdocs вашого XAMPP;
- розпакуйте архів із плагінами;
- скопіюйте папку плагінів у кореневу папку проєкту;
- відкрийте PHPMyAdmin у браузері: <http://localhost/phpmyadmin>;
- створіть нову базу даних із назвою wbms_db;
- імпортуйте SQL-файл wbms_db.sql, який знаходиться в папці database.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

У роботі розглядається система обліку клієнтів та нарахування платежів за спожиті послуги. Основними сутностями предметної області є клієнти, їх категорії, нарахування (рахунки), а також користувачі системи.

Кожен клієнт належить до певної категорії, що визначає умови обслуговування та тарифікації. Для кожного клієнта зберігається контактна інформація та адреса. На основі показників споживання формуються рахунки, які містять інформацію про обсяг спожитих ресурсів, тариф та загальну суму до оплати.

Система також передбачає наявність користувачів (адміністраторів), які здійснюють управління даними. Було виділено такі основні сутності:

1 клієнти (clients) – містить інформацію про користувачів послуг: ідентифікатор клієнта (id); повне ім'я (fullname); статус (status); посилання на категорію (category_id);

2 категорії клієнтів (client_categories) – описує типи клієнтів: id; назва (name); опис (description);

3 контакти (contacts) – зберігає контактні дані клієнтів: id; client_id; телефон (phone); електронна пошта (email);

4 адреси (addresses) – містить адреси клієнтів: id; client_id; адреса (address);

5 нарахування (billing) – основна таблиця для обліку платежів: id; client_id; previous_id (посилання на попередній запис); дата зняття показників (reading_date); дата оплати (due_date); поточні та попередні показники; обсяг споживання (consumption); тариф (rate); загальна сума (total); статус (status_id);

6 статуси нарахувань (billing_statuses) – містить можливі стани рахунків: id; назва статусу;

7 користувачі (users) – зберігає інформацію про адміністраторів: id; ім'я; логін; пароль; роль (role_id);

8 ролі користувачів (user_roles) – описує ролі в системі: id; назва ролі.

Між сутностями встановлено такі зв'язки. Між таблицями client_categories та clients існує зв'язок типу «один-до-багатьох», оскільки одна категорія може відповідати багатьом клієнтам.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

Між таблицями clients та contacts встановлено зв'язок «один-до-багатьох», що дозволяє зберігати декілька контактів для одного клієнта.

Між таблицями clients та addresses також існує зв'язок «один-до-багатьох», оскільки клієнт може мати кілька адрес.

Між таблицями clients та billing реалізовано зв'язок «один-до-багатьох», що відповідає можливості формування багатьох рахунків для одного клієнта.

У таблиці billing реалізовано рекурсивний зв'язок, де поле previous_id посилається на попередній запис. Це дозволяє відстежувати історію показників.

Між таблицями billing та billing_statuses встановлено зв'язок «багато-до-одного», що визначає статус кожного рахунку.

Між таблицями users та user_roles існує зв'язок «багато-до-одного», що дозволяє призначати ролі користувачам системи.

Розроблена база даних приведена до третьої нормальної форми (3NF), що забезпечує: відсутність надлишкових даних; усунення транзитивних залежностей; розділення складних атрибутів на окремі таблиці; використання довідникових таблиць для статусів і ролей.

Зокрема, контактні дані та адреси винесені в окремі сутності, що дозволяє уникнути дублювання інформації. Поля статусів і ролей також реалізовані через окремі таблиці, що підвищує гнучкість системи.

На основі визначених сутностей та зв'язків було побудовано ER-діаграму бази даних (додаток В). Вона відображає структуру даних, типи зв'язків між таблицями та забезпечує наочне уявлення про логіку функціонування системи.

ER-діаграма включає:

- основні сутності предметної області;
- первинні та зовнішні ключі;
- зв'язки типу «один-до-багатьох»;
- рекурсивний зв'язок у таблиці нарахувань;
- довідникові таблиці.

