

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)
Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(освітній ступінь)

на тему: **Методи і засоби збору, передачі та зберігання даних
комп'ютеризованою системою обліку води**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІм-62
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Цірка І.П. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Жаровський Р.О. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Луцик Н.С. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Осухівська Г.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Осухівська Г.М.« 11 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Цірці Івану Петровичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту (роботи) Методи і засоби організації мережі розумних лічильників води у багатоквартирних будинках

Керівник проекту (роботи) Жаровський Руслан Олегович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» листопада 2024 року №4/7-1147

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Принципи організації розумних лічильників води, структура і протоколи функціонування LoraWAN, програмні платформи підтримки LoraWan мереж

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз сучасних систем збору, передачі та зберігання даних у комп'ютеризованих системах обліку води 2. Проектування комп'ютеризованої системи збору, передачі та зберігання даних обліку води. 3. Програмне забезпечення для збору, передачі та зберігання даних 3. Апробація методів підвищення достовірності транзакцій та оптимальності виконання. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки

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

1. Актуальність, мета і задачі дослідження.

2. Об'єкт і предмет, наукова новизна і практична цінність дослідження.

3. Архітектура на сонові LoRa.

4. Архітектура комп'ютеризованої системи збору, передачі та зберігання даних.

5. Структура пакету при передачі даних в LoRaWAN

6. Структурна схема підсистеми збору даних та шлюзу на основі LoRa

7. Блок схема калібрування лічильника води та вимоги веб-додатку обліку води

8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Осухівська Г.М., зав. каф. КІ</i>		
	<i>Стручок В.С., ст. викладач каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання 11.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз існуючих методів та засобів розв'язання науково-технічних проблем, що відповідають тематиці кваліфікаційної роботи</i>	<i>20.11.2024 р. – 30.11.2024 р</i>	<i>виконано</i>
2.	<i>Аналіз сучасних систем збору, передачі та зберігання даних у комп'ютеризованих системах обліку води</i>	<i>30.11.2024 р. – 04.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
3.	<i>Проектування комп'ютеризованої системи збору, передачі та зберігання даних обліку води</i>	<i>04.12.2024 р. – 09.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
4.	<i>Програмне забезпечення для збору, передачі та зберігання даних</i>	<i>09.12.2024 р. – 15.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
5.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>15.12.2024 р. – 17.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	<i>17.12.2024 р. – 18.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
7.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>19.12.2024 р.</i>	<i>виконано</i>
8.	<i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i>		

Студент

(підпис)

Цірка І.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Жаровський Р.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Цірка І.П. Методи і засоби збору, передачі та зберігання даних комп'ютеризованою системою обліку води: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук. кер. Р.О. Жаровський. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. — 84 с.

Ключові слова: метод, засіб, збір, передача, зберігання, дані, вода.

У кваліфікаційній роботі магістра на основі технології LoRa спроектовано комп'ютеризовану систему збору, передачі та зберігання даних у процесі обліку води на рівні компонентів і зв'язків між ними.

Розроблено проект підсистеми локального рівня для збору даних про споживання води на основі Arduino Uno, сенсора потоку рідини з використанням ефекту Холла, модуля годинника реального часу та модуля Lora Ra-01 для передачі даних на шлюз, що дало змогу забезпечити точність і стабільність локального вимірювання і зберігання даних.

Спроектовано підсистему шлюзу з використанням модуля LoRa Ra-01, контролера управління STM32, WiFi-модуля ESP32, що дає змогу забезпечити агрегацію даних з розумних лічильників води з подальшою їх трансляцією на сервер зберігання.

Реалізовано засобами мови програмування PHP та СКБД MySQL (рівень backend), а також засобами JavaScript, HTML і CSS (рівень frontend) веб-додаток, що дає можливість для споживачів послуг переглядати дані водоспоживання та завантажувати квитанцію на оплату, а для надавачів послуг — можливість моніторингу споживання води та виставлення рахунків.

ANNOTATION

Tsirka I.P. Methods and tools for data collection, transmission, and storage by a computerized water accounting system /Master's Graduation Thesis: speciality 123 - Computer engineering/supervisor R.O. Zharovskyi. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2024. — 84 p.

Keywords: method, tool, collection, transmission, storage, data, water.

In the master's qualification work, a computerized system for collecting, transmitting and storing data in the process of water metering was designed based on LoRa technology at the level of components and connections between them.

A project for a local-level subsystem for collecting data on water consumption was developed based on Arduino Uno, a liquid flow sensor using the Hall effect, a real-time clock module and a Lora Ra-01 module for transmitting data to the gateway, which made it possible to ensure the accuracy and stability of local measurement and data storage.

A gateway subsystem was designed using the LoRa Ra-01 module, an STM32 control controller, and an ESP32 WiFi module, which makes it possible to provide data aggregation from smart water meters with their subsequent transmission to the storage server.

A web application was implemented using the PHP programming language and MySQL database (backend level), as well as JavaScript, HTML, and CSS (frontend level), which allows service consumers to view water consumption data and upload a receipt for payment, and for service providers to monitor water consumption and issue invoices.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ВОДИ	12
1.1. Принцип організації систем збору та передачі даних на основі технології LoRa	12
1.2. Архітектура та елементи мережі LoRa	15
1.3. Особливості проектування мереж на основі LoRa	18
1.4. Висновки до розділу	24
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ОБЛІКУ ВОДИ	26
2.1. Проектування архітектури системи збору, передачі та зберігання даних в процесі обліку води	26
2.2. Проектування підсистеми розумного лічильника води	28
2.2.1. Сенсор потоку води у підсистемі розумного лічильника води	30
2.2.2. Розрахунок швидкості потоку рідини у трубах і калібрування сенсора Холла	33
2.2.3. Контролер управління розумним лічильником води	35
2.2.4. Модуль SX1278	38
2.2.5. Модуль DS3231 як годинник реального часу	41
2.3. Проектування підсистеми агрегації і передачі даних на основі шлюзу Lora Gateway	44
2.4. Висновки до розділу	48
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ	49
3.1. Програмне забезпечення системного рівня при управлінні лічильником води	49

3.2. Розробка веб-орієнтованого додатку для перегляду та аналізу даних водоспоживання	59
3.3. Висновки до розділу	66
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1. Охорона праці	67
4.2. Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі	70
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТОК А ТЕКСТ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА	79

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні доконаним фактом є те, що інтенсивність та прогрес у сфері інформаційних технологій забезпечить автоматизацію більшості процесів щодо обслуговування споживачів при наданні послуг водопостачання, газо- та енергоспоживання. Розумні системи стають вже стандартом при побудові розумних міст, проектуванні багатоквартирних будинків, при організації паркувальних місць автомобілів, створенні автопілотів та ін.

Такі системи дають змогу забезпечити прозорість процесів комунікації та є фундаментом довіри між надавачами і споживачами послуг. Так, електронні лічильники, які прийшли на заміну механічним, дозволяють більш точно вимірювати і передавати показники вимірювальних пристроїв. А це в свою чергу забезпечує можливість керувати споживанням ресурсами кінцевим користувачам послуг і водночас дозволяє проводити моніторинг і планування надавачам послуг.

Важливу роль і необхідність подальшого дослідження потребують лічильники з віддаленим керуванням, оскільки більшість сучасних розумних лічильників забезпечують вимірювання показників лише на локальному рівні. Серед вітчизняних вчених у сфері проектування і розробки IoT рішень варто відмітити напрацювання Ільницького Д., Карпінського М., Паламара А., Паламара М., Стрембіцького М. та багатьох інших. Закордонні вчені, зокрема, Р. Kruger, G. Hancke, S. Shiyamala та компанії-гіганти ІТ-сфери: Google, Microsoft, IBM і ряд інших інтенсивно розвивають дану галузь, створюючи хмарну інфраструктуру для взаємодії IoT пристроїв.

Результати, одержані, вченими і компаніями дають можливість підвищити рівень автоматизації, зменшити людські витрати та підвищити прозорість надання послуг.

Використання передових технологій для покращення життя людей, допомагають клієнтам окрім контролю показників споживання води, моніторити і її якість.

Однак, все ж додаткового дослідження потребують методи і засоби побудови комп'ютеризованих систем збору, передачі та зберігання даних з точки зору їх функціональності, надійності та безпеки. Це обумовлює актуальність подальших досліджень, які проводяться у даній кваліфікаційній роботі.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у дослідженні методів і засобів побудови комп'ютеризованих систем збору, передачі та зберігання даних в процесі обліку води.

Для досягнення вказаної мети у роботі поставлено наступні **задачі**:

- аналіз наукових праць і прикладних досліджень щодо організації систем контролю та моніторингу за споживанням води;
- дослідження архітектур та інфраструктур для збору, передачі та зберігання даних водоспоживання;
- обґрунтування методів і розробка ефективних архітектурних рішень для організації розумних лічильників води;
- розробка програмно-апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи збору, передачі та зберігання даних щодо обліку води з визначеним рівнем надійності та мінімізації енергоспоживання;
- програмна реалізація веб-додатку для перегляду показників та управління процесом водоспоживання.

Об'єкт дослідження: процеси збору, передачі та зберігання даних у комп'ютеризованих системах.

Предмет дослідження: методи і засоби збору, передачі та зберігання даних на основі IoT пристроїв.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених задач використано наступні методи: аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих

рішень щодо комп'ютеризованих систем збору, передачі та зберігання даних; проектування – при розробці архітектурних рішень побудови комп'ютеризованої системи; моделювання – при побудові рішення щодо імплементації лічильника води, шлюзу передачі даних та серверної частини комп'ютеризованої системи; програмування – при розробці і налаштуванні параметрів системного і високорівневого програмного забезпечення; експеримент та вимірювання – при перевірці достовірності результатів.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна полягає у вирішенні науково-практичної задачі імплементації технології блокчейн в організацію розподілених систем зберігання даних.

– уперше, на основі технології LoRa, спроектовано комп'ютеризовану систему збору, передачі та зберігання даних у процесі обліку води на рівні компонентів і зв'язків між ними, що дало змогу забезпечити ефективність функціонування компонентів, надійність збору і передачі даних, а також енергоефективність системи в цілому;

– набули подальшого розвитку методи побудови комп'ютеризованих систем на основі IoT у сфері управління процесом споживання води за рахунок застосування технології LoRa, що дало змогу підвищити їх надійність і функціональність.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено апаратно-програмне забезпечення на рівні підсистем локального вимірювання показників споживання води, агрегації та передачі даних на рівні шлюзів та веб-додатку на рівні користувацького управління процесами, що забезпечило низьке споживання енергоресурсів компонентами і високу надійність функціонування системи.

Публікації. Результати дипломної роботи апробовані на XIII міжнародній науково - технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на XII науково-технічній конференції Тернопільського національного

технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (18-19 грудня 2024 року) як тези конференцій.

1. Жаровський Р.О., Цірка І.П. Архітектура системи збору, передачі та зберігання даних водоспоживання у багатоквартирних будинках. Матеріали XIII міжнародної науково - технічної конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2024. С. 453.

2. Жаровський Р.О., Цірка І.П. Технології передачі даних при реалізації мережі збору, передачі та аналізу даних водоспоживання. Матеріали XII науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (18-19 грудня 2024 року). Тернопіль: ТНТУ. 2024. С. 126.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота містить розрахунково-пояснювальну записку та графічний матеріал. До складу записки входить вступу, 4 розділи, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 84 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ У КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ВОДИ

При організації системи збору, передачі та зберігання даних важливу роль відіграє схема організації її компонентів. Однак при будь-якій побудові комп'ютерних систем такого класу наявними є передавачі і приймачі даних. Враховуючи прогрес технологічного розвитку, актуальним є проектування систем з мінімальним енергоспоживанням ресурсів. Однією з таких технологій, яку пропонується використати при проектуванні системи обліку води є технологія LoRa.

1.1. Принцип організації систем збору та передачі даних на основі технології LoRa

LoRa, яка отримала назву від «Long Range», є запатентованою технологією безпроводної передачі даних. Ключовою особливістю, яка відрізняє LoRa від інших доступних технологій бездротової глобальної мережі, є передача на великі відстані з низьким споживанням енергії. Однак вона підтримує програми з низькою швидкістю передачі даних з меншими вимогами до мобільності та надійності.

Ця технологія розроблена для підтримки типу безпроводної телекомунікаційної глобальної мережі, що по-іншому називають, глобальною мережею малої потужності (LPWAN), яка націлена на досягнення +20 дБ підсилення в порівнянні зі старою стільниковою системою [2].

Незважаючи на те, що деякі традиційні рішення, такі як Bluetooth, WiFi, ZigBee, WLAN, Z wave, стільникові мережі, GSM, LTE, можуть забезпечити бездротове підключення пристроїв IoT у мережі, ці рішення

вимагають високої вартості, високого споживання енергії та високої складності.

На відміну від деяких інших технологій LPWAN, які використовують неліцензійну смугу спектру, LoRa використовує шифрування 128AES на багатьох рівнях для всіх даних від датчиків до сервера додатків і є засобом захисту даних і конфіденційності [3]. Крім того, немає жодних технічних перешкод для роботи приватного рішення LoRaWAN у ліцензованому діапазоні, хоча технологія розвивається на основі неліцензованого діапазону спектру [3]. За словами експертів і дослідників, найближчим часом будуть розгорнуті мільярди пристроїв IoT.

LoRa вважається дуже перспективною технологією, яка, як очікується, стане невід'ємною частиною величезного ринку Інтернету речей з дуже хорошою промисловою базою. Зараз LoRa націлена на певні сектори додатків IoT, де існує багато інших конкуруючих технологій.

LoRa Alliance, некомерційна асоціація, яка складається з понад 500 компаній-членів, прагне забезпечити широкомасштабне розгортання LPWAN IoT шляхом розробки та просування відкритого стандарту LoRaWAN.

LoRa Alliance вважає, що LoRaWAN — це технологія, яка доповнює варіації LTE з наміром обслуговувати різні сегменти додатків [3]. За даними веб-сайту LoRa Alliance, мережеві оператори прогнозують, що 10-15% прогнозованого обсягу пристроїв IoT будуть пов'язані з стільниковими технологіями, і буде значна залежність від інших технологій LPWAN, щоб заповнити дефіцит.

Розвиток міцної екосистеми для LoRaWAN є основною метою створення цього альянсу. Cisco, IBM, Alibaba Group та інші компанії є одними з основних спонсорів альянсу LoRa. Серед учасників Actility, Google Cloud, Semtech мають географічний фокус у всьому світі, Alibaba Group має географічний фокус на Азію/Південну частину Тихого океану, IBM має географічний фокус на Європу, а Cisco – на Північну та Південну Америку.

Наразі Alibaba Group зосереджується на вертикальних ринках розумних міст, розумних галузей/промислового Інтернету речей, споживачів розумних будинків з акцентом на програмне забезпечення, платформу та послуги.

Google Cloud зосереджується на набагато ширших вертикальних ринках, таких як:

- розумне сільське господарство;
- розумні будівлі;
- розумні міста;
- розумне довкілля;
- розумна промисловість;
- розумна інфраструктура.

При цьому Google робить ставку на платформі Інтернету речей, сховищах даних тощо.

LoRa, зазвичай, використовується на двох різних рівнях [4]:

- фізичний рівень, що використовує техніку радіомодуляції CSS;
- протокол рівня MAC (LoRaWAN), незважаючи на те, що система зв'язку LoRa також передбачає певну архітектуру мережі доступу.

проте LoRa відома як технологія фізичного рівня, яка використовує власну техніку розширеного спектру, модуляції сигналів в діапазоні ISM [2].

Техніка CSS розподілу вузькосмугового вхідного сигналу на ширшу смугу каналу забезпечує двонаправлений зв'язок. Лінійно-модульовані сигнали, що генеруються передавачами, змінюють свою частоту з часом без зміни фази між сусідніми символами. Техніка CSS забезпечує безперервність фази між різними символами ЛЧМ у частині преамбули пакета фізичного рівня, що забезпечує більш просту та точнішу синхронізацію часу та частоти та усуває потребу у дорогих компонентах для створення стабільного локального годинника у вузлі LoRa [5].

Віддаленим приймачем можна декодувати сильно ослаблений сигнал, який на кілька дБ нижче рівня шуму, якщо зміна частоти досить повільна,

щоб додавати більшу енергію на один символ лінійної модуляції. У кожній передачі корисне навантаження може коливатися від 2 до 255 октетів. Для забезпечення зв'язку між багатьма кінцевими пристроями та шлюзами (GW) необхідний механізм контролю доступу до середовища, який надає LoRaWAN.

Відповідно до специфікацій LoRaWAN, MAC-рівень в основному є протоколом ALOHA, який контролюється LoRaNetServer [5]. LoRa MAC був розроблений з наміром імітувати інтерфейс IEEE 802.15.4 MAC, який, у свою чергу, дозволяє використовувати деякі основні протоколи, такі як LoWPAN і протокол обмеженого застосування (CoAP).

Модуляція LoRa, яка розроблена та комерціалізована Semtech Corporation, є власністю, тоді як LoRaWAN є відкритим стандартом, розробленим LoRa Alliance.

1.2. Архітектура та елементи мережі LoRa

Топологія мереж LoRa – це «зірка з зірок», і типова мережа LoRa підтримує три різні типи пристроїв:

- кінцевий пристрій;
- шлюз LoRa;
- сервер мережі LoRa.

У цій архітектурі кінцеві пристрої спілкуються з GW за допомогою модуляції LoRa після LoRaWAN. Неопрацьовані кадри LoRaWAN від кінцевих пристроїв пересилаються до шлюзу на мережевий сервер через інтерфейс зворотного зв'язку, як правило, через Ethernet або 3G.

Таким чином, шлюзи можна розглядати як двонаправлені ретранслятори, що виконують перетворення протоколів. Мережевий сервер розшифровує пакети, надіслані пристроями, і генерує пакети, які слід надіслати назад на пристрої. 64-розрядний розширений унікальний

ідентифікатор IEEE (EUI) використовується LoRaWAN для автоматичного зв'язування адрес IPv6 із вузлами LoRa.

Для забезпечення безпеки LoRaWAN використовує кілька рівнів шифрування з використанням

- унікального мережевого ключа для захисту мережевого рівня;
- унікального ключа програми для забезпечення наскрізної безпеки на прикладному рівні;
- пристрою спеціального ключа для забезпечення безпечного приєднання вузла до мережі.

Кінцеві пристрої (наприклад, датчики) – це елементи мережі, які спілкуються зі шлюзами за допомогою LoRa. Кожен такий пристрій має бути персоналізований і активований, щоб брати участь у мережі LoRaWAN.

Кінцеві пристрої можна активувати за допомогою безпроводної технології активації (OTAA), коли кінцевий пристрій розгортається або скидається, або за допомогою активації за допомогою персоналізації (ABP), у якій два етапи персоналізації та активації кінцевого пристрою виконуються як один.

У процесі OverTheAirActivation кінцеві пристрої повинні виконати процедуру приєднання до мережі, перш ніж може відбутися обмін даними з мережевим сервером. Перед процедурою приєднання кінцеві пристрої потрібно персоналізувати за допомогою необхідної інформації, якою є: глобальний унікальний ідентифікатор кінцевого пристрою (DevEUI), ідентифікатор програми (AppEUI) і ключ AES128 (AppKey). Типова архітектура системи на основі LoRa технології має вигляд, як показано на рис. 1.1.

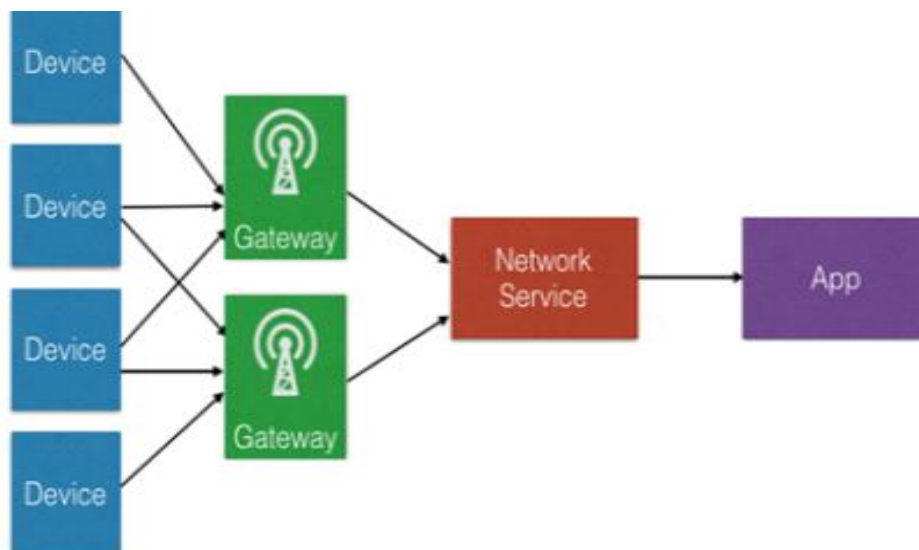


Рис. 1.1. Типова архітектура системи на основі LoRa

Три різні класи кінцевих пристроїв, а саме класи А, В і С, підтримуються LoRaWAN для задоволення різноманітних вимог додатків.

