

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютерна система обліку водопостачання
на основі IoT пристроїв

Виконав: студент IV курсу, групи CI-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Тошкін П.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Тоушкіну Петру Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2024 року № 4.7-408

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Типи сенсорів визначення об'єму води, характеристики Arduino Uno, особливості фреймворку WordPress, алгоритм розрахунку об'єму води на основі ефекту Холла

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

Вступ. 1. Аналіз розумних систем моніторингу рівня споживання води. 2. Проектування системи обліку водопостачання на основі IoT 3. Налаштування та розробка програмного забезпечення системи обліку водопостачання 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Архітектура комп'ютерної системи обліку водопостачання на концептуальному рівні.
2. Схема підключення компонентів системи до Arduino Uno.
3. Алгоритм розрахунку споживання води.
4. Use case діаграма при використанні веб-додатку.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Пилипець М.І., д.т.н., проф. каф. МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка і затвердження технічного завдання	24.04-27.04.2024	
2.	Аналіз технічного завдання	28.04-03.05.2024	
3.	Аналіз розумних систем моніторингу рівня споживання води	05.05-08.05.2024	
4.	Проектування системи обліку водопостачання на основі IoT	08.05-18.05.2024	
5.	Налаштування та розробка програмного забезпечення системи водопостачання	18.05-25.05.2024	
6.	Розробка інструкцій щодо використання комп'ютеризованої системи	26.05-05.06.2024	
7.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	05.06-10.06.2024	
8.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.06-14.06.2024	
9.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.06-19.06.2024	
10.	Захист кваліфікаційної роботи	24.06-27.06.2024	

Студент

(підпис)

Тоушкін Петро Вікторович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яцишин Василь Володимирович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв
// Кваліфікаційна робота бакалавра // Тоушкін Петро Вікторович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІ-42// Тернопіль, 2024 // с.– 77 , рис. – 42 , табл. – 8, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 20.

Ключові слова: комп'ютерна система, вода, вимірювання, Arduino Uno, IoT.

У роботі реалізовано проект комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі IoT, що дає можливість забезпечити такі важливі функції при споживанні води як: автоматизоване отримання точних показників споживання води; можливість перегляду значення показників розумного лічильника споживачами та контролерами; можливість приймати рішення щодо управління водоспоживанням та водопостачанням; проведення аналізу та оцінки споживання води домогосподарствами.

Комп'ютерну систему спроектовано з використання мікроконтролера Arduino Uno, що забезпечує інтеграцію усіх інших компонентів системи та управління ними.

Для визначення об'єму споживання води використовується сенсор потоку води, що працює на основі ефекту Холла та програмне забезпечення для обчислення кількісного значення з врахуванням коефіцієнту калібрування.

Модуль ESP8266 використано для забезпечення можливості надсилання даних, збережених на SD-карті за розкладом у хмарне середовище для подальшого відображення даних для споживачів водних ресурсів та контролерів.

ABSTRACT

Computerized water supply accounting system based on IoT devices // Bachelor's thesis // Toushkin Petro// Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CI-42// Ternopil, 2024 // p.– 77, fig. – 42 , tab. – 8, posters A1 – 4, ref. – 20.

Keywords: computer system, water, measurement, Arduino Uno, IoT.

The project of a computerized water supply accounting system based on IoT is implemented in the work, which makes it possible to provide such important functions during water consumption as: automated obtaining of accurate indicators of water consumption; the ability to view the value of smart meter indicators by consumers and controllers; the ability to make decisions about water consumption and water supply management; analysis and assessment of water consumption by households.

The computer system is designed using the Arduino Uno microcontroller, which provides integration and control of all other system components. To determine the volume of water consumption, a water flow sensor based on the Hall effect and software is used to calculate the quantitative value, taking into account the calibration factor.

The ESP8266 module is used to provide the ability to send data stored on the SD card on a schedule to the cloud environment for further display of data to water consumers and controllers.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗУМНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ СПОЖИВАННЯ ВОДИ	9
1.1 Аналіз доцільності розробки та визначення вимог до системи моніторингу водопостачання	9
1.2 Аналіз розумних систем моніторингу споживання водопостачання.....	12
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ІОТ.....	20
2.1 Проектування архітектури комп'ютерної системи обліку водопостачання на концептуальному рівні	20
2.2 Функціональні можливості та структура Arduino Uno.....	22
2.3 Сенсор для вимірювання потоку води	25
2.4 WiFi модуль на основі ESP8266.....	29
2.5 Модуль фіксації реального часу DS3231	35
2.6 Модуль SD-карти.....	38
РОЗДІЛ 3 НАЛАШТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ	41
3.1 Налаштування та реалізація програмного забезпечення на рівні Arduino Uno	41
3.2 Реалізація веб-додатку для обліку водопостачання.....	51
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	58

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв		
<i>Розроб.</i>		<i>Тоушкін П.В.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						6	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42		

4.1	Способи проведення штучного дихання та масажу серця.....	58
4.2	Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини	61
ВИСНОВКИ		64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		65
Додаток А Технічне завдання		

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Інтенсифікація розвитку технологій розробки комп'ютерних систем є ключовим фактором впровадження розумних систем, які дають можливість проводити моніторинг споживання ресурсів та надання комунальних послуг кінцевим споживачам. У зв'язку із глобальним потеплінням і водночас зростанням споживання енергоносіїв, а також природних ресурсів, таких як вода, спостерігається тенденція до більшого їх використання у домогосподарствах.