Таким чином, розроблена структура бази даних є логічно узгодженою, масштабованою та відповідає вимогам інформаційної системи обліку.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

Далі відкрийте систему в браузері: <http://localhost/wbms/>. Відкриється вікно входу в систему (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Вхід до системи моніторингу водоспоживання

Користувачський інтерфейс головної сторінки веб-додатку показано на рисунку 3.3. Тут показано вигляд для користувача менеджера-оператора («Водоканал»). Для споживачів вигляд сторінки буде аналогічним, проте буде виводитись інформація, яка стосується тільки цього користувача. І у меню буде відсутній пункт "Clients".

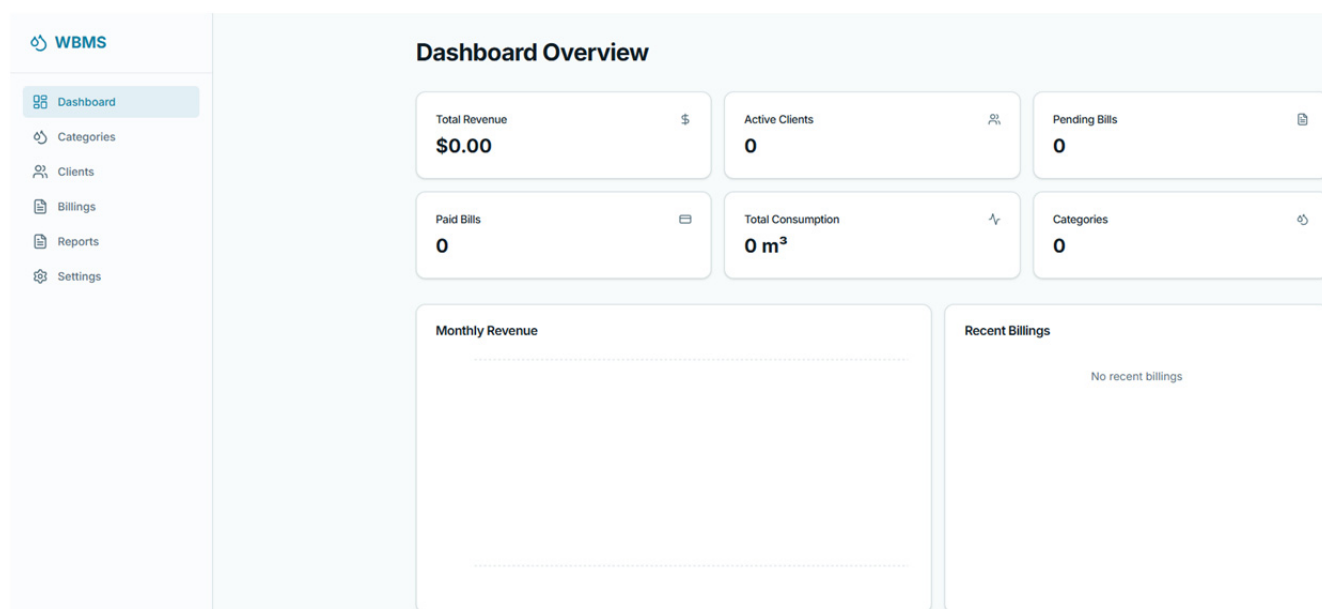


Рисунок 3.3 – Головна сторінка інтерфейсу користувача

На сторінці «Categories» (рис. 3.4) відображається інформація про категорії споживачів, наприклад житлова чи комерційна. Адміністратор чи менеджер можуть створювати додаткові категорії за потреби.