Клас А – стандартний функціональний режим мереж LoRa визначається пристроями цього ж класу, і всі пристрої LoRa повинні підтримувати цей режим роботи [5]. Пристрої класу А підтримують двонаправлений трафік, тоді як передача по висхідній лінії може бути запланована кінцевими пристроями на основі їхніх власних потреб [4].

Передача, ініційована кінцевими пристроями в дуже асинхронний спосіб, завжди має місце в мережі класу А. Кожна передача висхідної лінії супроводжується двома короткими вікнами низхідної лінії зв'язку для отримання будь-якої команди або повернутого пакета даних від мережевого сервера та підвищення стійкості до коливань каналу. З іншого боку, передача по низхідній лінії зв'язку може відбуватися після виникнення передачі по лінії висхідного зв'язку і, таким чином, потребуватиме періоду очікування. Пристрої класу А споживають найменшу кількість енергії, водночас пропонуючи меншу гнучкість передачі по низхідній лінії зв'язку [4]. Основними цільовими програмами для мереж класу А є програми моніторингу, де дані, створені кінцевими пристроями, повинні збиратися станцією керування [5]. Пристрої класу В підтримують двонаправлений

трафік із запланованими слотами прийому [4]. У запланований час додаткові вікна прийому відкриваються пристроями класу В. Синхронізований маяк від шлюзу дозволяє мережевому серверу знати, коли кінцеві пристрої в режимі прослуховування. На відміну від пристроїв класу А, кінцеві пристрої класу В можуть отримувати дані або пакети команд від мережевого сервера незалежно від трафіку висхідної лінії зв'язку, тим самим роз'єднуючи передачу по висхідній і низхідній лінії [5].

Програми, які потребують отримання команд від дистанційного контролера, є основними цільовими програмами для пристроїв класу В [5]. Пристрої класу С підтримують двонаправлений трафік з максимальними слотами прийому [4]. Кінцеві пристрої класу С, підтримуючи майже безперервні вікна отримання, споживають максимальну потужність серед трьох класів пристроїв. Можливе застосування – електромережі [5].

Шлюз (GW) — це елемент мережі, який працює як міст між кінцевими пристроями та мережевими серверами. Пакети, згенеровані кінцевими пристроями, пересилаються на мережевий сервер GW через інтерфейс зворотного зв'язку IP (наприклад, Ethernet або 3G).

Більш ніж один шлюз може бути розгорнутий у мережі LoRa, і один пакет може бути отриманий кількома шлюзами. Мережевий сервер декодує пакети, отримані від кінцевих пристроїв. Дедублікація пакетів також виконується мережевим сервером, якщо пакети потрібно надіслати назад на пристрої.

1.3. Особливості проектування мереж на основі LoRa

Відповідно до [6], модуляція розширеного спектру в LoRa виконується шляхом подання кожного біта інформації корисного навантаження кількома лінійно-модульованими частинами інформації. Швидкість символів (RS) означає швидкість, з якою надсилається розширена інформація. Коефіцієнт розширення (SF) – це співвідношення

між номінальною швидкістю символів і швидкістю лінійно-модульованих сигналів, що представляє кількість символів, надісланих на біт інформації.

Коефіцієнти розширення повинні бути відомі заздалегідь як передавальній, так і приймальній сторонам каналу, оскільки ці коефіцієнти розширення є ортогональними один до одного [6]. Однак існує вимога співвідношення сигнал/шум (SNR), пов'язана з кожним із факторів розповсюдження, які необхідно враховувати під час визначення бюджету зв'язку та діапазону приймача LoRa.

Інформацію про різні коефіцієнти поширення можна подивитися у табл. 1.1 [6].

Таблиця 1.1

**Швидкість чіпів/символів і вимоги до SNR демодулятора LoRa
для різних коефіцієнтів поширення**

Коефіцієнт поширення	(Чіпи/символ)	LoRa демодулятор (дБ)
6	64	-5
7	128	-7.5
8	256	-10
9	512	-12.5
10	1024	-15
11	2048	-17.5
12	4096	-20

SF6 – це особливий варіант використання, який забезпечує максимально можливу швидкість передачі даних за допомогою модему LoRa. Зазвичай для передачі по висхідній лінії зв'язку використовуються SF7–SF12.

Модем LoRa використовує циклічне кодування помилок для прямого виявлення та виправлення помилок і, таким чином, створює накладні витрати на передачу.

Табл. 1.2 представляє накладні витрати на передачу, пов'язані з різною швидкістю циклічного кодування [6]. Різні параметри швидкості кодування забезпечують гнучкість реагування на різні умови каналу. Завдяки використанню прямої корекції помилок мережі LoRa можуть підвищити надійність зв'язку за наявності перешкод.

Таблиця 1.2

Коефіцієнт накладних витрат на передачу, пов'язаний з різними швидкостями кодування

Швидкість кодування	Швидкість циклічного кодування	Коефіцієнт накладних витрат
1	4/5	1.25
2	4/6	1.5
3	4/7	1.75
4	4/8	2

LoRaWAN підтримує використання різних смуг пропускання. Більш високої ефективної швидкості передачі даних можна досягти за допомогою вищої смуги пропускання сигналу, що зменшує час передачі за рахунок зменшення покращення чутливості.

Пропускна здатність модему LoRa відноситься до подвійної бічної смуги пропускання. Варіації бітової швидкості для різних варіантів пропускну здатності представлено у табл. 1.3 [6].

Таблиця 1.3

**Різниця в бітових швидкостях для різних варіантів пропускну
здатності**

Ширина смуги (КГц)	Коефіцієнт поширення	Швидкість кодування	Номинальна швидкість	Чутливість (дБм)
125	12	4/5	293	-136
250	12	4/5	586	-133
500	12	4/5	1172	-130

Однак важливо зазначити, що допустима зайнята смуга пропускання регулюється нормативними обмеженнями в певній країні.

Схема адаптивної швидкості передачі даних (ADR) допомагає кінцевим пристроям максимізувати термін служби батареї та загальну ємність мережі. Кінцеві пристрої можуть передавати на будь-якому каналі, залежно від доступності, з використанням будь-якої доступної швидкості передачі даних. Однак слід дотримуватися наступних правил:

- для кожної передачі кінцеві пристрої мають змінювати канали псевдовипадковим чином;
- кінцеві пристрої не повинні порушувати максимальний робочий цикл передачі або максимальну тривалість передачі (час очікування) відносно використовуваного піддіапазону та місцевих правил.

Пакет LoRa складається з трьох елементів: преамбули, додаткового заголовка та корисного навантаження даних [6].

Преамбула використовується з метою синхронізації між одержувачем і вхідним потоком даних. Це програмована змінна, що означає, що довжину преамбули можна збільшити відповідно до вимог додатків, тоді як конфігурація за замовчуванням — це послідовність із 12 символів для пакета.

Процес виявлення преамбули виконується приймачем, який періодично перезавантажується, тому довжина преамбули має бути налаштована такою ж, як довжина преамбули передавача. Максимальну довжину преамбули слід запрограмувати на стороні приймача, якщо довжина преамбули невідома або може змінюватися.

Залежно від вибраного режиму роботи доступні два типи заголовків: режим явного заголовка та режим неявного заголовка.

Явний режим заголовка – це режим роботи за замовчуванням, у якому заголовок надає інформацію про довжину корисного навантаження в байтах, швидкість коду прямого виправлення помилок і наявність додаткового 16-бітного CRC для корисного навантаження.

У випадках, коли корисне навантаження, швидкість кодування та присутність CRC фіксовані або відомі заздалегідь, режим неявного заголовка може бути обраний замість режиму явного заголовка, щоб зменшити час передачі.

Корисне навантаження пакета – це поле змінної довжини, яке містить фактичні дані, закодовані з частотою помилок. Частота помилок вказується в заголовку в явному режимі або в налаштуваннях реєстру в неявному режимі.

На рис. 1.2 показано структуру пакета, що використовується в LoRaWAN [7], а у табл. 4 наведено значення скорочень, що використовуються на рис. 1.2.

LoRa Alliance розробив смуги функціонування та план каналів для конкретної країни [9]. Розподіл радіочастотного спектру ISM в Європі визначається ETSI. Хоча мережеві канали можуть вільно призначатися оператором мережі, у кожному кінцевому пристрої має бути реалізовано три канали за замовчуванням. Це канали 868,10 МГц, 868,30 МГц і 868,50 МГц з модуляцією LoRa, зайнятість смуги пропускання 125 КГц.

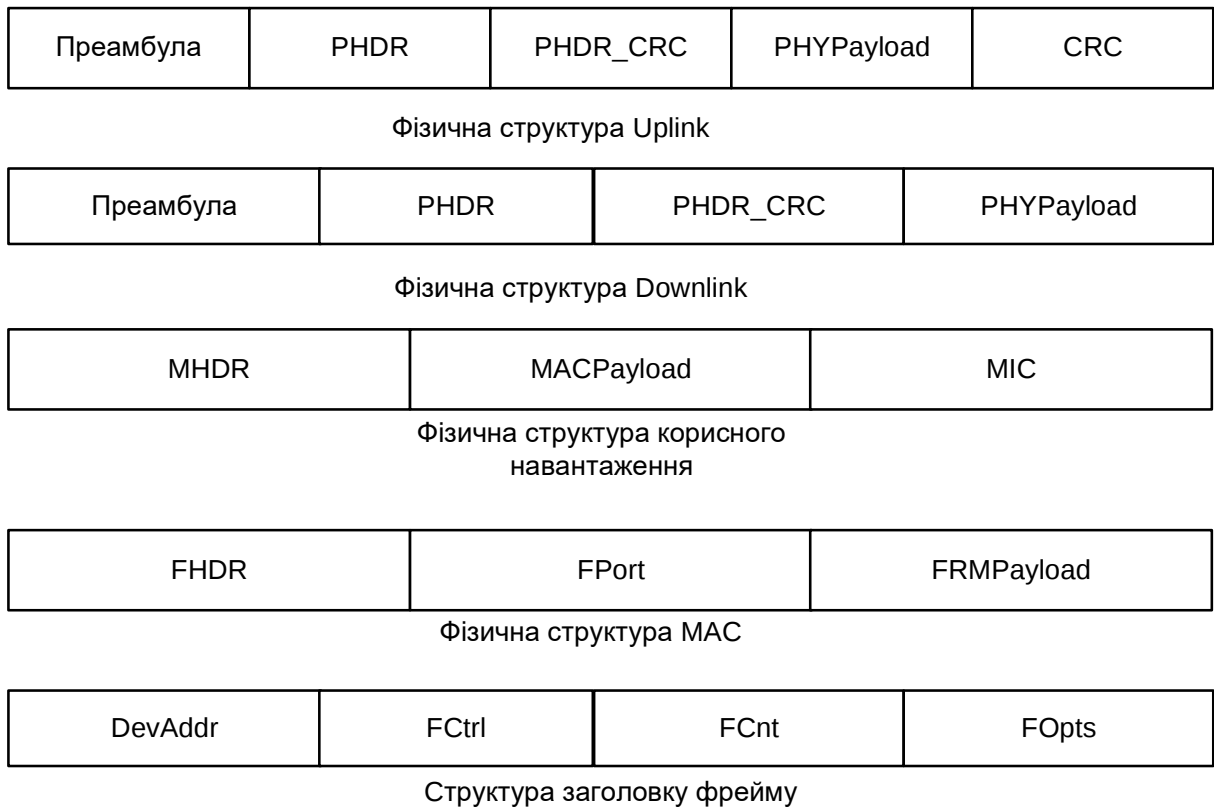


Рис. 1.2. Структура пакету в LoRaWAN

Таблиця 1.4

Скорочення та значення, що використовуються в структурі пакету

Абревіатура	Значення
PHDR	Фізичний заголовок
MHDR	Заголовок MAC
MIC	Код цілісності повідомлення
FHDR	Заголовок фрейму
FPort	Визначений порт програмного додатку
DevAddr	Довжина поля адреси ED
FCtrl	Довжина кадру керування заголовку фрейму
FCnt	Поля лічильника кадрів
Fopts	Довжина необов'язкового поля заголовку фрейму, що містить команди MAC

Канали утворюють мінімальний набір, який усі мережеві шлюзи мають завжди прослуховувати. EU863 -870 LoRaWAN може підтримувати максимум 16 каналів. Підтримуються різні швидкості передачі даних і конфігурації потужності передачі.

Кінцеві пристрої мають каналну структуру даних для зберігання параметрів щонайменше 16 каналів, тоді як канална структура відповідає частоті та набору швидкостей передачі даних, які можна використовувати на цій частоті.

Вихідна потужність випромінювання за замовчуванням становить 14 дБм для кінцевих пристроїв ISM діапазону EU868 МГц.

Максимальна довжина розміру корисного навантаження MACP (M) і максимальна довжина корисного навантаження програми за відсутності додаткового поля керування FOpt (N), що підтримується кінцевими пристроями, які працюють у діапазоні EU868 МГц можна знайти у довідкових таблицях.

Правила ETSI [10] накладають деякі обмеження на доступ до фізичного носія. Максимальний час, який передавач може бути увімкненим, або максимальний час, який передавач може передавати за годину, регулюється правилами ETSI.

Правила ETSI дозволяють вибрати один із двох варіантів: обмеження робочого циклу або так зване керування передачами з адаптивною швидкістю прослуховування перед розмовою (LBT AFA). Однак, щоб відповідати правилам ETSI, поточна специфікація LoRaWAN використовує виключно обмежені передачі з робочим циклом [9].

1.4. Висновки до розділу

У даному розділі одержано наступні результати:

- 1 Проведено порівняльний аналіз принципів організації систем збору, передачі та зберігання даних на основі IoT у результаті якого

встановлено, що для забезпечення визначеної функціональності та мінімізації апаратних ресурсів у режимах енергоспоживання найбільш доцільно застосовувати технологію LoRa.

2 Проведено аналіз архітектури, яку підтримує технологія LoRa, що передбачає використання кінцевих пристроїв в ролі яких можуть виступати як різного призначення сенсори, так і мікроконтролери, шлюз для збору і передачі даних, а також сервер для управління і зберігання даних. Це дає змогу імплементувати повноцінну та економну комп'ютеризовану систему обліку води.

3 Визначено особливості проектування мереж на основі технології LoRa, зокрема щодо масштабованої пропускної здатності, паралельної передачі даних одним каналом, що дало змогу обґрунтувати ефективність її застосування при реалізації системи обліку води.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ОБЛІКУ ВОДИ

2.1. Проектування архітектури системи збору, передачі та зберігання даних в процесі обліку води

Архітектуру системи збору, передачі та обліку показників води пропонується реалізувати у вигляді трьох концептуальних компонентів, як показано на рис. 2.1.

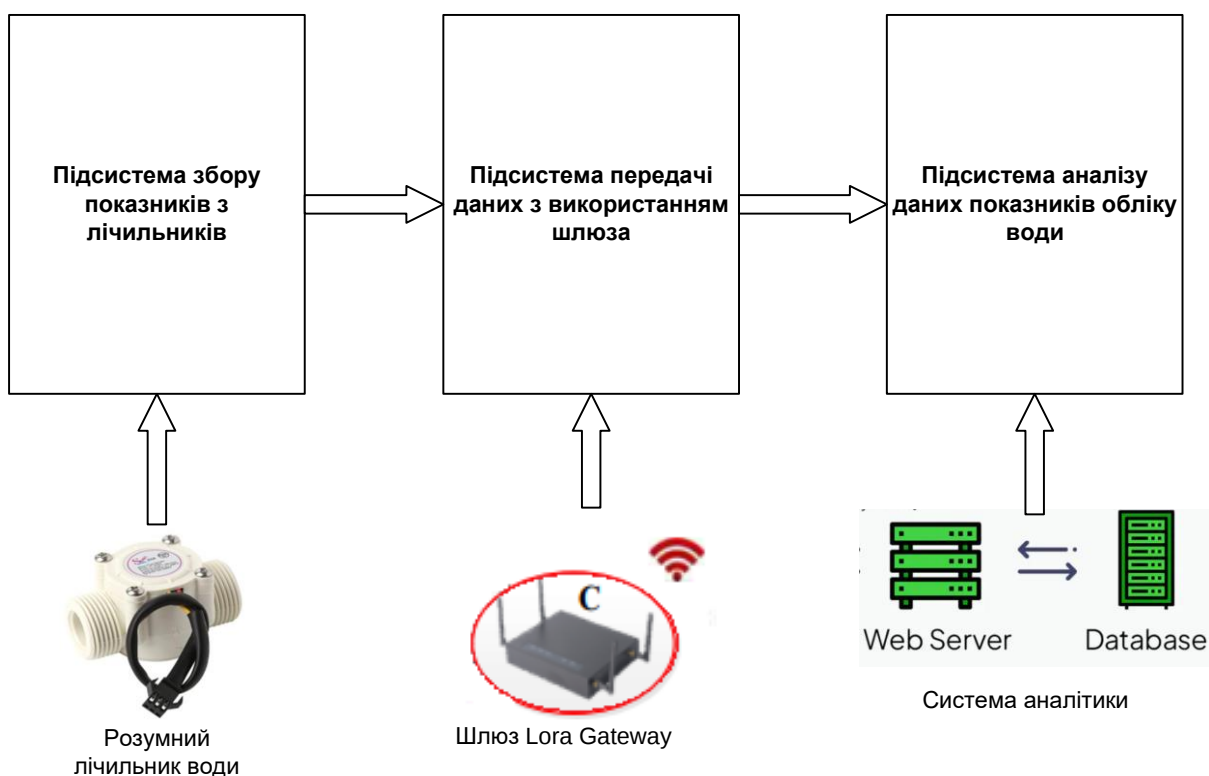


Рис. 2.1. Архітектура комп'ютерної системи збору, передачі та аналізу показників споживання води на рівні підсистем

Така декомпозиція (рис. 2.1) дає можливість більш точно врахувати вимоги та особливості структури комп'ютерної системи шляхом подальшого розбиття кожної з них на рівні структури апаратного і програмного забезпечення.

У випадку необхідності централізованого забезпечення обліку води у багатоквартирних будинках загальна схема комп'ютерної системи матиме вигляд, як показано на рис. 2.2.

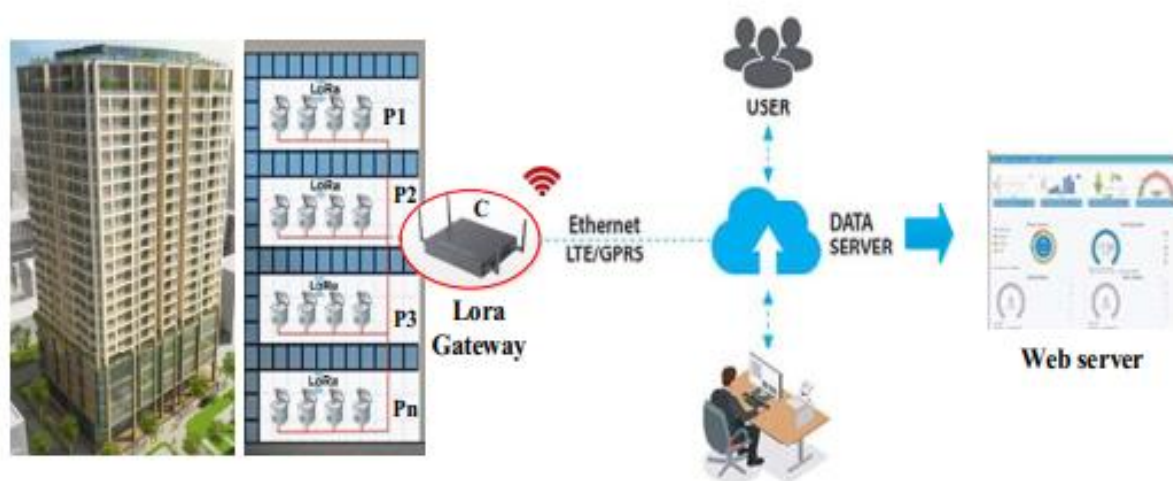


Рис. 2.2. Архітектура комп'ютерної системи збору, передачі та аналізу показників обліку води у багатоквартирних будинках

Концептуальна модель запропонованої архітектури комп'ютерної системи, яка представлена на рис. 2.2, складається з двох основних компонентів, а саме вузлів P_i та станцій C . Ці два компоненти працюють разом, щоб забезпечити дистанційну систему збору та управління споживанням води (шлюз LoRa).

Кожен P_i -вузол є пристроєм Інтернету речей (IoT), який відстежує потік води, обробляє та передає параметри, а також на основі безпроводної технології комунікує зі шлюзом або проміжною базовою станцією. У даному випадку IoT-пристрої використовуються для високоякісного бездротового зв'язку.

Збір даних з кожного вузла здійснюється через станцію-шлюз, яка працює від основного живлення та служить шлюзом для забезпечення віддаленого доступу до даних через 3G/4G, Wi-Fi та Ethernet.

При цьому, в залежності від об'єкту, що споживає воду, можливе використання двох рішень комунікації:

- дротове підключення (Ethernet) – рішення, що підходить для квартир у багатоквартирних будинках;
- безпроводне підключення (Wifi) – рішення для автономного приватного будинку.

Вимоги, що висуваються до проекту електронного лічильника води (P_i) повинні забезпечувати відповідність наступним специфікаціям і функціям:

- мінімальна витрата 0,05 м³/год, номінальна витрата 2,50 м³/год, максимальна витрата 5,00 м³/год;
- похибка лічильника води ≤ 2 відсотки;
- технологія енергоефективного бездротового зв'язку Lora повинна забезпечувати покриття мінімум 200 метрів (всередині міста) і живитися від акумулятора;
- показники лічильника повинні зберігатися у пам'яті пристрою вимірювання.