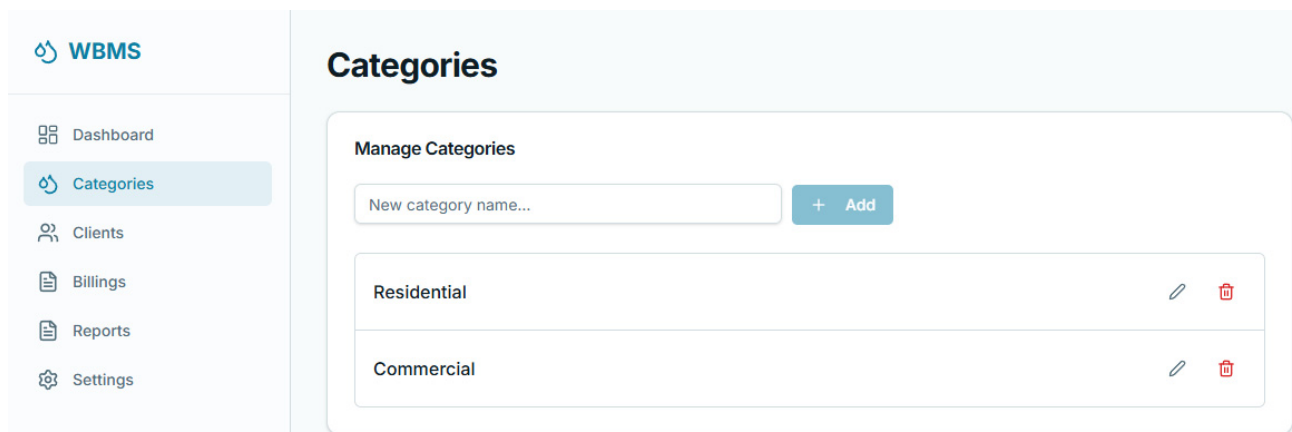


Рисунок 3.4 – Сторінка категорії споживачів

На сторінці «Clients» (рис. 3.5) для менеджера відображається інформація про усіх споживачів, а для споживача – тільки про нього.

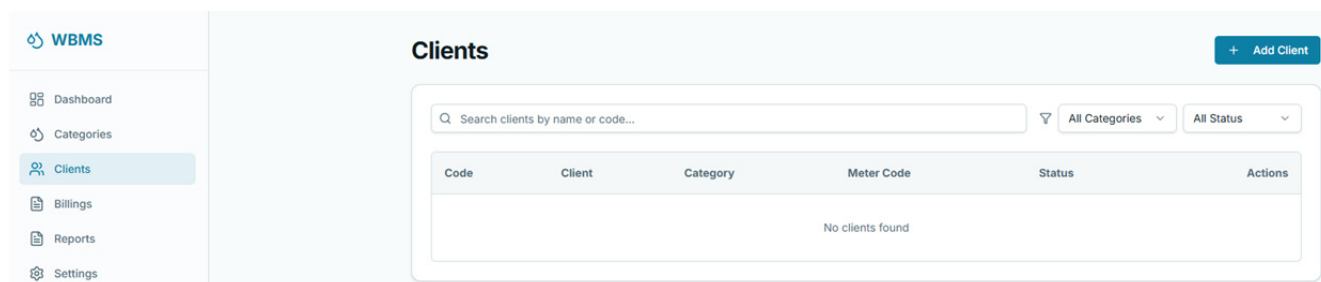


Рисунок 3.5 – Сторінка з інформацією про клієнтів

На сторінці «Billings» можна сформувати рахунок та детальну інформацію про уже сформовані рахунки (рис. 3.6).

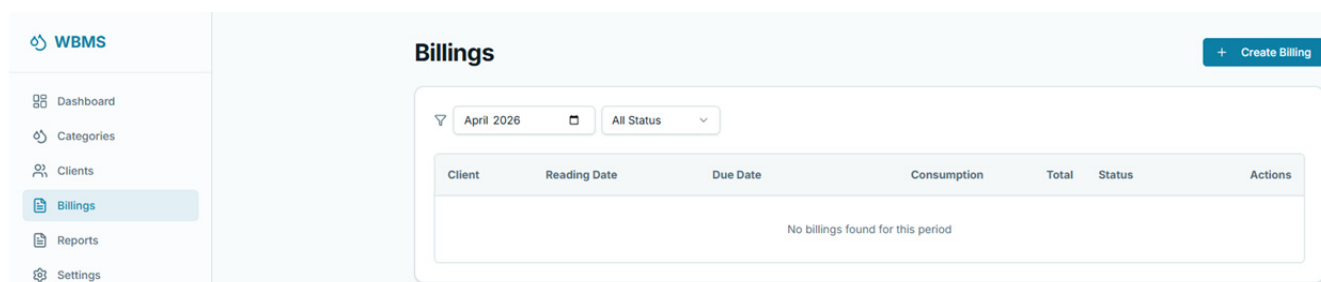


Рисунок 3.6 – Сторінка рахунків

На сторінці «Reports» відображається інформація про сплачені та ще несплачені рахунки та обсяг споживання води за певний проміжок часу (рис. 3.7).

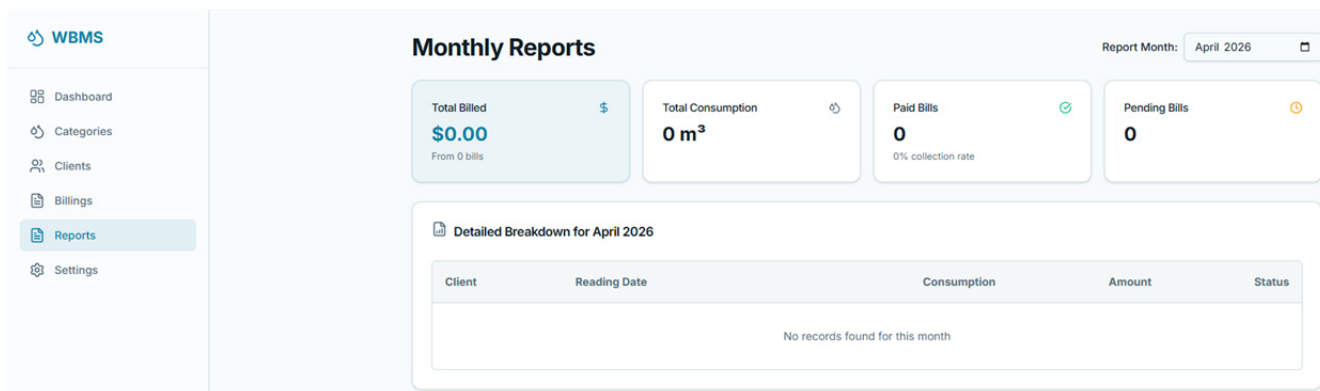


Рисунок 3.7 – Сторінка звітів

На сторінці «Settings» можна змінити вартість 1м³ води (рис. 3.8).

Рисунок 3.8 – Сторінка налаштувань

Таким чином реалізовано веб-додаток, який є зручним для кінцевого користувача, і в комплексі забезпечує можливість організації системи обліку водопостачання.

3.3 Висновки до розділу

Було успішно розв'язано поставлену задачу, при цьому основну увагу приділено безкоштовному програмному забезпеченню та додатковим інструментам, що дозволяють створювати просте за структурою та економічне програмне забезпечення. Таке програмне забезпечення стане доступним широкому колу споживачів та розробників, які матимуть змогу звертатися до відкритого коду системи для подальшої адаптації та використання системи моніторингу водоспоживання.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У даній роботі розроблено проєкт комп'ютеризованої системи обліку водопостачання на базі IoT-технологій, яка забезпечує реалізацію низки важливих функцій у процесі використання водних ресурсів:

- автоматичне отримання даних щодо обсягів споживання води;
- доступ користувачів до показників розумного водоміра;
- підтримка прийняття рішень для оптимізації процесів водоспоживання та керування системами подачі води.

Апаратну частину комплексу побудовано із застосуванням мікроконтролера Arduino Uno, який координує роботу всіх компонентів і забезпечує їхню взаємодію. Для визначення обсягу використаної води застосовується датчик потоку рідини, що функціонує на основі ефекту Холла, а програмна частина виконує розрахунок значень із урахуванням калібрувального коефіцієнта.

Модуль годинника реального часу забезпечує точну фіксацію часових міток під час запису інформації про показники у файл. Збереження даних реалізується на SD-накопичувачі з можливістю подальшої обробки.

Для передачі інформації у хмарне середовище використано модуль ESP8266, який дозволяє надсилати збережені дані за розкладом або подієвою моделлю. Це забезпечує віддалений доступ до інформації як для споживачів, так і для представників комунальних служб.

Системне програмне забезпечення реалізовано мовою програмування C, що забезпечує ефективну взаємодію з апаратною частиною. Веб-рівень представлено у вигляді застосунку із використанням відповідних плагінів для візуалізації даних, керування користувачами та інтеграції з хмарними сервісами.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Тоушкін П. В. Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв : кваліфікаційна робота : 123 Комп'ютерна інженерія / Тоушкін П. В. – Тернопіль, 2024. – 77 с.

2 Mwangi P., Mwangi E., Karimi P. M. A Low–Cost Water Meter System based on the Global System for Mobile Communications. International Journal of Computer Applications (0975–8887). 2016. PP. 1025–1037.