Архітектура станції Lora Gateway повинна забезпечувати збір даних з вузлів і служити шлюзом для віддаленого доступу до даних через Wi-Fi/3G або Ethernet. Організація, що забезпечує водопостачання у домогосподарства може керувати даними та отримувати доступ до них на веб-сервері після їх збору та передачі на сервер.

2.2. Проектування підсистеми розумного лічильника води

Загальна схема основних функціональних блоків пристрою обліку води показана на рис. 2.3. Основними компонентами лічильника є датчик потоку, центральна схема керування, корпус для пристрою та компонент бездротового зв'язку Lora.

Перетворений сигнал від датчика буде спочатку опрацьовуваний перетворювачем і нормалізований перед подачею у вигляді імпульсу на мікропроцесор, який зчитує його та підраховує імпульси для визначення витрати води у літрах за хвилину. Альтернативою при вимірювання споживання води є використання одиниць вимірювання у м³.

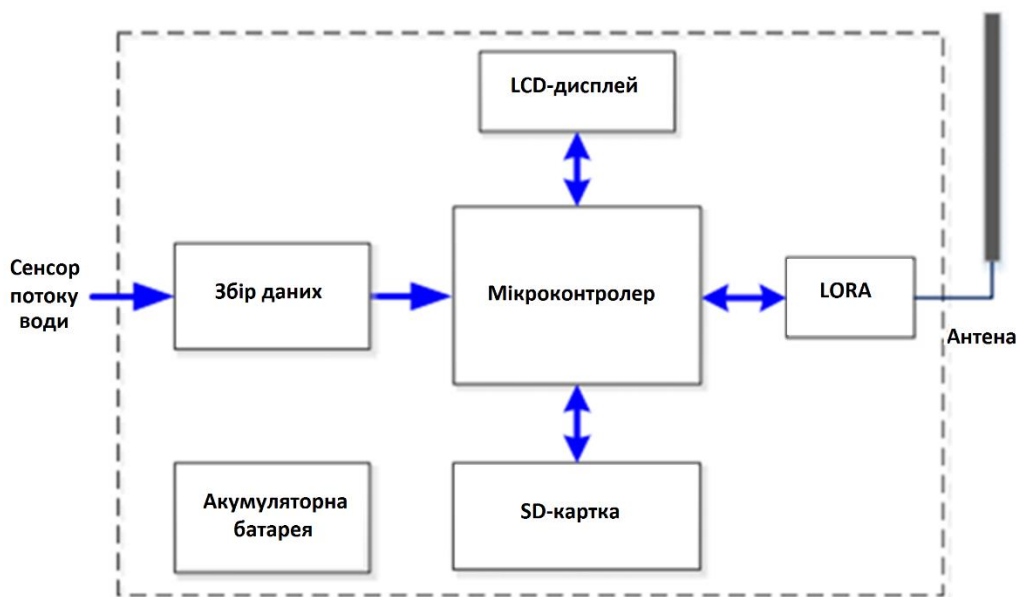


Рис. 2.3. Архітектура лічильника води з інтегрованим модулем Lora

Мікроконтролер буде отримувати результати розрахунків відповідно до заданого циклу (наприклад, раз на годину), зберігати їх у внутрішній пам'яті та відображати безпосередньо на РК-панелі.

Для пристроїв, що працюють від акумулятора з великою ємністю, кілька років можуть пройти без зарядки. Декілька периферійних пристроїв споживають менше електроенергії, оскільки пристрої з живленням від акумулятора з великою ємністю можуть безперервно працювати протягом двох-трьох років. Організацію компонентів підсистеми розумного лічильника води потрібно проаналізувати більш детально та обґрунтувати вибір відповідних компонентів.

2.2.1. Сенсор потоку води у підсистемі розумного лічильника води

Загалом під сенсором потоку розуміють пристрій, що забезпечує виявлення та вимірювання потоку рідини у трубопроводах і дозволяє обчислювати об'єм її витрат у відповідних одиницях вимірювання. Наглядним прикладом є сенсор потоку, який працює на основі ефекту Холла, який показано на рис. 2.4.

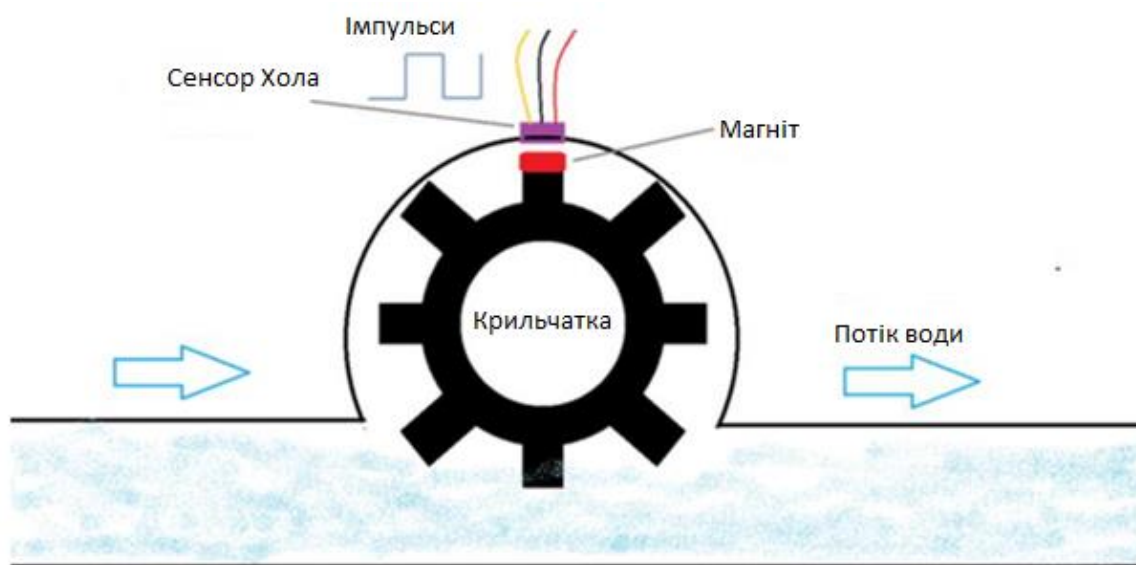


Рис. 2.4. Принцип роботи сенсора потоку води з використанням ефекту Холла

Як видно з рис. 2.4, рідина рухаючись по трубі у якій вмонтовано крильчатку, формує певний тиск на лопастях і таким чином змушує її прокручуватися. На кожній лопасті прикріплений магніт, а у корпус крильчатки – датчика Холла.

Виходячи з цього, формуються імпульси деякої частоти, що прямо пропорційні до швидкості потоку рідини. Таким чином, можна одержувати значення об'єму рідини на основі швидкості її руху по трубі.

В якості прикладу, можна розглянути структуру і принцип функціонування сенсора потоку рідини YF-S201. Він складається з пластикового клапана-корпусу, ротора потоку рідини та сенсора Холла.

Сенсори потоку води, зазвичай, монтують на вхідній частині труби і при проходженні через нього відбувається обертання ротора з магнітом, а сенсор Холла у свою чергу буде генерувати імпульсний сигнал певної ширини. При проектуванні комп'ютерної системи збору, передачі та аналізу показників використання води передбачено підключення сенсора Холла. Це дає можливість забезпечити контроль швидкості потоку у відповідності до потреб як споживачів, так і організації надавача послуг. Сенсор YF-S201 наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Сенсор YF-S201

Як було зазначено раніше, ефект Холла забезпечує вимірювання об'єму рідини і є центральним вимірювальним пристроєм у системі. Суть даного ефекту полягає в тому, що у провіднику виникає різниця потенціалів напруги, яка утворюється внаслідок взаємодії магнітного поля, що перпендикулярний до провідника та потоку електричного струму. Ефекту Холла у проєктованій комп'ютерній системі можна досягати за рахунок використання вентилятора, який виконує функції ротора і розташовується на маршруті руху рідини.

Тиск рідини на лопасті крильчатки змушує ротор обертатися, а вал ротора підключений до датчика Холла. Сам сенсор є не що інше як котушка, по якій тече струм, та магніт, підключений до вала ротора. Завдяки такій конструкції забезпечується індукція напруга/імпульс при обертанні ротора.

Сенсор YF-S201 реалізовано таким чином, що при проходженні кожного літру рідини протягом хвилини датчик генерує близько чотирьох з половиною імпульсів.

При проектуванні розумного лічильника води функції обчислення кількості імпульсів покладено на мікроконтролер, який згодом виконує перетворення вхідних даних у відповідні значення за встановленими одиницями вимірюваннями.

Властивості і характеристик сенсора YF-S201 представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики датчика YF-S201

Характеристики	Значення характеристик
Модель	YF-S201
Тип сенсора	Ефект Холла
Максимальне споживання струму	15мА
Тип виходу	5V TTL
Швидкість потоку	від 1 до 30 л/хв
Температура	від -25 до +80
Вологість	35% - 80% ртутного стовпчика
Точність	±10%
Максимальний тиск води	2.0 МПа
Робочий цикл	50%
Час наростання вихідного сигналу	0.04 мс

Продовження табл. 2.1

Характеристики	Значення характеристик
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" * 1.4" * 1.4

При визначенні швидкості потоку можна використовувати непрямі перетворення, які враховують, наприклад, із зміну тиску у трубопроводі.

2.2.2. Розрахунок швидкості потоку рідини у трубах і калібрування сенсора Холла

Для обчислення параметра швидкості потоку рідини у трубі, слід враховувати що площа її поперечного перерізу є константою і наперед відома. В якості показника швидкості потоку води береться не абсолютне значення у конкретний момент часу, а середнє значення за певний відрізок часу. Формула залежності потоку рідини від об'єму і площі перерізу труби визначається за формулою:

$$Q = V \times A, \quad (2.1)$$

де Q – показник, що інтерпретує відношення потоку рідини, що пройшла через трубу до значення загального потоку;

V – параметр середньої швидкості потоку рідини;

A – площа поперечного перерізу труби.

Варто відзначити, що не тільки площа поперечного перерізу враховується у формулі 2.1, а й такі параметри як густина, щільність і коефіцієнт тертя рідини об стінки труби.

Для розрахунку частоти генерованих сенсором Холла імпульсів використовується наступна формула:

$$FImp = 7,5 * Q, \quad (2.2)$$

де $FImp$ – частота імпульсів;

Q – кількість обертань;

Тоді, для обчислення швидкості потоку рідини протягом однієї години можна використати формулу:

$$FlowSpeed = \frac{FImp * 60}{7,5 * Q}, \quad (2.3)$$

де $FlowSpeed$ – швидкість потоку рідини;

Наступним кроком є розрахунок об'єму води. Враховуючи формули (2.1)-(2.3), його можна розрахувати наступним чином:

$$Vol = \frac{Pulses}{7,5 * 60} \quad (2.4)$$

де Vol – об'єм у м³;

$Pulses$ – кількість імпульсів сенсора Холла,

60 і 7,5 – константи.

Сенсор визначення швидкості потоку води на базі ефекту Холла виконується у герметичному корпусі, що забезпечує його сухість та безпеку експлуатації. У випадку застосування в якості мікроконтролера Arduino при організації розумного лічильника води, схема підключення матиме вигляд як показано у табл. 2.2. Коефіцієнти калібрування при використанні YF-S201 наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.2

Схема підключення YF-S201 та Arduino Uno

Сенсор YF-S201	Плата Arduino Uno
Red	5V
Yellow	2
Black	GND

Таблиця 2.3

Коефіцієнти калібрування сенсорів потоку води

З'єднання труб (дюйм)	Модель	Коефіцієнт калібрування
Різьба 1/2	YF-S201	7.5
Різьба 3/4	YF-S403	4.0

Наступним етапом є визначення контролера управління вимірюванням об'єму води, сенсора у вигляді годинника реального часу, комунікаційного компоненту Lora та модуля для передачі через WiFi.

2.2.3. Контролер управління розумним лічильником води

Проаналізувавши ринок мікроконтролерів та плат макетування, оптимальним рішенням для організації та управління вимірюванням швидкості потоку води є Arduino Uno. В основі даного контролера лежить кварцовий генератор за частотою 16МГц. Arduino Uno володіє чотирнадцятьма цифровими і шістьма аналоговими виводами, роз'ємом живлення, кнопкою скидання параметрів та ін. Структуру і розташування компонентів даного мікроконтролера показано на рис. 2.6.

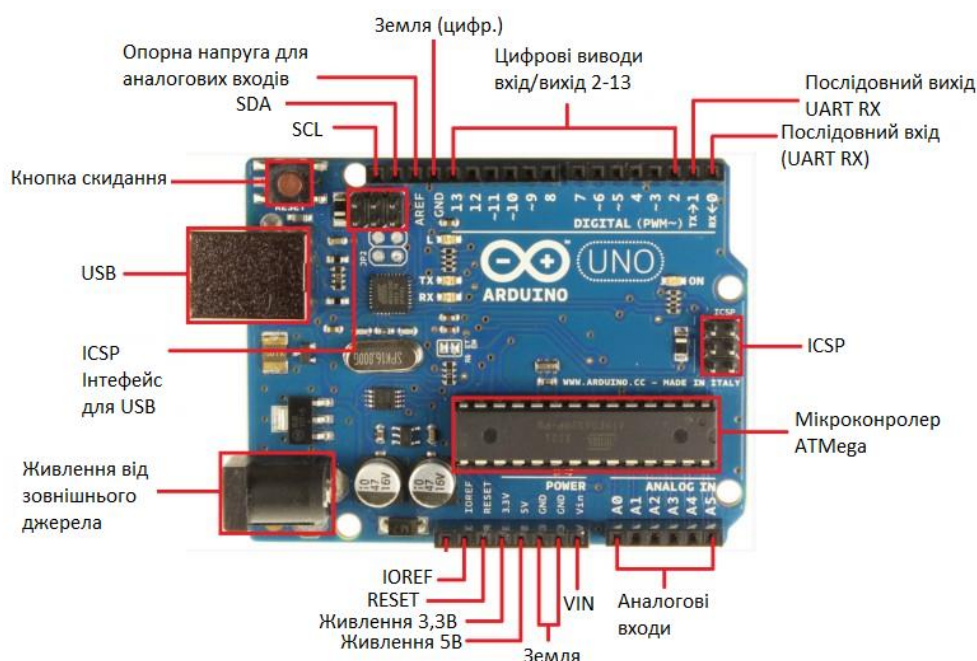


Рис. 2.6. Структура Arduino Uno

Для налаштування і програмного доступу до Arduino Uno можна використати типове USB-підключення зі звичайним ПК, або блок живлення із визначеними для цього контролера номіналами напруги і струму.

Центральним процесором Arduino Uno є мікроконтролер ATmega 328, виводи якого представлено на рис. 2.7.

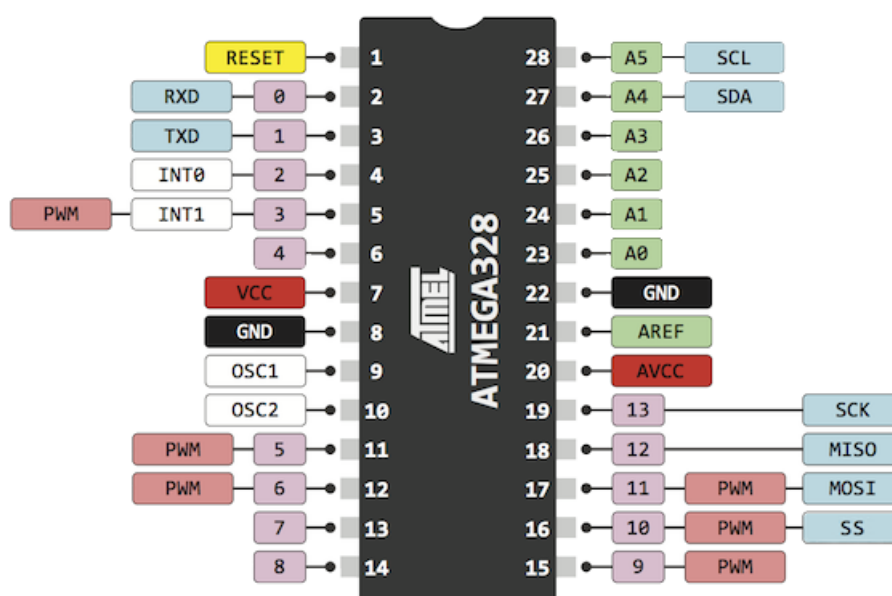


Рис. 2.7. Розташування контактів Arduino Uno

Виводи VCC та GND призначені для забезпечення живлення контролера у відповідності до номіналів, визначених технічною документацією. Верхня межа допустимої напруги становить 5.5В, а пікова напруга, яка може бути подана на мікроконтролер становить – 6В. Не рекомендується тривале застосування пікової напруги, оскільки це може вивести з ладу пристрій.

З метою усунення завад, між выводами живлення доцільно встановити керамічний конденсатор ємністю 0,1 мкФ. Це забезпечить можливість знизити до мінімуму опір провідників і паразитну індуктивність.

Структура мікроконтролера Arduino Uno у вигляді схеми електричної принципової продеменстровано на рис. 2.8, а важливі характеристики – у табл. 2.4.

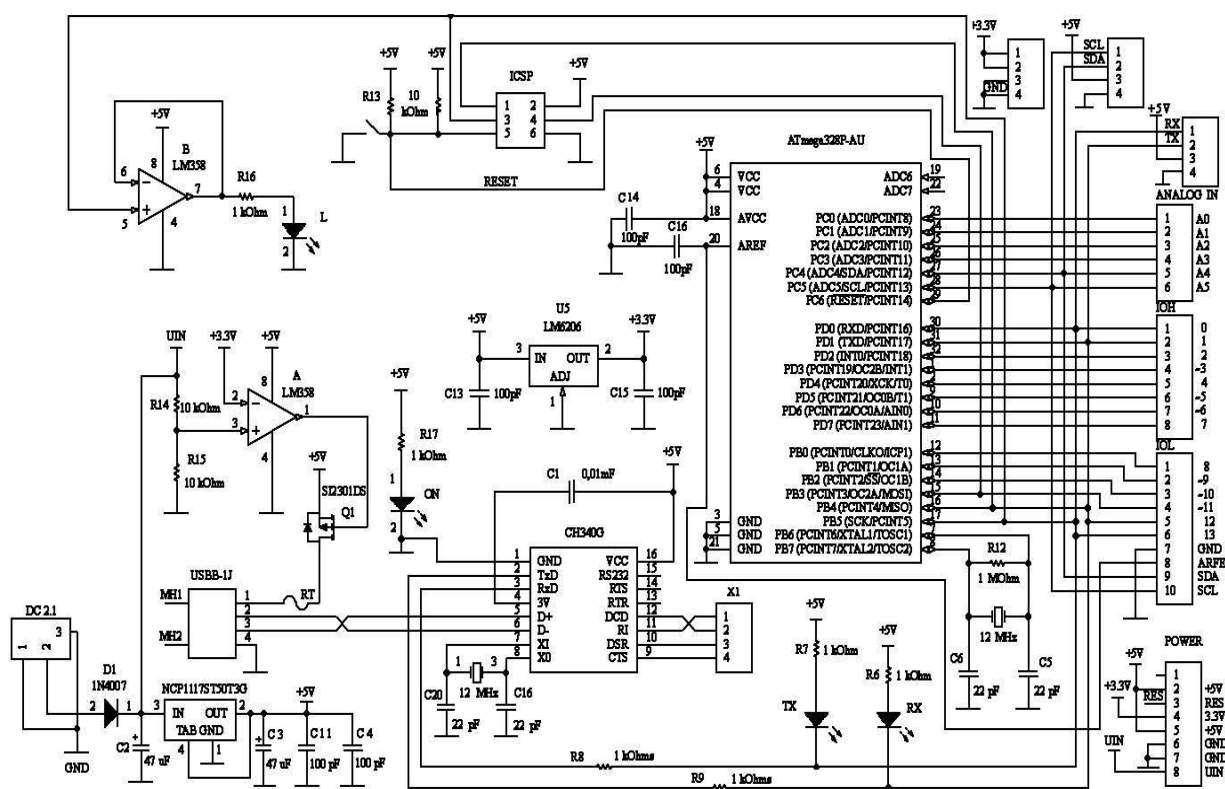


Рис. 2.8. Схема електрична принципова Arduino Uno

Таблиця 2.4

Технічні характеристики 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

2.2.4. Модуль SX1278

Cycleo проводив дослідження та розробку для LoRa (Long Range Radio), яке Semtech зрештою придбав у 2012 році. Ця технологія могла передавати дані на кілометри без використання схем підсилення потужності. Окрім переваг передачі на великі відстані, дана технологія також значно зменшує споживання енергії під час передачі та прийому даних. Це робить її придатною для використання з бездротовими датчиками, що живляться від батареї. На рис. 2.9 показано вигляд модуля SX1278 (LoRa Ra-01).