3 Praashanthi G. L., Prasad K. V. Wireless Power Meter Monitoring with Power Theft Detection and Intimation System using GSM and ZigBee Networks. 2014. P. 4.

4 M. D. Oskoueï and S. N. Razavi, A Study on WiMAX: IEEE 802.16 Standard. 2015. PP. 802–816.

5 Webopedia. URL: <http://www.webopedia.com/TERM/W/WiFi.html> (дата звернення: 01.05.2024).

6 Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія – 2006». 2015. 354 с.

7 Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с

8 Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyy R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

9 WATERFLUX 3070. Electromagnetic water meter for district metering of potable water and custody transfer (CT) measurement. URL: <https://www.krohne.com/en/products/flow-measurement/flowmeters/electromagnetic-flowmeters/waterflux-3070> (дата звернення: 10.02.2026).

10 Система обліку водопостачання та водовідведення. URL: <https://www.sea.com.ua/ua/smart-city/sistema-uceta-vodosnabzenia-i-vodootvedenia/> (дата звернення: 16.02.2026).

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

11 Система контролю споживання води Rehau RE.Guard. URL: <https://erc.ua/ware/333112-rehau-sistema-kontrolia-potrebleniia-vody-re-guard-z-wave-20-1/> (дата звернення: 16.02.2026).

12 Nayan M. Y., Primicanta A. H., Awan M. Hybrid Automatic Meter Reading System. Proceedings of the International Conference on Computer Technology and Development (ICCTD '09). 2009. PP. 264–267.

13 Плата розробника ESP32–S3R2 Wi-Fi 16МБ 240MHz від Waveshare. URL: <https://arduino.ua/prod5846-esp32-s3-microcontroller-2-4-ghz-wi-fi-development-board-dual-core-processor-with-frequency-up-to-240-mhz> (дата звернення: 10.02.2026).

14 Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

15 IoT: від «розумних» лампочок до передових технологій виробництва / Новини / IT українською URL: <http://it-ua.info/news/2016/06/21/iot-vd-rozumnih-lampochok-do-peredovih-tehnology-virobnictva.html> (дата звернення 26.02.2026р.).

16 STC89C52RC 51 MCU Microcontroller Development Board. URL: https://scccltd.com/products/51-mcu-development-board-with-stc89c52rc?srsltid=AfmBOoryvOjMEvuiRBFd3ID7hmMy107bnFfouYa6vNCKz_p2RCHXdBHi (дата звернення 15.02.2026 р.)

17 Налагоджувальна плата STM32F103C8T6. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/stm32f103c8t6-board> (дата звернення 15.02.2026 р.)

18 Arduino Uno. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (дата звернення 5.04.2024 р.)

19 Why Raspberry Pi? URL: <https://www.raspberrypi.com/for-home/> (дата звернення 15.02.2026 р.)

20 Bluetooth модуль HC-05. URL: https://arduino.ua/prod999-bluetooth-modul-hc-05?srsltid=AfmBOoqBuPE0iJwWw_nQu-NhNJx7uKh6H_t5AeVdP93UF8P2Br-nXOr (дата звернення 15.02.2026 р.)

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

21 Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01 v2. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/esp8266-esp-01-wifi-modul> (дата звернення 15.02.2026 р.)

22 Датчик потоку води Yf-S201. URL: <https://mehnika.net.ua/product/yf-s201-dathik-vodi/> (дата звернення 16.02.2026р.).

23 Пасічник В., Резніченко В. Організація баз даних та знань. К.: Видавнича група BHV, 2006. 384 с.