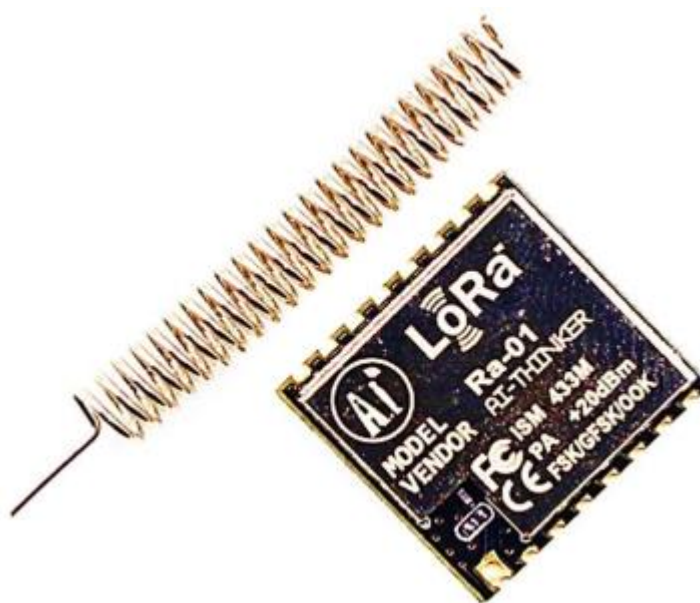


Рис. 2.9. Lora Ra-01

При застосуванні модуля, показаного на рис. 2.10, дані хешуються за допомогою високочастотних імпульсів для створення сигналу з вищим діапазоном частот, ніж частота вихідних даних, а потім LORA використовує цей лінійно-частотно модульований сигнал для модуляції розширеного спектру. Подальше кодування отриманого високочастотного сигналу слідує за послідовністю сигналу лінійно частотної модуляції. Це синусоїдні сигнали, частота яких змінюється у часі.

Існує дві лінійно-частотно модульованих сигналів – висхідний і низхідний; теоретично біт 1 використовуватиме для кодування висхідний сигнал, а біт 0 – низхідний. Перед відправкою сигналу антена повинна бути в режимі приймання. Ця ідея допомагає зменшити складність і точність, що необхідна схемі приймача для декодування та повторної модуляції даних.

Діапазон робочих частот модуля Lora Ra-01 становить від 430 МГц до 915 МГц для різних регіонів світу. Зовнішній модуль SX1278, який використовується при проектуванні підсистеми розумного лічильника води, використовує звичайну технологію GFSK на додаток до технології LoRa (дальньої дії). Це дає змогу зменшити використання струму та уникнути

перешкод. Модуль підтримує протокол зв'язку SPI, потужну передачу сигналу 100 мВт і передачу на великі відстані з низьким енергоспоживанням. На рис. 2.10 показано виводи модуля та спосіб їх використання.

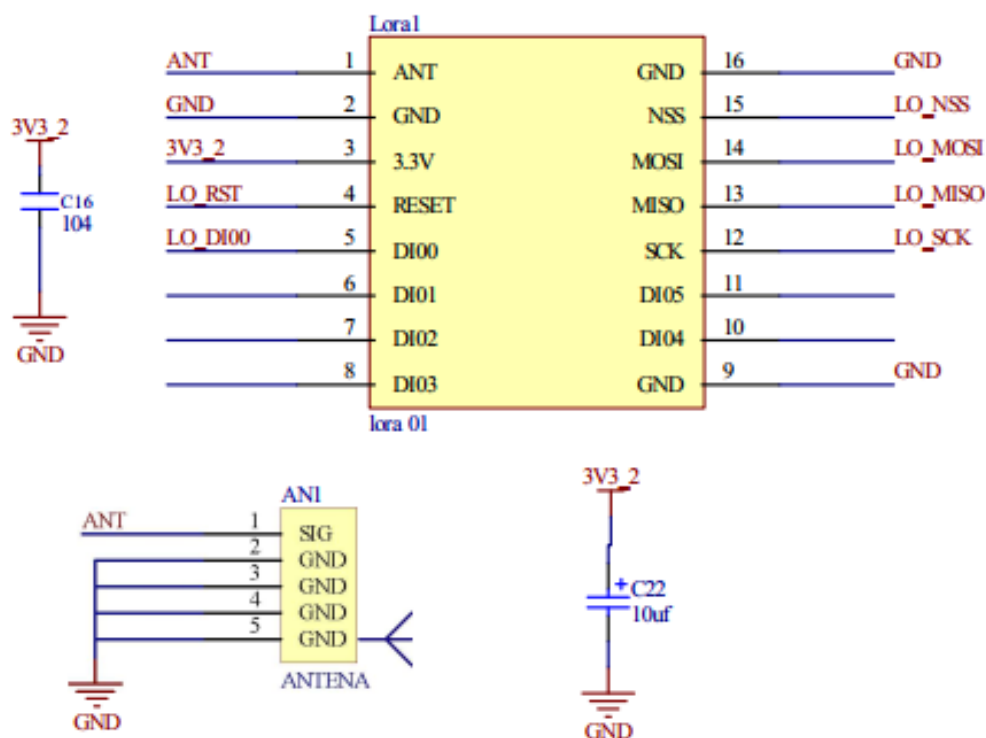


Рис. 2.10. Схема SX1278

Модуль Lora Ra-01 підходить для будь-якого складного прикладного середовища, яке потребує бездротової передачі даних, включаючи управління розумним будинком, автомобільну електроніку, охоронну сигналізацію, системи моніторингу та управління для промислових систем, а також системи дистанційного керування для систем зрошення.

Модуль можна встановити на відстані до кількох кілометрів залежно від запланованого застосування та споживання енергії.

Технічні характеристики SX1278:

- чутливість: -136 дБм;
- вихідна потужність: +20 дБм;

- швидкість передачі даних: 300 Кбіт/с 127 дБ динамічний діапазон RSSI;
- модуляція: FSK/GFSK/MSK/LoRa;
- інтерфейс: SPI;
- постійний струм: 1uA;
- робоча температура: від -40°C до +80°C;
- напруга живлення від 1,8В до 3,6 В постійного струму.

2.2.5. Модуль DS3231 як годинник реального часу

DS3231 забезпечує функцію годинника реального часу для того, щоб фіксувати моменти часу використання води. Він працює по I²C і до його складу входить вбудований кварцовий генератор. Для його живлення може використовуватися звичайна батарейка, що є альтернативною основному живленню.

Модуль годинника з живленням від батарейки, який запропоновано застосувати у комп'ютерній системі збору, передачі та аналізу показників споживання води показано на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Модуль DS3231

Особливістю годинника, представленого на рис. 2.12, є те, що він має можливість збереження даних про час у всіх одиницях вимірювання від секунд до років і також враховує кількість днів у місяці та тип року. Для DS3231 передбачено два режими роботи – в форматі 12 або 24 годин, існує можливість програмування будильників і застосування прямокутного виходу.

Схема електрична принципова за якою функціонує DS3231 проілюстрована на рис. 2.12.

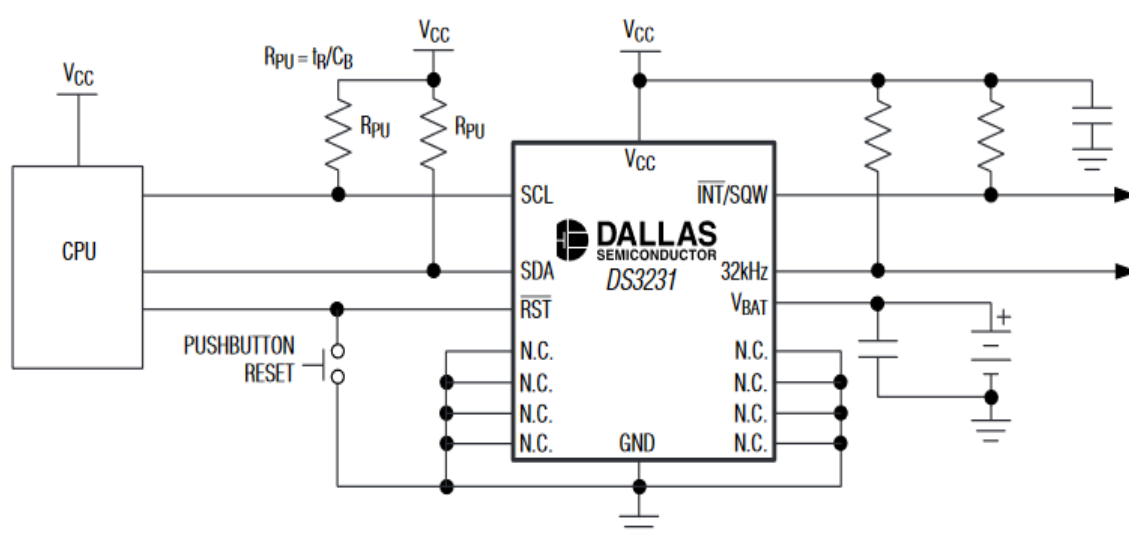


Рис. 2.12. Схема електрична принципова DS3231

Важливою перевагою модуля годинника DS3231, порівняно з іншими, є те, що його похибка протягом року роботи становить менше однієї хвилини і він може використовуватися в екстремальних умовах. Окрім цього, даний пристрій не потребує оновлення і синхронізації із зовнішніми годинниками.

Структурна схема DS3231 показана на рис. 2.13.

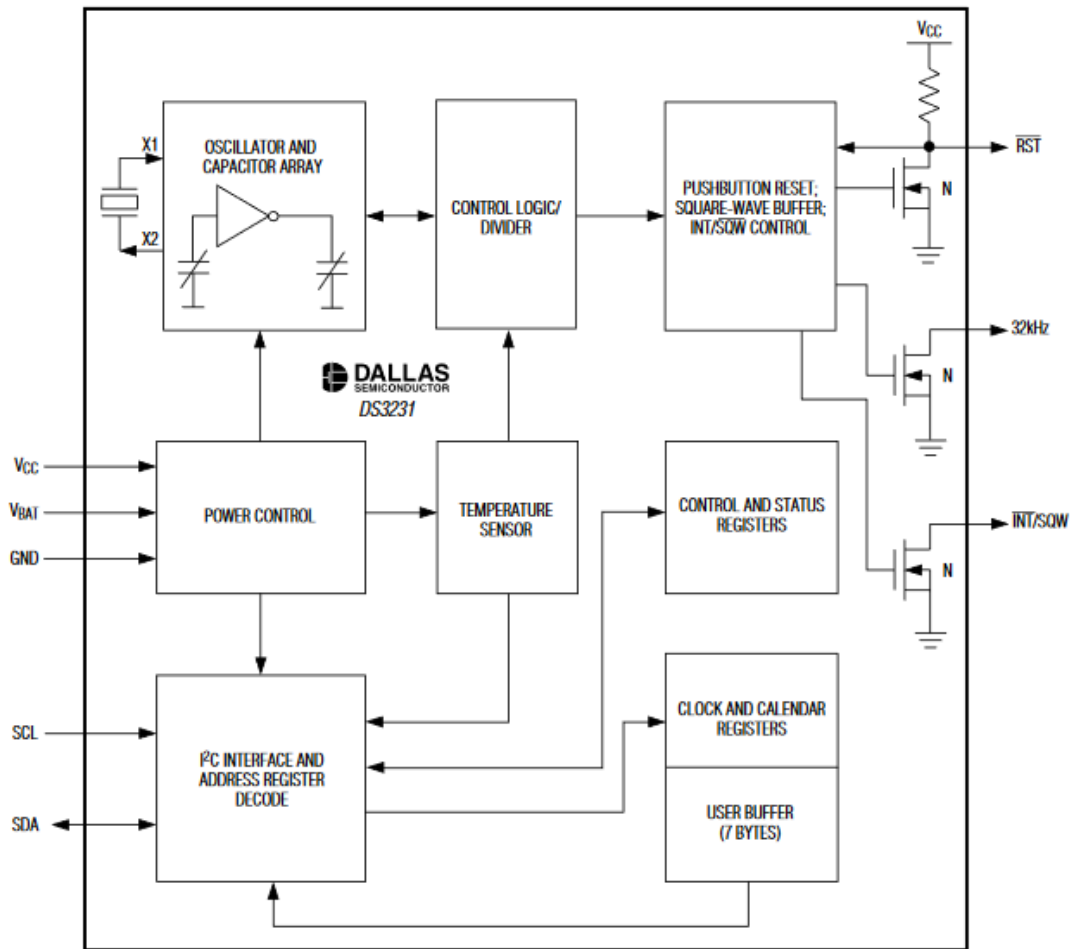


Рис. 2.13. Структурна схема DS3231

Схему комунікації годинника DS3231 та Arduino Uno представлені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Схема підключення DS3231 та Arduino Uno

Годинник реального часу DS3231	Плата Arduino Uno
SCL	SCL
SDA	SDA
VCC	5V
GND	3.3V

Таким чином, обґрунтовано застосування компонентів при організації підсистеми вимірювання показників швидкості потоку води з подальшим її перетворення в одиниці вимірювання об'єму шляхом використання Arduino Uno, сенсора потоку з ефектом Холла, годинника реального часу та Lora R-01 передавача з низьким енергоспоживанням та великою дальністю передачі даних. Схема підключення компонентів підсистеми приведена на рис. 2.14.

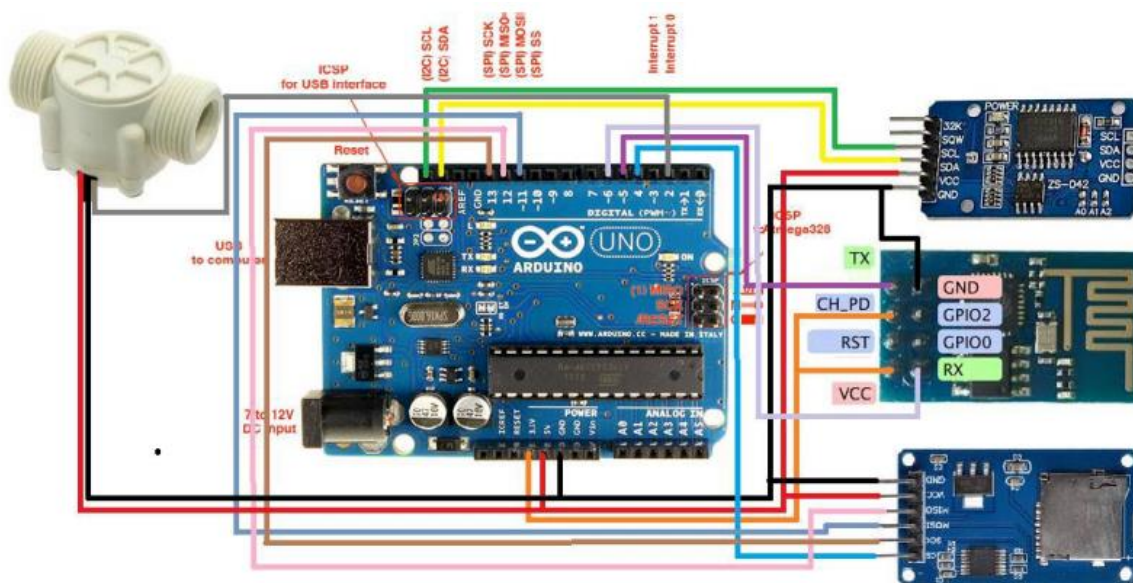


Рис. 2.14. Схема підключення компонентів підсистеми обліку води

Наступний етап полягає у налаштуванні шлюзу для передачі даних з підсистеми вимірювання значень об'єму спожитої води до системи аналітики.

2.3. Проектування підсистеми агрегації і передачі даних на основі шлюзу Lora Gateway

Усі представники сімейства інтегральних схем STM32F1x володіють ідентичними властивостями та функціональністю. Такий екземпляр, як STM32F103C8T6 належить до цього сімейства мікроконтролерів і виготовлених STMicroelectronics. Він є прикладом 32-розрядної

мікропроцесорної структури, яка часто використовується у вбудованих пристроях.

Даний пристрій володіє наступними характеристиками:

- ARM 32-bit Cortex – центральний процесор з максимальною тактовою частотою 72 МГц.
- керування багатопоточними перериваннями з 43 каналами;
- пам'ять: 64 Кбайт флеш-пам'яті, 20 Кбайт SRAM;
- робоча напруга – 2 - 3,6 В;
- підтримка зовнішнього кварцового генератора від 4 МГц до 20 МГц;
- внутрішній кварцовий генератор використовує RC-генератор в режимах на 8 МГц або 40 кГц;
- наявність двох наборів 12-розрядних АЦП по 9 каналів у кожному;
- наявність семи таймерів;
- підтримка каналів зв'язку: два комплекти I²C (SMBus/PMBus), три комплекти USART (інтерфейс ISO 7816, LIN, можливість IrDA, керування модемом), два SPI (18 Мбіт/с), один комплект інтерфейсу CAN, повношвидкісний інтерфейс USB 2.0

На апартному рівні структуру агрегатора і шлюза для передачі даних від підсистеми вимірювання показників споживання води до сервісу аналітики продемонстровано на рис. 2.15.

Як видно з функціональної блок-схеми пристрою, що показана на рис. 2.16, станція збирає дані з кожного вузла та служить шлюзом для віддаленого доступу до даних через Wi-Fi або Ethernet.

Дані збираються та передаються на комп'ютер, яким керує надавач послуг з постачання води та можуть переглядатися й аналізуватися на веб-сервері. Основні компоненти, які використовуються для побудови пристрою (зв'язок за допомогою модуля Lora Ra-01 (SX1278), ЦП серії ARM-STM32F103C8T6), можна порівняти з тими, які використовуються для побудови лічильників.

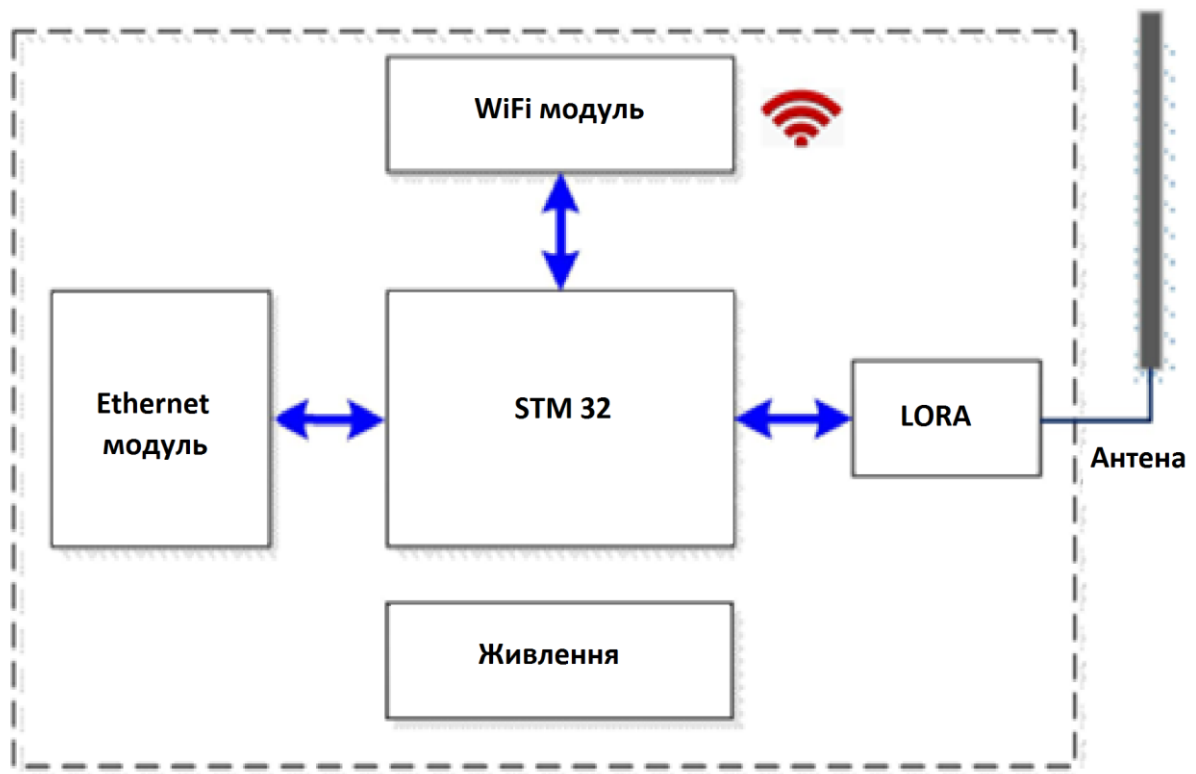


Рис. 2.15. Структура шлюза на базі Lora Gateway

Підключення WiFi за допомогою модуля ESP32, що показаний на рис. 2.16, є вдосконаленою версією сімейства ESP8266. Системи Espressif розроблені сімейством ESP32. У ESP32 представлений двоядерний процесор із наднизьким енергоспоживанням. Він був створений для підвищення «слабкої» безпеки ESP2866.

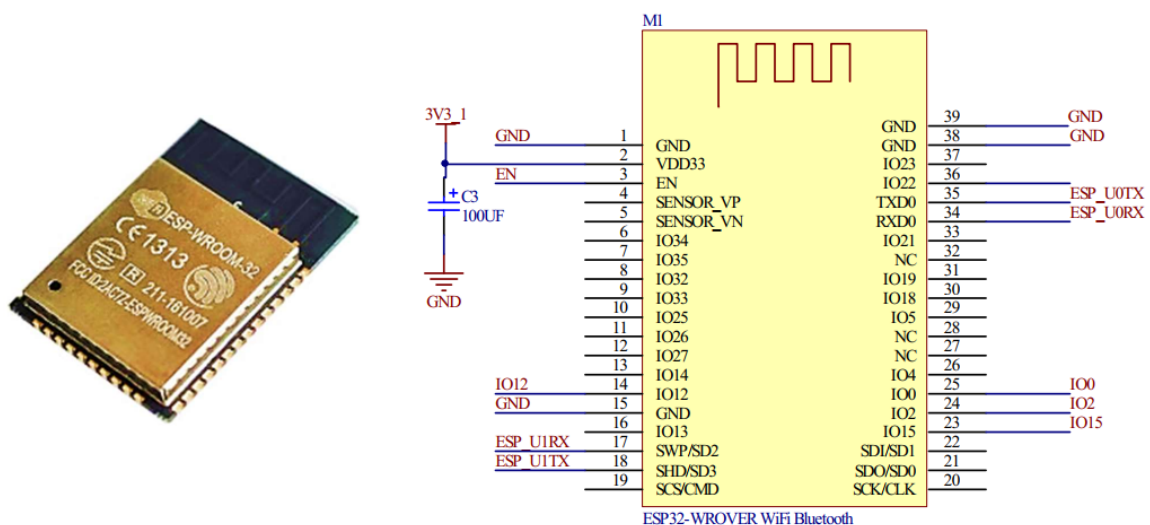


Рис. 2.16. Модуль ESP32

З'єднання RS485 використовується для підключення до звичайного модуля Ethernet USR-TCP232-304 (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Модуль Ethernet USR-TCP232-304

Схема електрична принципова підключення для підключення модуля, представленого на рис. 2.17, до Ethernet показана на рис. 2.18.

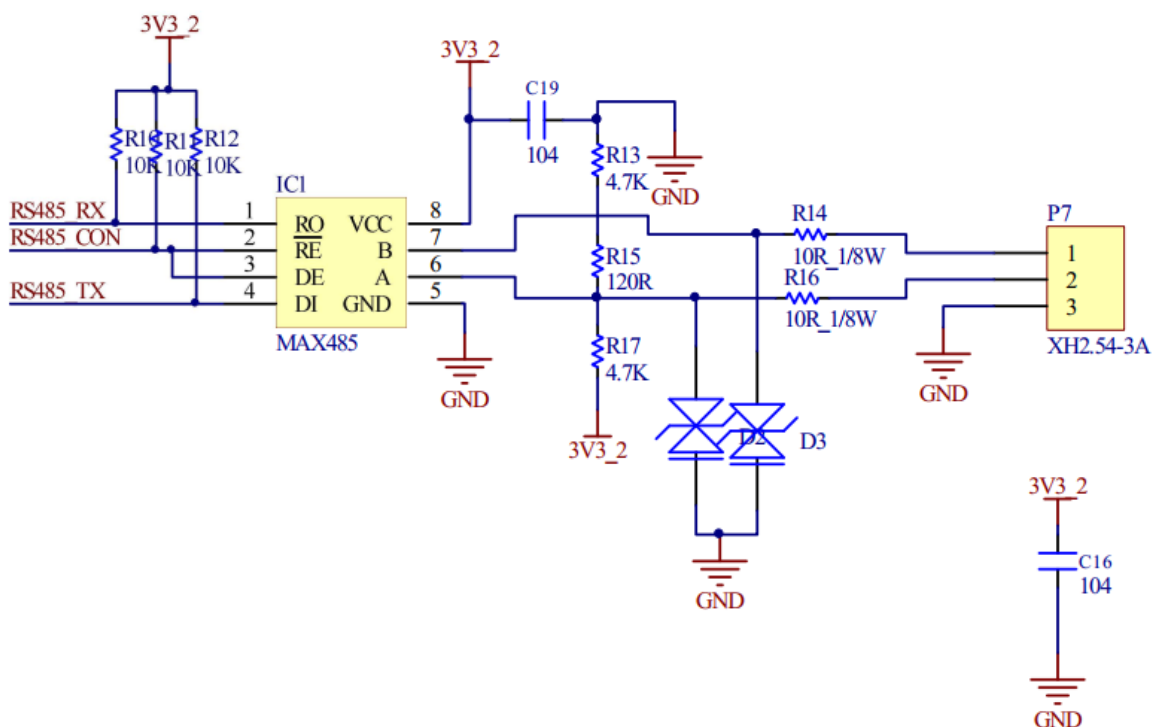


Рис. 2.18. Схема підключення до Ethernet

Таким чином, у результаті проведеного проектування одержано структуру і схема підключення компонентів розумного лічильника води, що дає змогу проводити вимірювання споживання води та використовуючи технологію Lora, забезпечує передачу даних з мінімальним енергоспоживанням. Окрім цього, проект шлюзу на базі Lora Gateway забезпечує збір даних з багатьох лічильників води, які є кінцевими пристроями системи, та виконує їх трансфер до місць зберігання та проведення аналітики в хмарних сервісах у мережі Інтернет.

Наступний етап проектування системи збору, передачі та зберігання даних при обліку води передбачає розробку та налаштування програмної складової, як на рівні запропонованого апаратного забезпечення, так і високорівневого програмного забезпечення у вигляді web-додатка.

2.4. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. На основі технології LoRa спроектовано комп'ютеризовану систему збору, передачі та зберігання даних у процесі обліку води на рівні компонентів і зв'язків між ними, що дало змогу забезпечити ефективність функціонування компонентів, надійність збору і передачі даних, а також енергоефективність системи в цілому.

2. Розроблено проект підсистеми локального рівня для збору даних про споживання води на основі Arduino Uno, сенсора потоку рідини з використанням ефекту Холла, модуля годинника реального часу та модуля Lora Ra-01 для передачі даних на шлюз, що дало змогу забезпечити точність і стабільність локального вимірювання і зберігання даних.

3. Спроектовано підсистему шлюзу з використанням модуля LoRa Ra-01, контролера управління STM32, WiFi-модуля ESP32, що дає змогу забезпечити агрегацію даних з розумних лічильників води з подальшою їх трансляцією на сервер зберігання.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

3.1. Програмне забезпечення системного рівня при управлінні лічильником води

Забезпечення процесів збору, передачі та аналітики даних щодо споживання води на основі запропонованих технічних рішень вимагає розробки різних типів програмного забезпечення, починаючи від системи управління локального рівня і завершуючи системою моніторингу із застосуванням хмарних рішень. Оскільки, на локальному рівні використовується мікроконтролер Arduino Uno, то доцільно та ефективно процеси управління програмно імплементувати за допомогою мови програмування C. Високорівневе програмне забезпечення пропонується реалізувати у вигляді веб-додатку для забезпечення доступу з будь-якого місця за наявності доступу до мережі інтернет. Мова програмування C підтримується платформою Arduino IDE, що є платформою з відкритим вихідним кодом і дає змогу досить просто та легко програмувати різного роду мікроконтролери. Інтерфейс платформи, що дає можливість забезпечити налаштування і реалізацію програми для керування пристроями системи обліку води та їх інтеграцію, показано на рис. 3.1.

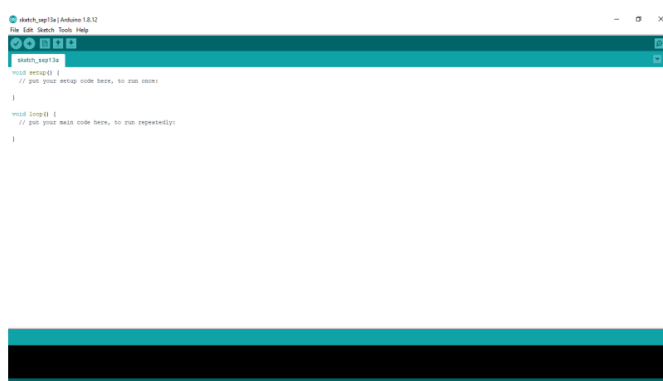


Рис. 3.1. Інтерфейс середовища Arduino IDE

Для керування сенсорами, які є кінцевими пристроями системи, зокрема, сенсор потоку YF-S201, годинник DS3231, модуль передачі даних Lora Ra-01, необхідно провести ряд заходів щодо попереднього налаштування середовища. При організації комунікації Lora Gateway за допомогою безпроводної технології WiFi використовується ESP32 або ESP8266, що передбачає необхідність завантаження UDP-сервера. Перед тим, як виконати підключення до ПК, перш за все потрібно проінсталиювати драйвер для USB-TTL. За замовчуванням драйвери на USB порт у середовищі Arduino IDE не встановлені, що показано на рис. 3.2.

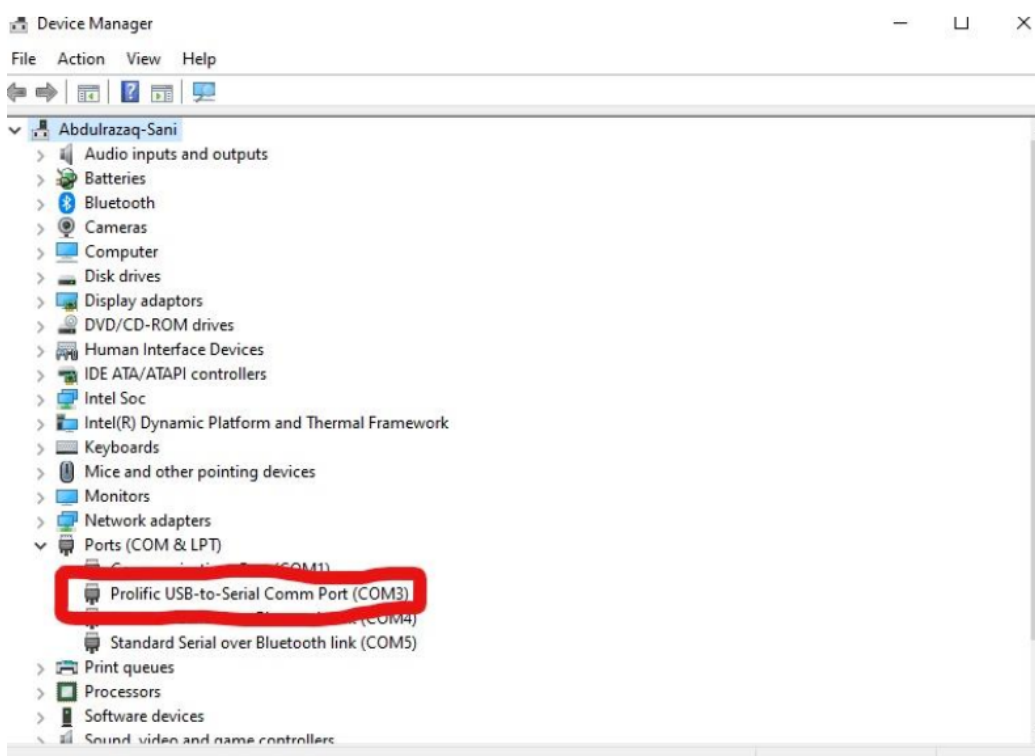


Рис. 3.2. Інсталяція драйвера для USB

Здійснивши пошук пристроїв (рис. 3.2) можна побачити, що у диспетчері пристроїв вже підключений перетворювач USB-TTL і можна виконувати завантаження прошивки.

Оскільки, можлива одночасна активація кількох портів, то необхідно обрати потрібний, як показано на рис. 3.3.

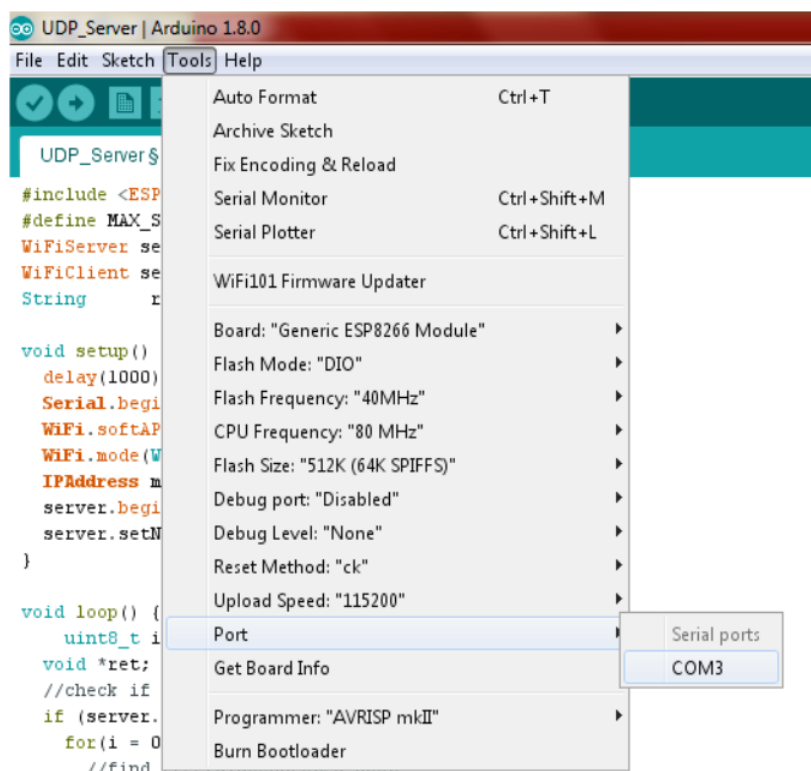


Рис. 3.3. Вибір COM-порта

При під'єднанні додаткових сенсорів чи бібліотек до середовища розробки Arduino IDE потрібно додатково інсталиувати програму, який надається постачальником. Така процедура виконується так, як продемонстровано на рис. 3.4.

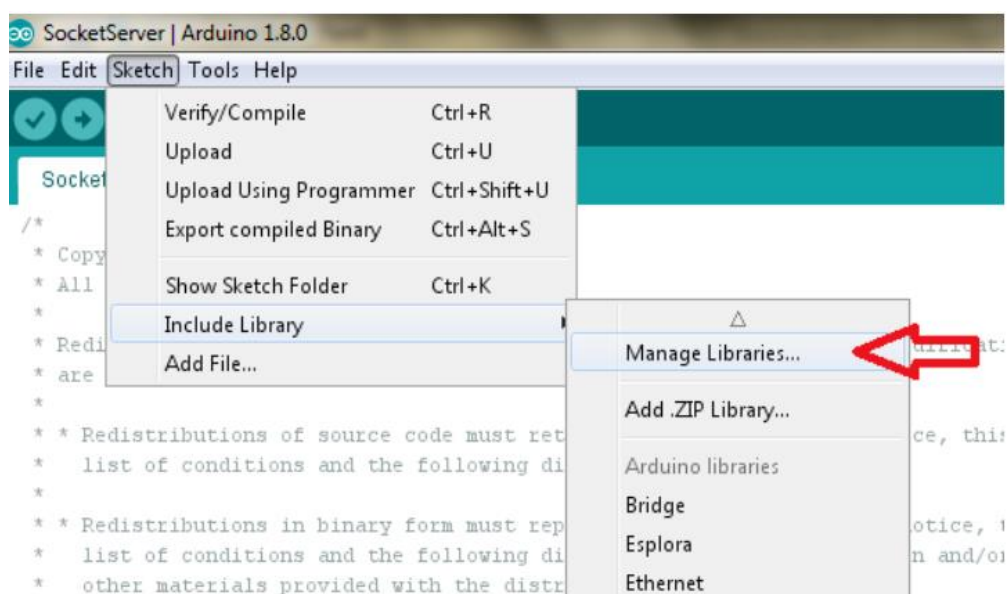


Рис. 3.4. Підключення додаткових бібліотек

З метою забезпечення ефективної і коректної роботи модуля ESP8266 чи ESP32 потрібно інсталиувати відповідну бібліотеку (рис. 3.5).

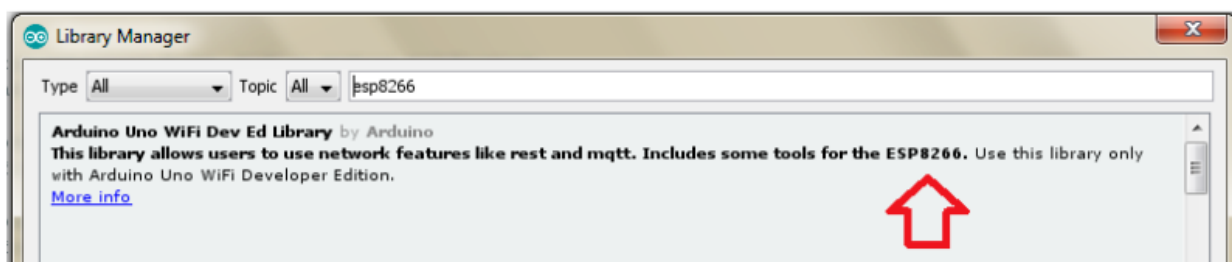


Рис. 3.5. Встановлення бібліотеки для роботи з ESP8266

Обов'язковою дією перед тим, як завантажити бібліотеку у середовище розробки є зміна назви модуля. Цю процедуру зображено на рис. 3.6.

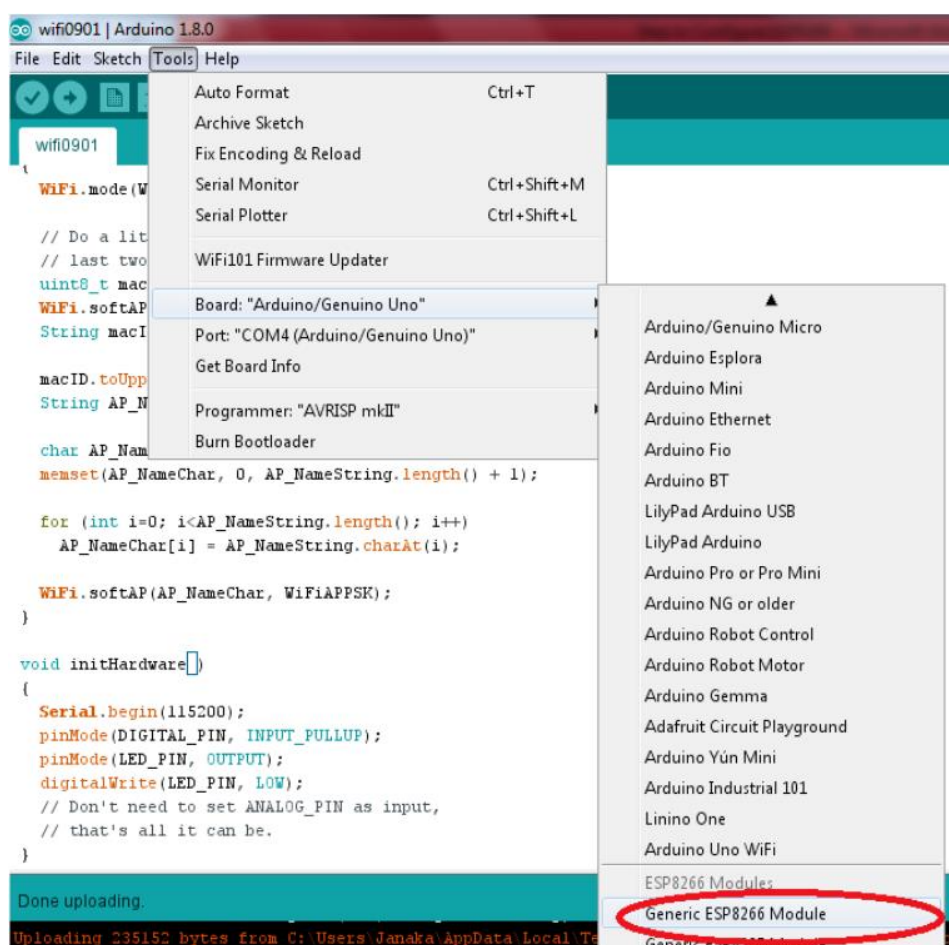


Рис. 3.6. Завантаження бібліотеки Generic ESP8266 Module

Для роботи годинника реального часу необхідно також інстальювати відповідну бібліотеку, надану розробником пристрою. Інсталяція драйвера для пристрою DS3231 представлено на рис. 3.7.

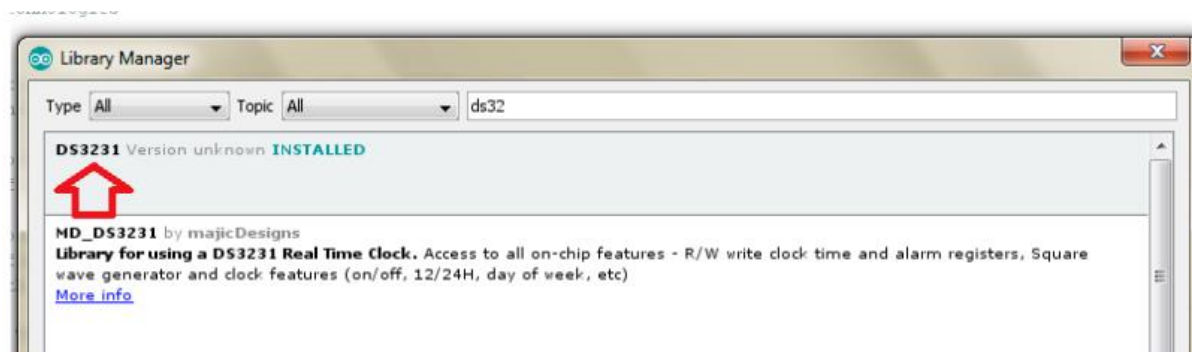


Рис. 3.7. Інсталяція бібліотеки для DS3231

По замовчуванню параметри модуля DS3231 сприймають формат дати і часу, як проілюстровано на рис. 3.8.