24 Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria. 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

25 Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

					БР.КІ-10.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВОДОСПОЖИВАННЯ

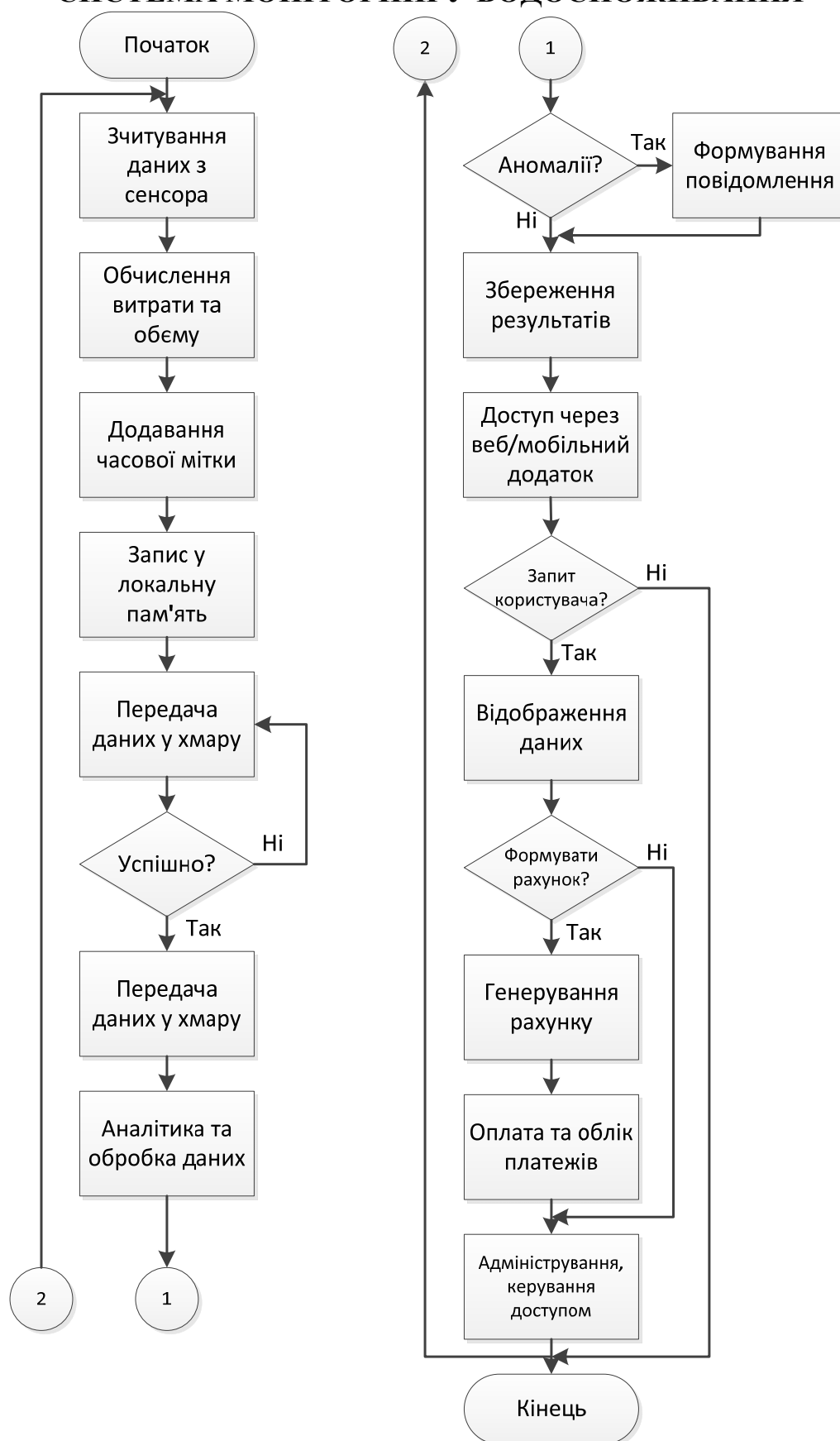


Рисунок А.1 – Блок-схема алгоритму

СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДОПОСТАЧАННЯ

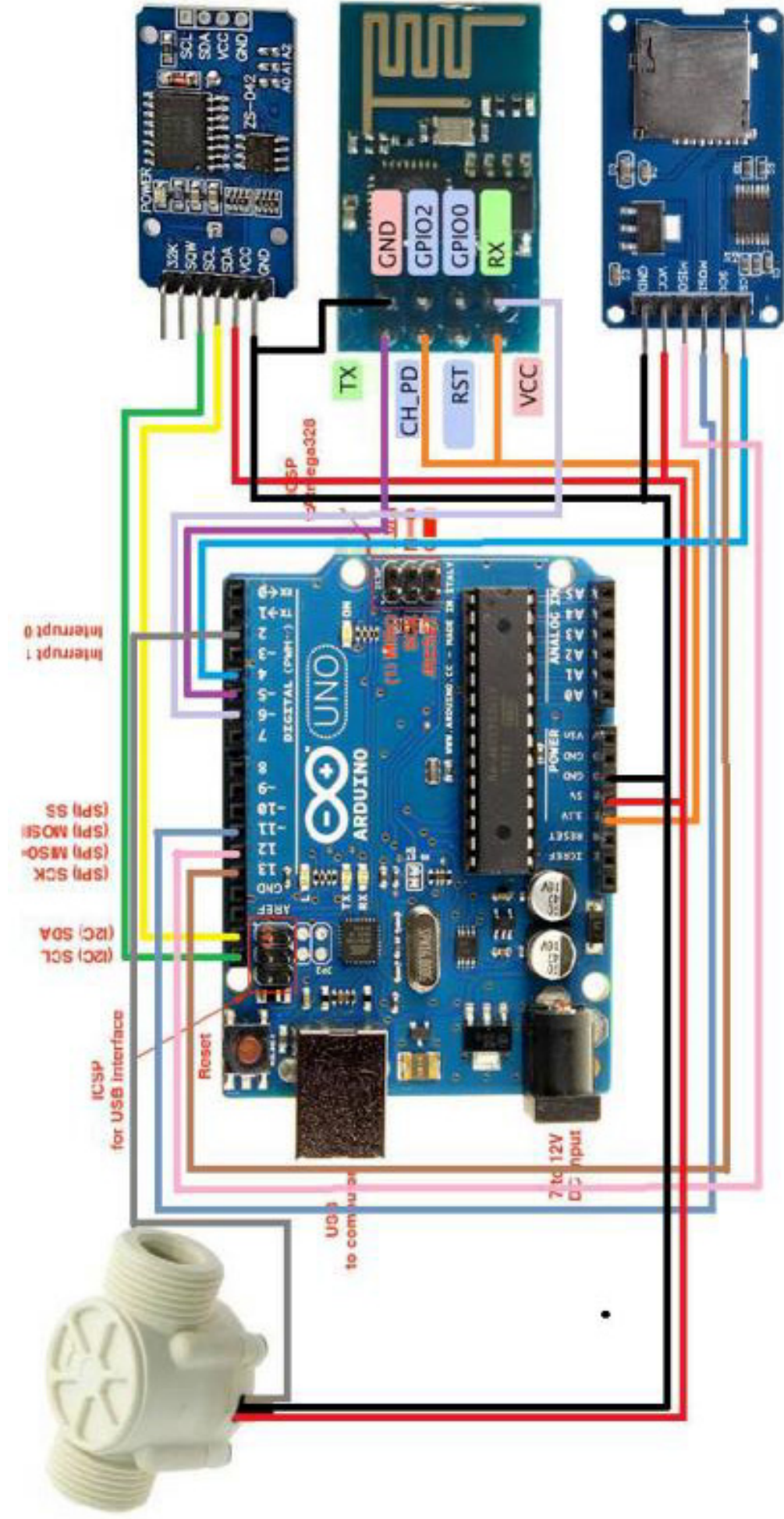


Рисунок Б.1 - Схема підключення компонентів системи обліку водоспоживання

БАЗА ДАНИХ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВОДОСПОЖИВАННЯ



Рисунок В.1 – Структура бази даних

[illegible]

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: Кривогубець Олександр Олегович

Співавтор:

Назва: PZ_Кривогубець

Науковий керівник: Заячук Ярослав Іванович

Підрозділ: Каф. КСМ

Коефіцієнт подібності 1: 6.13%

Мікропробіли: 4

Заміна букв: 129

Інтервали: 0

Білі знаки: 143

Дата створення звіту: 2026-05-01 11:37:53.0

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 процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-05-01

Надія Бузоверя

Дата

експерт

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема дипломної роботи: "Розробка мікроконтролерної системи збору та передачі даних лічильника води на основі ATmega328"

Обсяг пояснювальної записки 70 аркушів.

37 рисунки;

7 таблиць;

2 додатки.

Дата завершення роботи: *11 червня 2026 р.*

Підпис студента-дипломника _____ *Кривогубець О. О.*