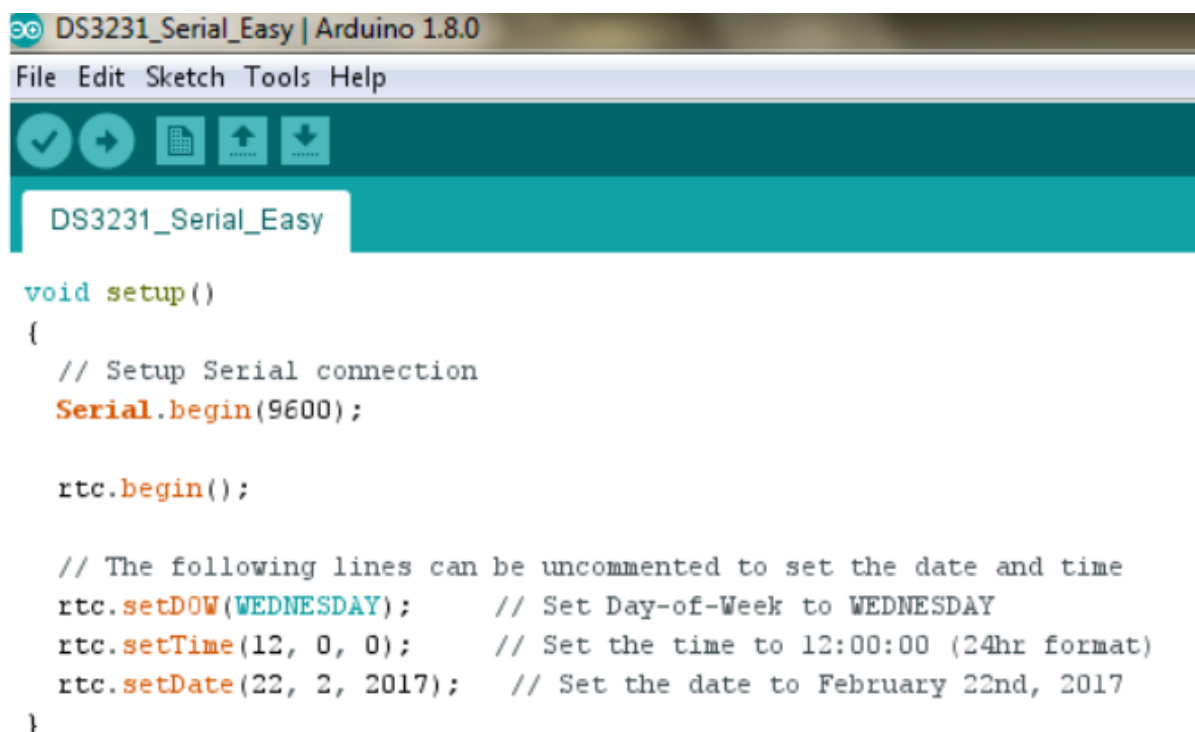
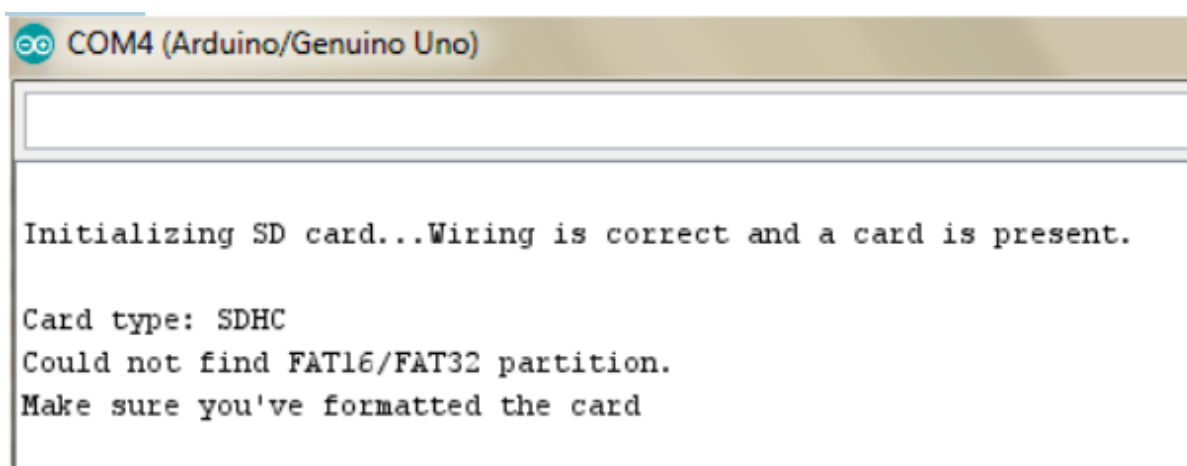


Рис. 3.8. Кодування формату дати і часу у годиннику реального часу DS3231

Як зазначалось раніше для локального зберігання даних щодо показів лічильника води використовується модуль з SD-картою. Дані, котрі зчитуються із сенсорів далі записуються у текстовий файл, який зберігається на носії типу SD-карти. У середовищі Arduino IDE за замовчуванням вже інтегрована бібліотека для роботи з таким видом пристроїв. Процедура ініціалізації носія зберігання даних представлена на рис. 3.9.



```
COM4 (Arduino/Genuino Uno)

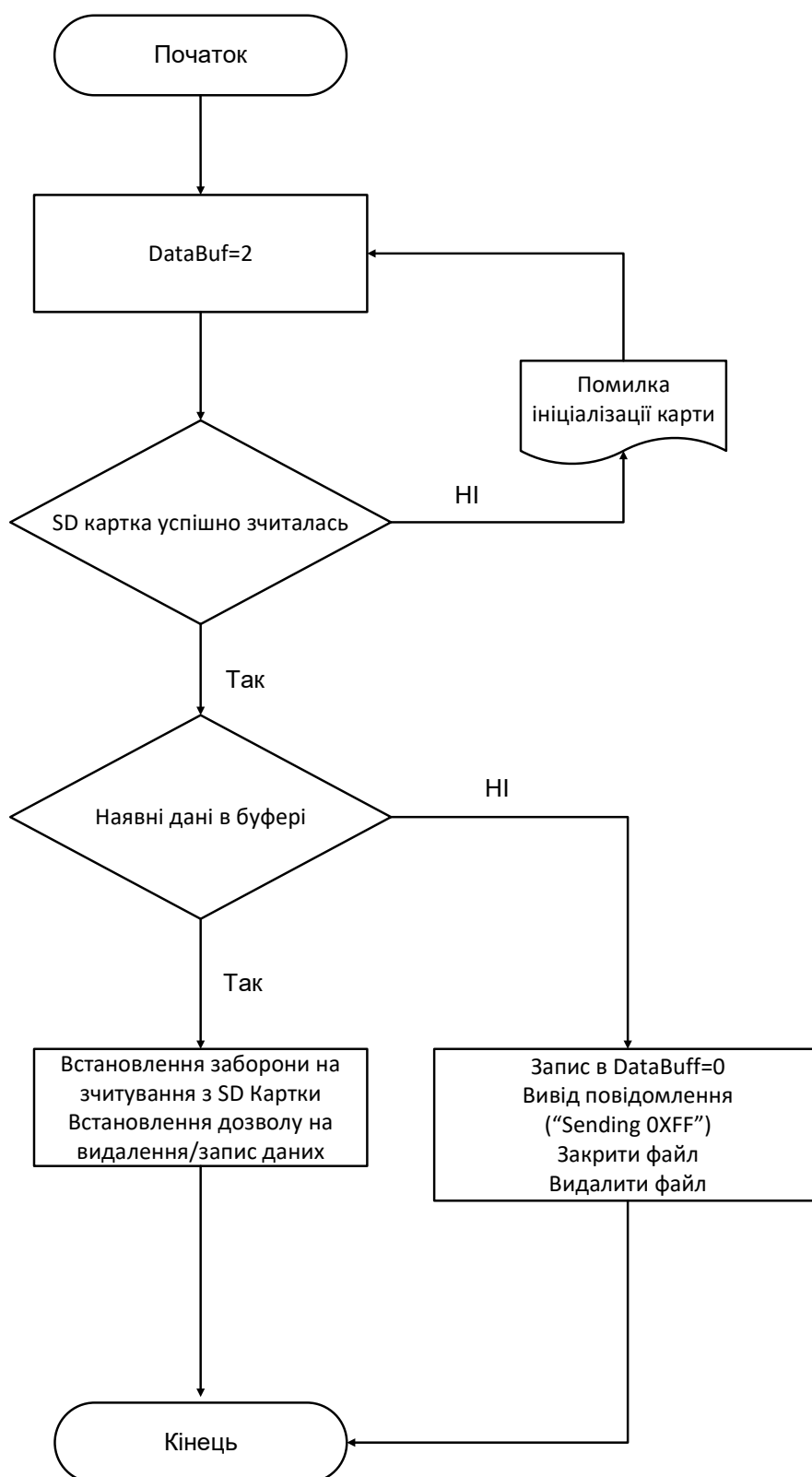
Initializing SD card...Wiring is correct and a card is present.

Card type: SDHC
Could not find FAT16/FAT32 partition.
Make sure you've formatted the card
```

Рис. 3.9. Ініціалізація SD-карти

У бібліотеці, що підтримує коректну роботу SD-карти, передбачено можливості зчитування/запису даних з підтримкою таких файлових систем, як FAT16 і FAT32. Бібліотекою встановлено обмеження на кількість символів у назвах файлів, зокрема, назва повинна містити не більше 8 байт, а розширення файлу – не більше 3 байтів. Як і будь-який провідник, бібліотека підтримки SD-картки, розуміє та вміє працювати із шляхами у яких використовується слеш для розділення каталогів.

За замовчуванням кореневою текою є каталог SD-карти і у випадку зберігання файлу в корені, доступ до нього може бути як із застосуванням символу слеш перед назвою так і без нього. Ініціалізація носія даних відбувається у відповідності до алгоритму, що представлений на рис. 3.10.



Рису. 3.10. Блок-схема алгоритму ініціалізації та коректності роботи SD-карти

Програмно ініціалізація карти реалізується таким чином, як показано на рис. 3.11.

```

if (ChipSelectPin)
{
  print("Initialization failed!");
}
else
{
  print ("Initialization done!");
}
end if
if (file not found )
{
  print ("SD File Open Error!");
}
end if

```

Рис. 3.11. Ініціалізація SD-карт

Перед тим, як використовувати носій інформації, необхідно провести його форматування, оскільки, у випадку невиконання буде генеруватися помилка. У випадку, коли розмір SD-карти менший за 4 ГБ проводиться форматування на основі FAT16, а при перевищенні цього розміру – FAT32. Якщо носій не підтримується або несумісний з файловою системою, то середовище видає повідомлення такого типу, як показано на рис. 3.12.

```

| 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

```

Рис. 3.12. Повідомлення щодо несумісності SD-карти

Для завантаження програмного коду сервера у модуль підтримки WiFi технології можна скористатися USB TTL конвертером. На початку завантажувється порожній код у мікроконтролер Arduino Uno. Приклад фрагменту програми при завантаженні UDP-сервера проілюстровано на рис. 3.13. При цьому контролер ESP8266 або ESP32 повинен бути фізично

підключений до плати керування лічильником за допомогою відповідних виводів. У даному випадку повинні бути підключені виводи GP100 та GND.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#define MAX_SRV_CLIENTS 1
WiFiServer server(23);
WiFiClient serverClients[MAX_SRV_CLIENTS];
```

Рис. 3.13. Фрагмент створення UDP-сервера на основі ESP8266

Завантаження програми сервера супроводжується роботою (блимання) синього індикатора на фізичній платі. Сервер по замовчуванню отримує IP-адресу 192.168.4.1 та порт для комунікації – 23.

Перший крок при підключенні сенсора швидкості потоку рідини передбачає програмне його калібрування. Програмний код, представлений на рис. 3.14., задає значення 4.5 для коефіцієнту калібрації.

```
byte sensorInterrupt = 0; // 0 = digital pin 2
byte sensorPin      = 2;

// The hall-effect flow sensor outputs approximately 4.5 pulses per second per
// litre/minute of flow.
float calibrationFactor = 4.15;
```

Рис. 3.14. Програмне калібрування сенсора потоку води

Послідовність кроків, які необхідно виконати при калібруванні датчика YF-S201, наведено на рис. 3.15 у графічному представлення алгоритму.

Провівши налаштування параметрів та імплементувавши програмний код системного рівня забезпечено коректність функціонування та комунікації між усіма визначеними компонентами системи обліку води.

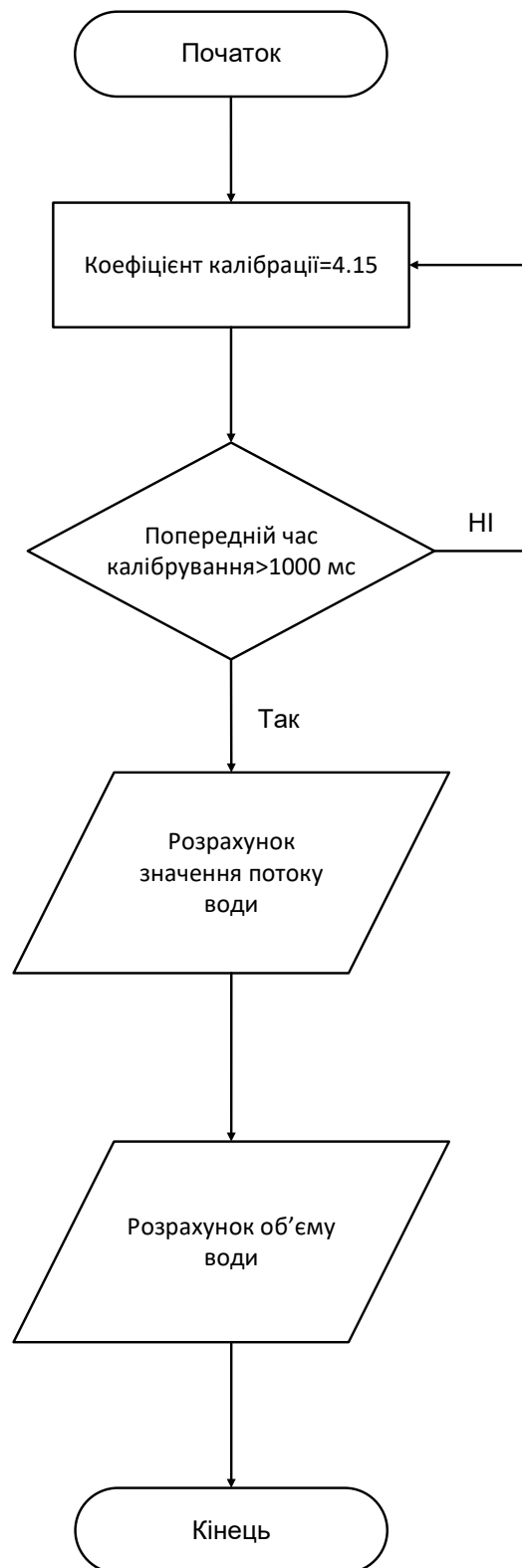


Рис. 3.15. Блок-схема алгоритму калібрування сенсора потоку води

Подібно до налаштувань вимірювального пристрою виконується програмування та налаштування параметрів Gateway на основі технології Lora.

3.2. Розробка веб-орієнтованого додатку для перегляду та аналізу даних водоспоживання

Сучасний стан розвитку мов програмування дозволяє забезпечити реалізацію будь-якої функціональності з приблизно однаковою ефективністю. У даному випадку необхідно імплементувати можливість віддаленого доступу споживачів і контролюючих органів до показників споживання води. Для цього можна використати такі технології і мови програмування, як PHP, ASP, C#, Java та інші, які найбільш часто використовуються при розробці веб-додатків.

Для імплементації веб-орієнтованого додатку варто скористатися стеком технологій до якого входить PHP, як мова програмування бекенду, JavaScript, HTML та CSS – як технологічний стек при реалізації фронтенду. Обґрунтованість такого рішення пов'язана з наявністю уже готових і відтестованих програмних компонентів з можливістю їхнього гнучкого адаптування під потреби розробників.

Найбільш важливою вимогою до системи збору, передачі та зберігання даних з лічильників води є можливість створення розрахункових листів для споживачів та проведення аналізу даних щодо подачі та використання води надавачів послуг. Окрім цього, важливо, щоб була можливість одночасного обслуговування декількох користувачів системи.

Для забезпечення ефективності та мінімізації витрат на придбання інфраструктури доцільно, щоб веб-додаток функціонував на веб-сервері Apache, який повинен бути розгорнутим і операційній системі Linux.

Візуальне представлення вимог до веб-додатку виконано за допомогою технології use case діаграм, що представлена на рис. 3.16.

Як видно з графічного представлення рис. 3.16, система на високому рівні повинна забезпечувати споживачам води можливість перегляду показників розумного лічильника води і формувати поточний рахунок щодо споживання.

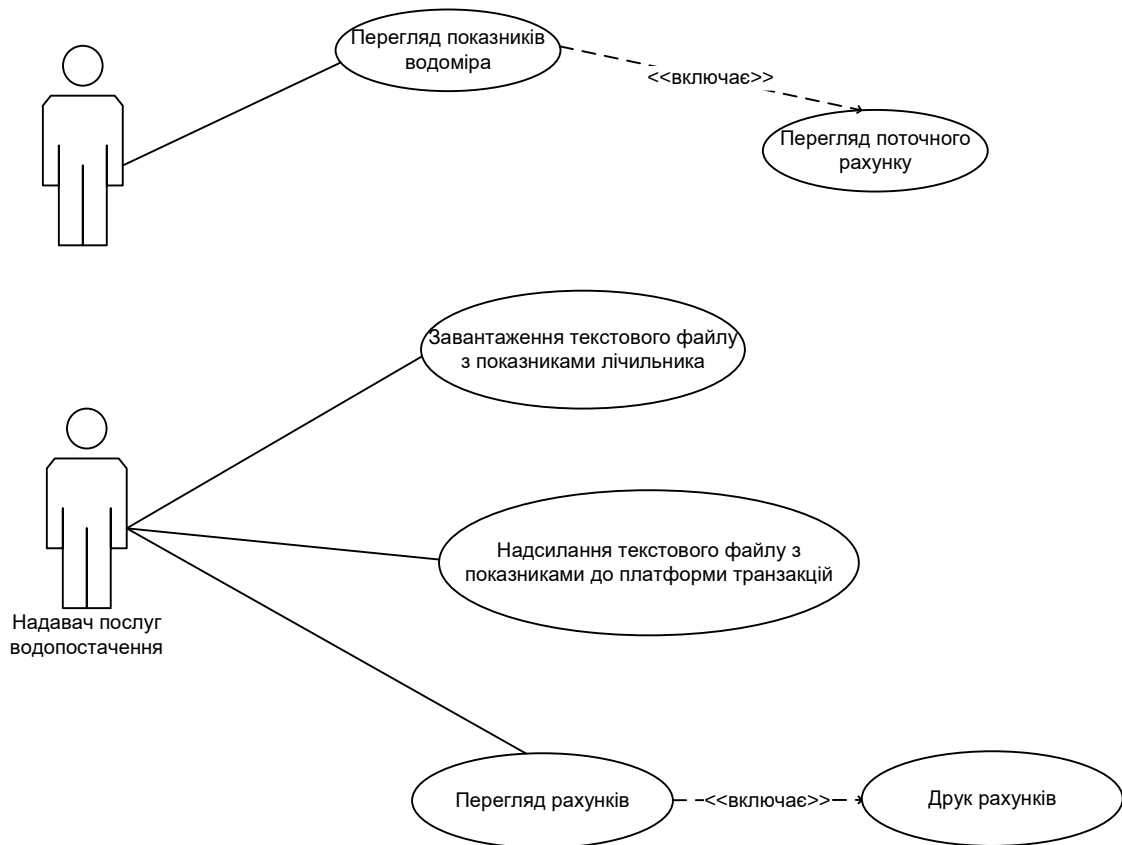


Рис. 3.16. Use Case діаграма при реалізації веб-додатку обліку водопостачання

Сторона, яка надає послуги з водопостачання, повинна мати можливість реалізації таких функцій як:

- можливість отримання інформації з текстового файлу щодо часу і значень показників водоміра у відповідності до запрограмованого наперед розкладу;
- можливість передачі файлу з показниками і часом їх отримання у транзакційну платформу для подальшого опрацювання і фіксації;
- підтримка можливості щодо перегляду і друку рахунків споживачів.

Для зберігання даних пропонується скористатися системою керування MySQL, що є найбільш оптимальною у випадку застосування відкритого програмного забезпечення.

При реалізації і розгортанні веб-додатку збору, передачі та зберігання даних показників водоспоживання необхідно додатково виконати роботи, які умовно можна розділити на 5 стадій:

- обрання доменного імені;
- підбір необхідних компонентів у вигляді плагінів WordPress;
- обрання хостингу;
- написання програмного коду веб-додатку;
- встановлення та налаштування програмної комунікації між веб-додатком, системою шлюза та пристроєм вимірювання кількості води.

На концептуальному архітектурному рівні веб-додаток можна зобразити у вигляді двох потужних блоків: серверна (backend) та клієнтська (frontend) частини. Таке представлення проілюстровано на рис. 3.17.

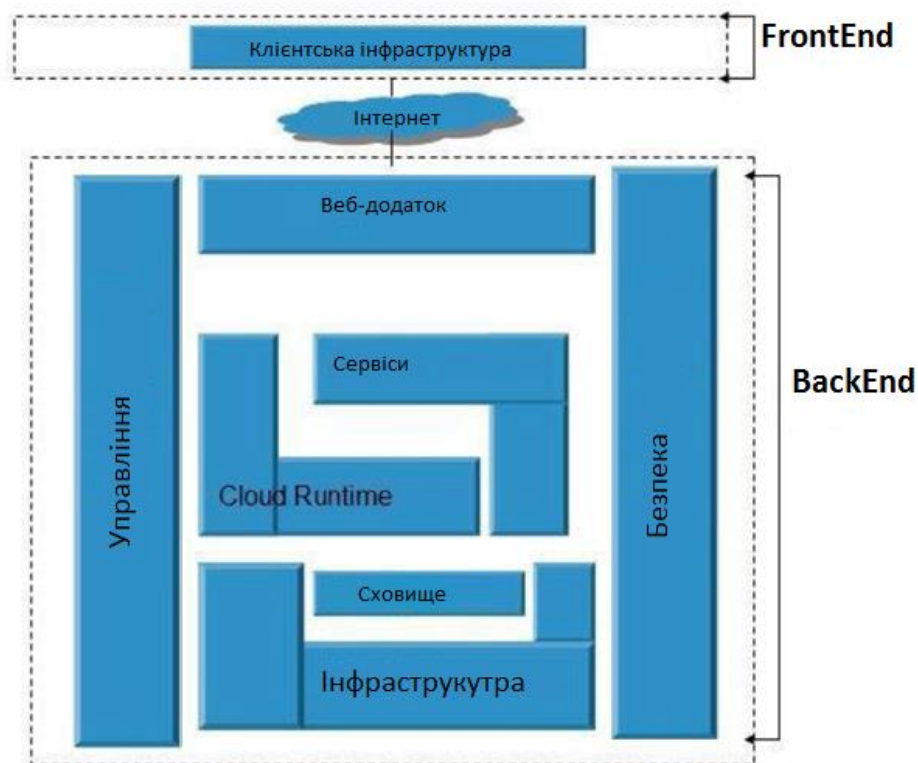


Рис. 3.17. Архітектура веб-додатку

При виборі доменного імені варто керуватися, перш за все, специфікою застосування веб-додатку і його прямим функціональним

призначенням. У даному випадку доцільно відобразити сектор цифрового збору, передачі та зберігання даних з лічильників води. Другий критерій – вартість доменного імені, воно не повинно бути дорогим. Оскільки, веб-додаток застосовується у комерційних цілях, то звертатися до нього можна за допомогою «DWMSystem.com»

Застосування різного роду платформ і фреймворків при розробці програмного забезпечення дозволяє значно скоротити часові і фінансові витрати на розробку. Тому пропонується при реалізації веб-додатку скористатися функціональними можливостями фреймворку WordPress. Дана платформа містить усі необхідні інструменти для веб-розробки, а розпакування zip-файлу з офіційного сайту відбувається за допомогою cPanel, який міститься на хостингу. WordPress передбачає використання мови програмування PHP та СКБД MySQL в бекенді, а JavaScript, HTML і CSS – на фронтенді.

Імплементація системи збору, передачі та зберігання даних з розумних лічильників води відбувається за наступним алгоритмом:

1. Створення облікового запису та реєстрація на хостингу;
2. Вхід на хостинг і вибір «Goto cPanel» для обраного імені домену.
3. На панелі cPanel розташовано декілька вкладок, зокрема, вкладка «Database» містить майстра для створення баз даних за допомогою СКБД MySQL, що потім розміщується у домені.
4. Коли завершена побудова бази даних, необхідно повернутися на крок назад і обрати на вкладці панелі cPanel пункт для роботи з файлами, зокрема, їхнім завантаженням.
5. Обрана поточна сторінка «public_html» дає змогу здійснити імпорт і розпакування архіву з вмістом WordPress.
6. Після того, як розпаковано архів завантажується тема «Frontier».
7. Наступна ітерація передбачає розпакування вмісту з папки «wp-content» у теку з назвою «Theme», що дозволяє розмістити доменне ім'я разом з WordPress на хостингу.

8. Після цього у сPanel потрібно задати профіль користувача з вказанням його імені та пароллю з метою управління інформаційною панеллю WordPress.

Розроблений інтерфейс користувача веб-додатку збору, передачі та зберігання даних з лічильників води наводиться нижче і створений із застосуванням самого WordPress та деяких додаткових плагінів. Плагіни дають можливість розширити функціональність сайту. У даному випадку застосовано і підключено такі плагіни як:

- Akismet Anti-Spam – забезпечує захист веб-додатку від небажних повідомлень та спаму.
- W3 Eden – виконує функції керування, захисту і моніторингу у випадку завантаження файлів і використовується для активації функціоналу завантаження рахунків споживачів.
- Password Protect WordPress Lite – використовується з ціллю забезпечення захисту та проведення процедури аутентифікації.

Інтерфейс користувача головної сторінки веб-додатку із завантаженою темою має вигляд, як показано на рис. 3.18.

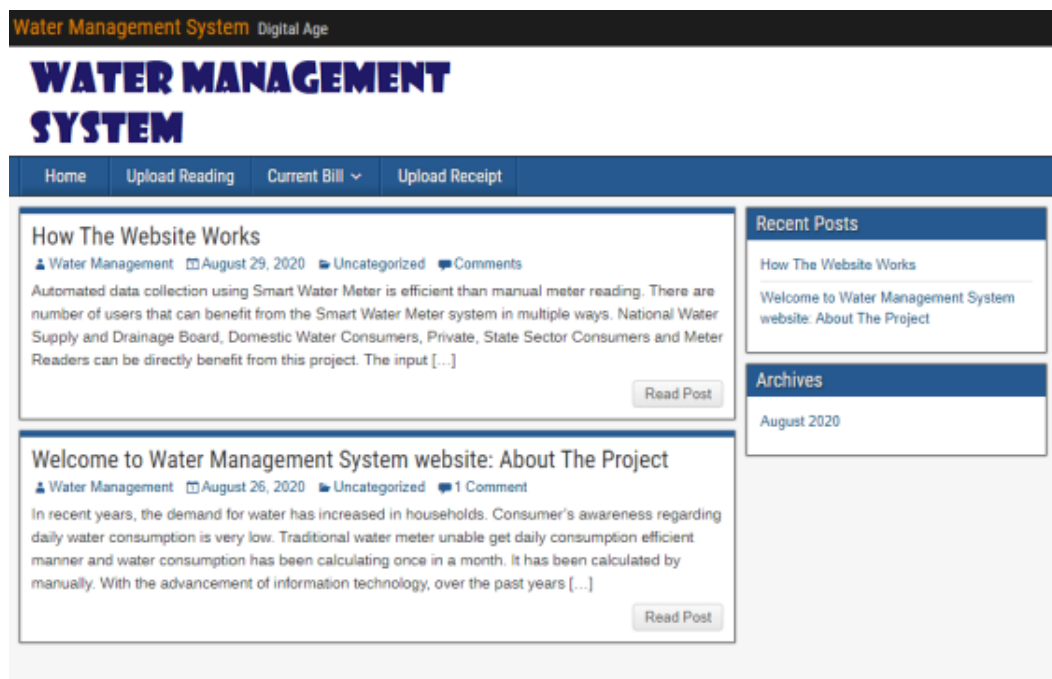


Рис. 3.18. Користувацький інтерфейс «Головна сторінка»

Для того, щоб завантажити показники лічильника у форматі txt-файлу застосовується відповідний пункт меню, натиснувши на якому з'явиться сторінка як наведено на рис. 3.19. Доступ до завантаження активується тільки у випадку, коли успішно пройдено аутентифікацію користувачем за допомогою паролю.

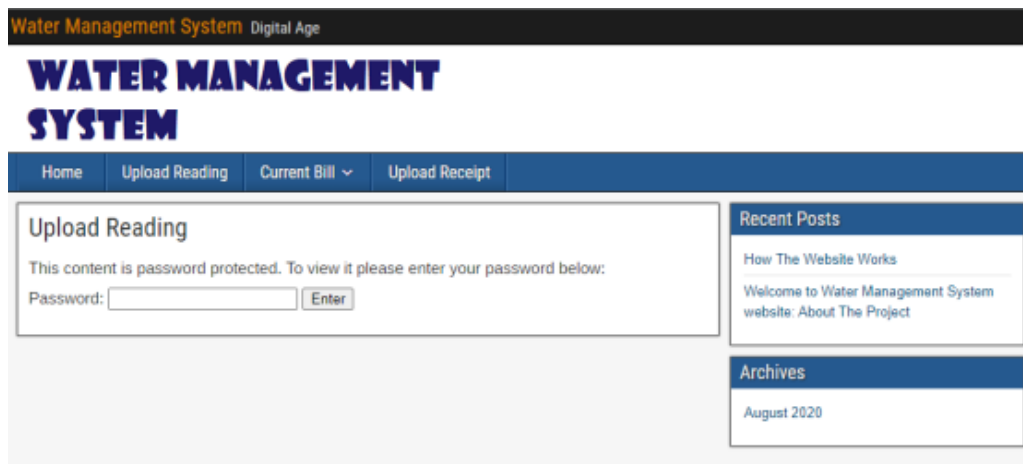


Рис. 3.19. Вікно завантаження показників лічильника у вигляді txt-файлу

Після того, як користувач аутентифікувався у системі, надається можливість обрати потрібний для завантаження файл, місце локації якого SD-карта. Процедура вибору файлу проілюстрована на рис. 3.20.

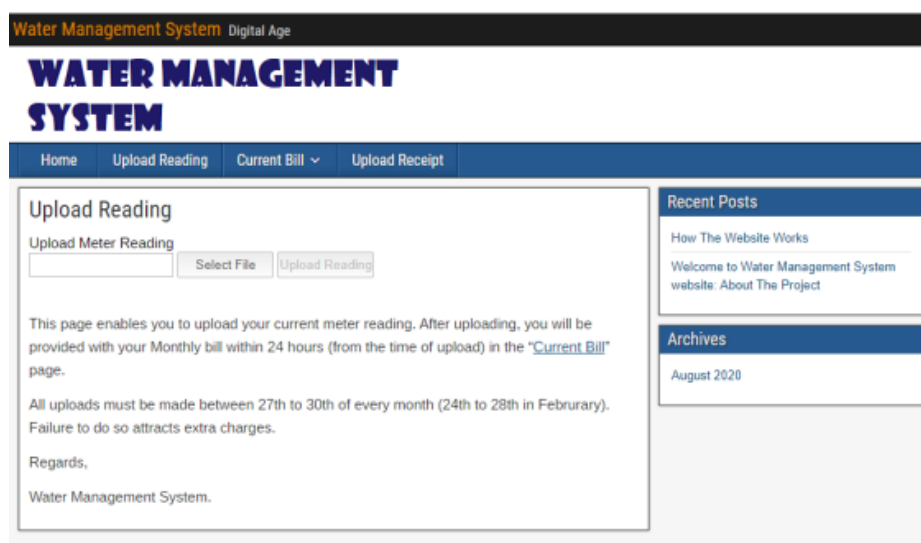


Рис. 3.20. Сторінка для завантаження показників при успішній аутентифікації користувача

Для забезпечення можливості перегляду даних щодо показників лічильника або ручного завантаження квитанції на сплату за послуги розроблено функціонал, інтерфейс якого продемонстровано на рис.3.21 та на рис. 3.22.

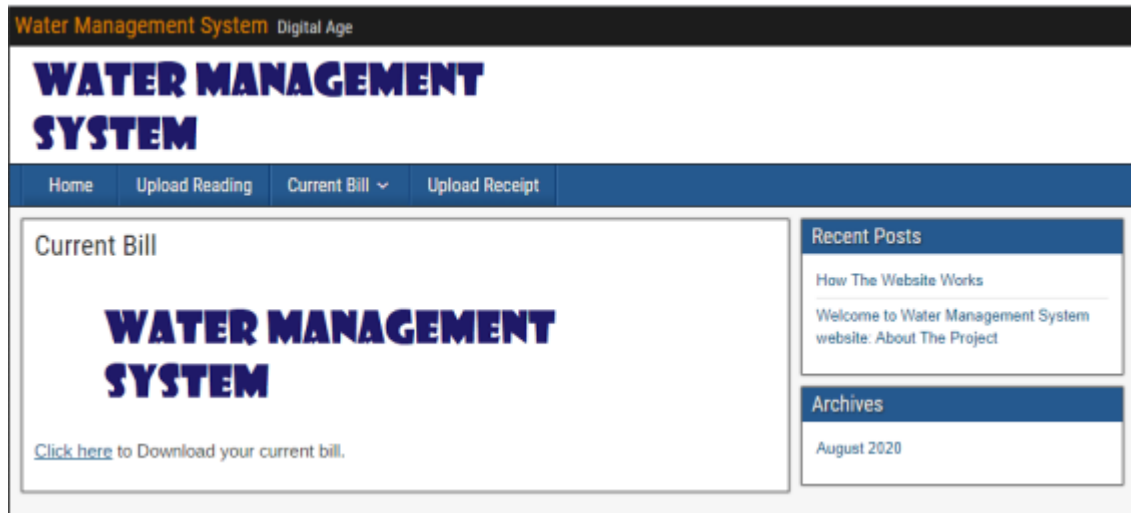


Рис. 3.21. Сторінка для завантаження поточних показників лічильників

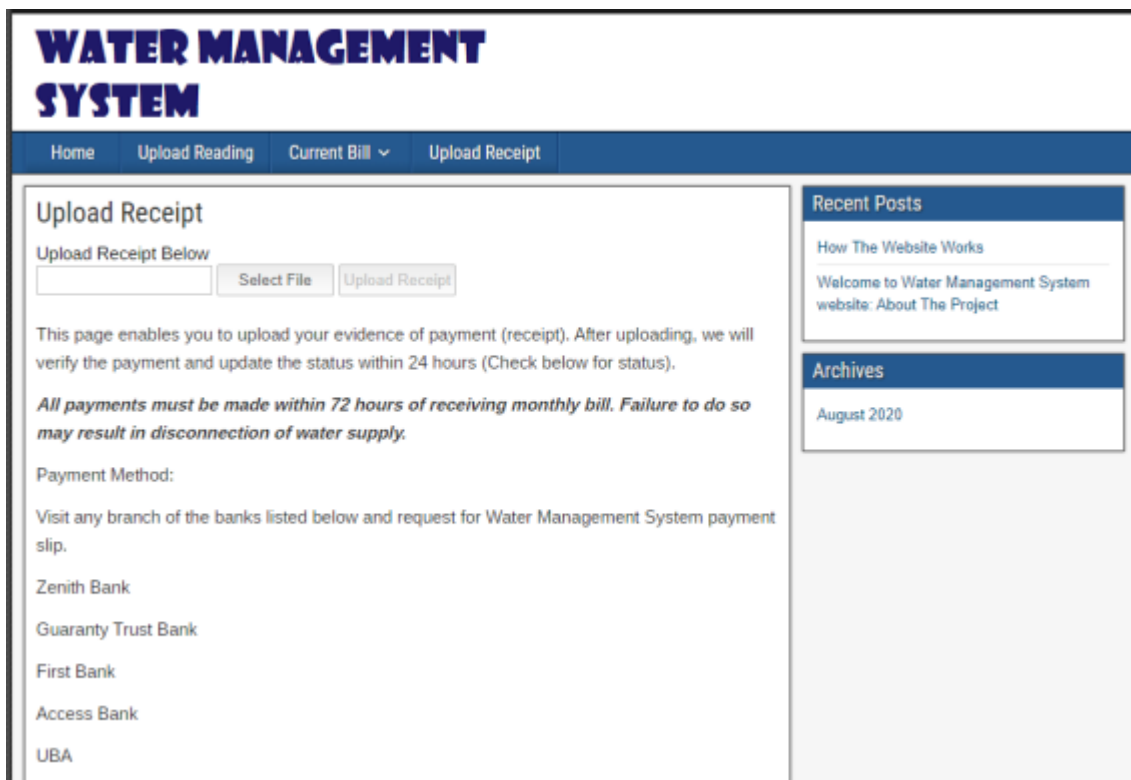


Рис. 3.22. Сторінка для завантаження рахунку за спожиту воду

Програмна реалізація веб-додатку, системне програмне забезпечення для вимірювання показників споживання води та підсистема збору і передачі даних на основі Lora Gateway дали можливість імплементувати комплексну систему, яка автоматизує та забезпечує необхідну функціональність як для споживачів послуг, так і для надавачів.

3.3. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. Розроблено програмне забезпечення для локальної системи вимірювання та передачі даних щодо показників обліку води, налаштовано параметри програмної комунікації між відповідними компонентами, що дало змогу провести калібрування датчика потоку рідини та забезпечити передачу коректних даних на шлюз агрегації.

2. Проведено програмні налаштування апаратних компонентів шлюзу LoRa Gateway та компоненту безпроводної передачі даних ESP32, що дало змогу забезпечити комунікацію між локальною підсистемою та сервером зберігання даних.

3. Спроектовано архітектуру та реалізовано засобами мови програмування PHP та СКБД MySQL (рівень backend), а також засобами JavaScript, HTML і CSS (рівень frontend) веб-додаток, що дає можливість для споживачів послуг переглядати дані водоспоживання та завантажувати квитанцію на оплату, а для надавачів послуг – можливість моніторингу споживання води та виставлення рахунків.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Тема кваліфікаційної роботи магістра пов'язана із дослідженням методів і засобів збору, передачі та зберігання даних у комп'ютеризованих системах обліку води. Такі роботи передбачають використання комп'ютерної техніки на етапах формування пояснювальної записки і налаштування програмно-апаратної інфраструктури при автоматизованому обліку води. Тому, при виконанні таких робіт необхідно враховувати вимоги з охорони праці при експлуатації комп'ютерної техніки.

В Україні діють ряд законів, нормативних документів та актів, які регулюють процеси забезпечення та управління охороною праці у різних галузях народного господарства. До них належать: Конституція України, Закони України "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності", Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Однією з основних вимог до приміщень, де робочі місця обладнані комп'ютерною технікою і планується використання засобів для роботи з розподіленими комп'ютерними системами зберігання даних, є вимоги щодо площі, яка відводиться на один ПК. При проектуванні автоматизованих робочих місць адміністраторів систем зберігання даних необхідно дотримуватись вимог щодо розміщення комп'ютерів. На один ПК передбачено площу 6 м² та об'єм 20 м³.

Однак робота з комп'ютером включає різні завдання, які об'єднуються такими загальними чинниками, як те, що робота проводиться в сидячому

положенні і вимагає уважного, неперервного та іноді тривалого спостереження.

Перше правило, якого варто дотримуватись адміністраторам комп'ютеризованої системи збору, передачі та зберігання даних в процесі обліку води стосується правильного облаштування робочого столу. При цьому слід передбачити наступні його параметри: фіксована висота – 720 мм, забезпечення необхідного простору для рук по висоті, ширині і глибині, в області сидіння не повинно бути шухляд.

Друге правило визначає облаштування робочого стільця: можливість регулювання висоти стільця, забезпечення обертання конструкції стільця. У приміщеннях з ПК, на яких планується виконання задач з адміністрування комп'ютеризованих систем обліку води, яскравість знаків і яскравість фону дисплею повинна бути спроектована таким чином, щоб не було великої відмінності з яскравістю навколишнього середовища, але знаки повинні чітко розпізнаватися на відстані читання. Характеристики освітлення, зокрема у приміщеннях, де експлуатується ПК, повинні відповідати ДБН В.2.5-28-2018 "Природнє і штучне освітлення". Основні вимоги даного нормативного документу стосуються забезпечення наступних вимог:

- освітлення з лівої сторони;
- рівномірне освітлення всього робочого простору;
- комп'ютерна техніка встановлюється у місцях, віддалених від вікон;
- встановлення непрямого штучного освітлення;
- світло, що поступає через вікна, «пом'якшують» за допомогою штор;
- робоче місце організовується так, щоб напрям погляду був паралельним фронту вікон.

Ще одне правило, якого слід дотримуватись адміністраторам системи збору, передачі та зберігання даних щодо автоматизованого обліку води, передбачає оптимальний метод роботи, що полягає у передбаченні зміни

завдань і навантажень, дотримання перерви в роботі: 5 хвилин через 1 годину роботи біля дисплея або 10 хвилин після 2-х годин роботи біля дисплея. Вимоги цього правила регламентовані нормативним документом «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

При створенні сприятливих умов для підвищення продуктивності і зменшення напруги значну роль грають чинники, що характеризують стан навколишнього середовища: мікроклімат приміщення, рівень шуму і освітлення. Рекомендована величина відносної вологості, яка повинна бути забезпечена у приміщеннях з експлуатації комп'ютерних систем, повинна відповідати НПАОП 0.00-7.15-18 і становити 65 – 70%. При цьому робоче місце повинно бути добре вентильованим.

У даний час з погляду шумового навантаження досягнуто значного прогресу. Рівень шуму в приміщеннях (приблизно 40 Дб) не перевищує допустимого рівня, незалежно від кількості використовуваного обладнання. Для приміщень, в яких використовуються системи збору, передачі та зберігання даних, потрібно забезпечити виконання вимог пожежної безпеки, які визначені Правилами пожежної безпеки в Україні, НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [24]. Будівлі і ті їх частини, в яких розташовуються ПК можуть належати до II ступеня вогнестійкості. Над та під приміщеннями, де розташовуються ПК, а також у суміжних з ними приміщеннях не дозволяється розташування приміщень категорій А і Б за вибухопожежною небезпекою. Приміщення категорії В повинні бути відділеними від приміщень з ПК протипожежними стінами.

Таким, чином при дослідженні методів і засобів збору, передачі та зберігання даних в комп'ютеризованих системах обліку води, встановлено, що найбільш повним нормативним документом щодо охорони праці користувачів ПК є НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Дотримання вимог, які неведені у цьому документі, сприяє зниженню негативного впливу ПК, його компонентів та інших зовнішніх пристроїв на адміністраторів комп'ютеризованих систем збору, передачі та зберігання даних, які проводять роботи щодо підтримки їх функціонування та коректного супроводження.

4.2. Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі

На перший погляд, робота за комп'ютером здається безпечною, але саме легковажність до неї може призвести до певних проблем у здоров'ї людини. Професія програміста та інших фахівців ІТ-технологій пов'язана з колосальним розумовим напруженням. Розробники – настільки захоплені люди, що навіть відволікаючись від роботи над проектом, продовжують думати про роботу. Нерідко відпочинком вони вважають паралельну заміну основної діяльності, наприклад, читання профільної літератури, верстку сайтів, вивчення нових мов програмування.

Однак мозок не може до безкінечності приймати виключно корисну інформацію, яку розробник прагне направляти в русло особистісного та професійного зростання. Адже мозок людини не машина: він не може нескінченно зберігати і переробляти дані практично не втрачаючи продуктивності.

Інтенсивна робота з персональними комп'ютерами, обладнаними візуальними дисплейними терміналами є причиною виникнення багатьох захворювань. Стан здоров'я користувачів ПК за суб'єктивними і об'єктивними показниками залежить від типу роботи і умов її виконання.

Робота користувача ПК виконується в одноманітній позі в умовах обмеження загальної м'язової активності при рухливості кистей рук, великому напруженні зорових функцій і нервовоемоційній напрузі під впливом наступних фізичних факторів:

- електростатичного поля;
- електромагнітних випромінювань у наднизькочастотному, низькочастотному та середньо частотному діапазонах (5 Гц – 400 кГц);
- рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань;
- випромінювань видимого діапазону; акустичного шуму; незадовільного рівня освітленості;
- незадовільних метеорологічних умов.

Особливе місце серед профзахворювань користувачів ПК займають порушення зору, викликані:

- нераціональним освітленням;
- світлотехнічною специфікою робочих місць із ПК;
- недотриманням режиму праці.

Світлотехнічна специфіка обумовлена світлотехнічною різноманітністю об'єктів зорової роботи користувача ПК: екрана, документації і клавіатури, розташованих у різних зонах спостереження, що вимагає багаторазового переміщення лінії зору від одного об'єкта до іншого. Об'єкти відмінності мають як негативний (темні об'єкти на світлому фоні) так і позитивний (світлі об'єкти на темному фоні) контраст. Тому відбувається постійна переадаптація від яскравих об'єктів з позитивним контрастом на темні з негативним контрастом.

За восьмигодинний робочий день за монітором користувач кидає приблизно 30000 поглядів на екран, око працює з перевантаженням і не може достатньо адаптуватися до цієї ситуації. Такі особливості призводять до напруження м'язового та світло-сприймаючого апарату очей, що є однією з причин виникнення астенопічних явищ (різь в очах, біль в очах, ломить у надбрівній ділянці, розпливчастість контурів, нечіткість зображення).

Постійний погляд на матове скло екрана монітора зменшує частоту кліпання очей, що призводить до висихання та викривлення роговиці ока,

погіршує зір (синдром Сікка). Робота користувача за пульсуючим екраном монітора, що не відповідає нормативним вимогам щодо обмеження пульсації (блмання), викликає дискомфорт і втому (загальну і зорову).

Робота з дзеркальною відбиваючою і неплоскою зовнішньою поверхнею екрана монітора, на якій з'являються численні відбиті відблиски, призводить до виникнення у користувача астенопічних явищ та функціональних змін ока. Неправильний розподіл яскравості в полі зору, тобто поверхні периферії (стеля, стіни, меблі і т.п.) висвітлені краще ніж центр поля зору, призводить до порушення основних зорових функцій ока.

Засліплююча дія світильників у приміщенні, на робочому місці з ПК викликає не тільки астенопічні явища, але й функціональні порушення очей користувача. Кольоровий шрифт збільшує навантаження на зір, оскільки складові кольорів мають різні довжини хвиль і видимі на різній віддалі. Око потребує точнішої адаптації, ніж при чорно-білому зображенні.

Робота користувача ПК вимагає тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що призводить до втоми і специфічних скарг. Можливе ушкодження хребта, в результаті недостатнього рівня ергономічності робочого місця користувача, тобто якщо крісло неправильно підтримує згин хребта. При цьому плечі і шия напружені і затікають, внаслідок неприродного положення, тому виникають болі в області шиї, спини і голови.

В середньому працівник, який використовує ПК, просиджує в такому положенні за все своє життя до 80000 годин (8 років). Неправильне положення рук при введенні даних за допомогою клавіатури призводить до перетискання нервів у вузьких місцях зап'ястя.

Синдром RSI (хронічне розтягнення зв'язок) – це пошкодження, що виникає в результаті постійного напруження м'язів кистей рук як результат неправильно обладнаного з погляду ергономіки робочого місця користувача ПК. Це хронічне захворювання може непомітно розвиватися протягом

декількох років. Такі перевантаження призводять до перенапруження всієї м'язової системи людини.

Найбільш небезпечним є те, що внаслідок концентрації уваги на екрані монітора притуплюється своєчасне попередження про болі, які є тривожним сигналом для тіла. Захворювання рук і кистей рук спостерігається у працюючих за ПК у 7-12 разів частіше, ніж у інших, і досить часто помилково діагностується як запалення сухожилів.

Отже, працюючи за комп'ютером, рекомендується дотримуватися деяких правил:

- за будь-яких умов безперервна робота за комп'ютером для дорослої людини не повинна перевищувати двох годин.
- слідкувати за поставою: ноги твердо стоять на підлозі чи на спеціальній підставці; стегна розташовані під прямим кутом до тулуба, а гомілки – під прямим кутом до стегон;
- сидіти потрібно прямо або злегка нахилившись вперед;
- пальці рук знаходяться на рівні зап'ястків або трохи нижче – у такому положенні вони найбільш рухливі; плечі мають бути розслаблені та вільно опущені, що сприяє розслабленню рук;
- відстань від очей до екрану монітора – не менше 55-60 см;
- центр екрану має знаходитися на рівні очей чи трохи нижче; рекомендується хоча б раз на день виконувати гімнастику для очей;
- для попередження „синдрому сухого ока”, потрібно моргати кожні 3-5 секунд;
- у процесі роботи за комп'ютером обов'язково потрібно звертати увагу на дихання: воно має бути рівномірним, без затримок;
- у процесі роботи рекомендується періодично (приблизно раз на 20 - 30 хвилин) переводити погляд з екрану на найбільш віддалений предмет у кімнаті, а ще краще – на віддалений об'єкт за вікном;
- якщо з'явилося відчуття втоми, напруження, сонливості, тяжкості в очах, потрібно припинити роботу та хоча б трохи відпочити.

ВИСНОВКИ

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному.

1. Проведено порівняльний аналіз принципів організації систем збору, передачі та зберігання даних на основі IoT у результаті якого встановлено, що для забезпечення визначеної функціональності та мінімізації апаратних ресурсів у режимах енергоспоживання найбільш доцільно застосовувати технологію LoRa.

2. Проведено аналіз архітектури, яку підтримує технологія LoRa, що передбачає використання кінцевих пристроїв в ролі яких можуть виступати як різного призначення сенсори, так і мікроконтролери, шлюз для збору і передачі даних, а також сервер для управління і зберігання даних. Це дає змогу імплементувати повноцінну та економну комп'ютеризовану систему обліку води.

3. Визначено особливості проектування мереж на основі технології LoRa, зокрема щодо масштабованої пропускної здатності, паралельної передачі даних одним каналом, що дало змогу обґрунтувати ефективність її застосування при реалізації системи обліку води.

4. На основі технології LoRa спроектовано комп'ютеризовану систему збору, передачі та зберігання даних у процесі обліку води на рівні компонентів і зв'язків між ними, що дало змогу забезпечити ефективність функціонування компонентів, надійність збору і передачі даних, а також енергоефективність системи в цілому.

5. Розроблено проект підсистеми локального рівня для збору даних про споживання води на основі Arduino Uno, сенсора потоку рідини з використанням ефекту Холла, модуля годинника реального часу та модуля Lora Ra-01 для передачі даних на шлюз, що дало змогу забезпечити точність і стабільність локального вимірювання і зберігання даних.

6. Спроектовано підсистему шлюзу з використанням модуля LoRa Ra-01, контролера управління STM32, WiFi-модуля ESP32, що дає змогу

забезпечити агрегацію даних з розумних лічильників води з подальшою їх трансляцією на сервер зберігання.

7. Розроблено програмне забезпечення для локальної системи вимірювання та передачі даних щодо показників обліку води, налаштовано параметри програмної комунікації між відповідними компонентами, що дало змогу провести калібрування датчика потоку рідини та забезпечити передачу коректних даних на шлюз агрегації.

8. Проведено програмні налаштування апаратних компонентів шлюзу LoRa Gateway та компоненту безпроводної передачі даних ESP32, що дало змогу забезпечити комунікацію між локальною підсистемою та сервером зберігання даних.

9. Спроектowano архітектуру та реалізовано засобами мови програмування PHP та СКБД MySQL (рівень backend), а також засобами JavaScript, HTML і CSS (рівень frontend) веб-додаток, що дає можливість для споживачів послуг переглядати дані водоспоживання та завантажувати квитанцію на оплату, а для надавачів послуг – можливість моніторингу споживання води та виставлення рахунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. M. D. Oskouei and S. N. Razavi, A Study on WiMAX: IEEE 802.16 Standard. 2015. PP. 802-816.
4. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ. 2024. 45 с.
5. Луцик Н. С., Луцків А. М., Осухівська Г. М., Тиш Є. В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ. 2024. 44 с.
6. Варавін А.В., Лещишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ, 2024. 32 с.
7. Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.
8. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с

9. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovsky 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.

10. 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.

11. Жаровський Р.О., Цірка І.П. Архітектура системи збору, передачі та зберігання даних водоспоживання у багатоквартирних будинках. Матеріали XIII міжнародної науково - технічної конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2024. С. 453.

12. Жаровський Р.О., Цірка І.П. Технології передачі даних при реалізації мережі збору, передачі та аналізу даних водоспоживання. Матеріали XII науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (18-19 грудня 2024 року). Тернопіль: ТНТУ. 2024. С. 126.

13. Плата розробника ESP32-S3R2 Wi-Fi 16MB 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: 10.12.2024).

14. Visual Studio Code in Action. URL: <https://code.visualstudio.com/docs> (дата звернення: 09.05.2024).

15. C Programming Language. URL: <https://devdocs.io/c/> (дата звернення: 12.12.2024).

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

17. Arduino Uno. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
(дата звернення 15.12.2024 р.)
18. 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 26.11.2024р.).
19. Датчик потоку води Yf-S201. URL: <https://mehanika.net.ua/product/yf-s201-dathik-vodi/> (дата звернення 26.11.2024р.).
20. Пасічник В., Резніченко В. Організація баз даних та знань. К.: Видавнича група BVH, 2006. 384 с.
21. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.
22. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерів. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.
23. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.
24. Желібо Е.Н. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник/ За редакцією Е.П. Желібо, В.М. Львів: «Новий світ - 2000», 2011. 320с.
25. Стадник І.Я., Зварич Н.М. Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах викидом (виливом) небезпечних хімічних речовин та застосуванні хімічної зброї. ТНТУ. 2020. 36 С.
26. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.156 с.

Додаток А

Текст наукових публікацій кваліфікаційної роботи магістра

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник
тез доповідей**

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

28. **В.З. Шеремета, Р.О. Жаровський** 435
МЕТОДИ І ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-ДОДАТКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ SPRING BOOT
29. **В.І. Кравчук; М.С. Хаюк; А.Г.Микитишин** 436
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД НА ПЕРЕДАВАННЯ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ
30. **В.О. Бонар** 438
ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ OBD2 ДАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МЕТОДОМ НАЙБЛИЖЧИХ СУСІДІВ
31. **В.Р. Кошулинський** 440
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IoT)
32. **Галина Шевчук, Ростислав Трембач** 442
ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»
33. **Гарасівка А. В., Лупенко А. М** 444
ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЗЕРВНОГО КОПЮВАННЯ ДАНИХ
34. **Д. Клочко, Ю. Лешишин, Р.Жаровський** 446
МЕТОДИ І ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗЕМНОЇ КОРИ
35. **Д.С. Матюк, М.В. Деркач** 448
КЛАСИФІКАЦІЯ ЕМГ-СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ADAM
36. **Д.О. Бугай, С.Є. Тужанський** 450
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ
37. **Жаровський Р.О, Цірка І.П.** 453
АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРГАННЯ ДАНИХ ВОДОСПОЖИВАННЯ У БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ
38. **Зеньо Д** 454
МАБУТНЄ КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ: ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
39. **І.І. Бородій, К.І. Поліщук** 456
ВИБІР ДЖЕРЕЛ ДАНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
40. **І.М. Климко** 458
ОПТИМІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ LSTM-МОДЕЛІ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТУ НА РІВНІ СИМВОЛІВ
41. **І.О Мартинюк** 460
Електронні системи на основі штучного інтелекту
42. **І.Р. Ралік** 462
ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ ПІДПРИЄМСТВА
43. **Л.П. Дмитроца, О.Т. Старицький** 463
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА SEO ПРИ МАСШТАБУВАННІ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ REACT І NEXT.JS
44. **М. Є. Олійник; І. В. Мудрий; Н. С. Луцик, Ph.D** 465
АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ БЕЗПЛОТНОЇ ДОСТАВКИ

УДК 004.27

Жаровський Р.О. канд. техн. наук, Цірка І.П.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ВОДОСПОЖИВАННЯ У БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ

Zharovskiy R.O. PhD., Tsirka I.P.

ARCHITECTURE OF SYSTEM OF DATA COLLECTION, TRANSMISSION AND STORAGE WATER CONSUMPTION IN MULTI-APARTMENT BUILDINGS

Розвиток індустрії інформаційних технологій сприяє розвитку і впровадженню нових рішень практично у всіх сферах діяльності людини. Важливими задачами у секторі життєзабезпечення великих міських агломерацій є контроль за споживанням енергоносіїв, водо- і газоспоживанням. Для зменшення впливу людського фактору у процесі збору показників з лічильників води необхідно імплементувати як окремі засоби автоматичного зчитування і передачі даних, так і впроваджувати мережеву інфраструктуру для збору та опрацювання показників лічильників. Одним із способів організації комп'ютерних систем збору та опрацювання показників лічильників води є використання технології інтернету речей. У найпростішому варіанті для побудови такої системи можна використати:

- мікроконтролер на базі ESP8266 і/або Arduino UNO (додатково з WiFi модулем і картою пам'яті);
- сенсор на основі ефекту Холла;

Архітектурно концепцію системи збору, передачі та опрацювання показників лічильників води можна представити так, як показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Архітектурне представлення системи збору та опрацювання даних з лічильників води

Для керування процесом збору та відправлення даних щодо рівня споживання води необхідно реалізувати веб-орієнтоване програмне забезпечення, що доступне з мережі Інтернет. Поточні дані смарт-лічильника записуються у пам'ять мікроконтролера. Далі вони передаються у базу даних на SD-картці. На запит транзакційного ядра показники зчитуються з локального сховища.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ім. ШЕВЧЕНКА

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



18-19 грудня 2024 року

ТЕРНОПІЛЬ
2024

Р. О. Жаровський, В. А. Іванюцький ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ СТАЦІОНАРНОГО ОБ'ЄКТУ НЕРУХОМОСТІ НА ОСНОВІ GSM-СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРА RASPBERRY PI R. O. Zharovskiy, V. A. Ivanutskyi ORGANIZATION OF SAFETY OF A STATIONARY PROPERTY OBJECT BASED ON GSM-SIGNALIZATION AND RASPBERRY PI	125
Р. О. Жаровський, І. П. Цірка ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ВОДОСПОЖИВАННЯ R. O. Zharovskiy, I. P. Tsirka DATA TRANSMISSION TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF A NETWORK FOR COLLECTION, TRANSMISSION AND ANALYSIS OF WATER CONSUMPTION DATA	126
Р. О. Жаровський, І. В. Марценюк, А. М. Паламар СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІОТ-СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В ШАХТАХ R. O. Zharovskiy, I. V. Martseniuk, A. M. Palamar STRUCTURE OF AN AUTOMATED IOT SYSTEM FOR MONITORING METHANE CONCENTRATION IN MINES	127
Д. Ключко, Ю. Лещинян, Р. Жаровський КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗЕМНОЇ КОРИ D. Klochko, Y. Leshchynshyn, R. Zharovskiy COMPUTER SYSTEM FOR MONITORING SEISMIC ACTIVITY OF THE EARTH'S CRUST	128
Д. М. Козак, Н. Б. Стадник ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНДАРТІВ ФІЗИЧНОГО РІВНЯ WI-FI D. M. Kozak, N. B. Stadnyk RESEARCH OF WI-FI PHYSICAL LAYER STANDARDS	129
Д. М. Козак, Н. Б. Стадник МЕТОДИ МАНІПУЛЯЦІЇ СИГНАЛОМ У БЕЗДРОТОВОМУ ЗВ'ЯЗКУ D. M. Kozak, N. B. Stadnyk KEYING METHODS OF SYGNAL IN WIRELESS COMMUNICATION	130
М. В. Козачок, С. В. Марценко ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНКЛЮЗИВНОЇ ОСВІТИ M. V. Kozachok, S. V. Martzenko RESEARCH OF TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR INCLUSIVE EDUCATION	131
О. В. Крайник ВИМОГИ ДО БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ O. V. Krainyk REQUIREMENTS FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS	132
О. В. Крайник ZIGBEE GREEN POWER O. V. Krainyk ZIGBEE GREEN POWER	133
І. О. Кухар, Г. М. Осухівська ІНТЕГРАЦІЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У SMART GRID: СУЧАСНІ РІШЕННЯ ТА ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ I. O. Kukhar, H. Osukhivska INTEGRATION OF SOLAR POWER PLANTS INTO SMART GRIDS: MODERN SOLUTIONS AND GLOBAL TRENDS	134

УДК 004.27

Жаровський Р.О. канд. техн. наук, Цірка І.П.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ЗБОРУ, ПЕРЕДАЧІ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ВОДОСПОЖИВАННЯ

Zharovskiy R.O. PhD, Tsirka I.P.

DATA TRANSMISSION TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF A NETWORK FOR COLLECTION, TRANSMISSION AND ANALYSIS OF WATER CONSUMPTION DATA

Реалізація розумних комп'ютерних систем зчитування показників з лічильників води передбачає наявність двох основних компонентів: модуля зчитування даних і комунікаційного модуля. Мережа передачі даних сьогодні, зазвичай, використовує технологію GSM, а сповіщення відправляються у вигляді SMS-повідомлень.

Технологія GSM забезпечує постпугу SMS (служба коротких повідомлень) і GPRS (загальна служба пакетної передачі даних) для запису та отримання даних. Мережа GSM широко використовується без будь-яких технічних проблем, що обумовлено ефективним, надійним і безпечним стандартом зв'язку.

Технологія ZigBee ефективна в протоколах зв'язку високого рівня при створенні персональних мереж, мереж з низьким енергоспоживанням та практично нульовим трафіком. Дана технологія не потребує спеціальних дозволів і водночас може опрацювати кілька каналів. Даний протокол використовує діапазон частот ISM 2,4 ГГц.

ZigBee має радіус дії від 10 м до 2 км і добре працює з такими мережами, як Wi-Fi, Ethernet і GPRS, а також забезпечує масштабоване мережеве рішення, яке підходить для використання в програмах керування та моніторингу.

WPAN (бездротова персональна мережа) охоплює невеличку географічну область і використовує стандарт IEEE 802.15. Це дозволяє пристроям забезпечувати зв'язок один з одним.

Технологія Bluetooth є стандартом для забезпечення бездротового зв'язку між мобільними комп'ютерами, мобільними телефонами, портативними пристроями та IoT. Бездротова локальна мережа (WLAN) дозволяє обмінюватися інформацією між різними обладнанням, розташованим на обмеженій відстані. Порівняльний аналіз технологій передачі даних при впровадженні мереж збору і трансферу даних з IoT пристроїв наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз технологій передачі даних у системі обліку води

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