На сучасному етапі розвитку технологій обліку споживання води, можливість аналізувати щоденне використання дуже низька. Традиційний лічильник не може забезпечити ефективний контроль за споживанням водного ресурсу, тому зняття показників лічильника відбувається один раз на місяць. Більшість із встановлених лічильників є механічними і розраховувати середній розхід води протягом місяця можна лише шляхом поділу різниці показників за попередній і поточний місяць на кількість днів у місяці.

В Україні, незважаючи на сучасний розвиток інформаційних технологій, практично не було спроб покращити ручне зчитування лічильників із застосуванням засобів автоматизації. Тому актуальною задачею, яка вирішується у кваліфікаційній роботі, є розробка проекту комп'ютерної системи обліку водопостачання з використанням IoT пристроїв для визначення споживчої поведінки користувачів водних ресурсів в основі якого лежить система інтелектуального водоміру.

Впровадження такої системи дає змогу забезпечити економію коштів і підвищити ефективність роботи персоналу, який знімає покази лічильників. На сьогодні водоканали обслуговують споживачів у яких лічильники води встановлені безпосередньо всередині оселі, що ускладнює доступ до приміщення. У такій ситуації контролер водоканалу повинен чекати, поки клієнт дозволить зняти покази. Автоматизація процесу зняття і передачі показників водоміра дозволить підвищити ефективність роботи надавачів цих послуг та дисциплінувати споживачів води.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗУМНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ СПОЖИВАННЯ ВОДИ

1.1 Аналіз доцільності розробки та визначення вимог до системи моніторингу водопостачання

Стале управління міськими водними ресурсами на державному рівні потребує впровадження технологічної платформи для моніторингу і прийняття відповідних рішень. Цього можна досягти шляхом моніторингу споживання води в режимі реального часу на побутовому, корпоративному та на рівні міста, що дозволить реалізувати ефективні ресурси та стратегії управління попитом на споживання водних ресурсів.

Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT дозволить краще зрозуміти структуру використання води на рівні споживача послуги та ефективно отримувати дані з лічильника з меншою кількістю втручання у цей процес людини.

У багатьох країнах світу водопровідні компанії встановлюють аналогові лічильники води для вимірювання споживання і контролю надання послуг. Показники з лічильників води споживачі або уповноважені від підприємства особи щомісячно передають у відділ розрахунку, у якому відбувається нарахування оплати за спожиті кубометри на основі визначеного тарифу [1].

Проте бувають ситуації, коли доступ до приміщення споживача послуг є обмеженим чи важкодоступним, і під час розрахунку рахунку за воду використовується середня оцінка споживання домогосподарством. Цей підхід не точним, оскільки завжди існують похибки розрахунку, а споживання води в

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тоушкін П.В.</i>			<i>Аналіз розумних систем моніторингу рівня споживання води</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>	
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
						9	

залежності від пори року не є рівномірним. Окрім цього, метод ручного збору даних є дорогим, трудомістким, а отже, неефективним [2].

Цифровий лічильник води дозволяє отримувати показники в електронному вигляді із меншим впливом людського фактору. Перевагою використання систем обліку водопостачання на основі цифрових лічильників є економія коштів і підвищення ефективності роботи працівників компанії водопостачання.

Економія коштів для підприємства полягає у підвищенні ефективності персоналу, який знімає покази лічильників. Коли дані показників лічильника будуть доступні, їх можна зафіксувати та опрацювати, як будь-який інший сигнал.

Інтернет, технологія мобільного зв'язку та інші технології передачі даних дозволяють передавати цей сигнал на мобільний телефон або кишеньковий пристрій [3]. Ці дані будуть перетворювати інформацію для кращого розуміння моделей споживання води кінцевими отримувача послуги.

Розумні лічильники води можуть утворювати цілі мережі IoT пристроїв, які можна встановити в тисячах домогосподарств для збору періодичних вимірювань, які повідомляються в режимі реального часу [4]. Облік води – це процес вимірювання використання води. Існує дві основи вимірювання потоку, це об'ємна основа та основа ваги.

Основне співвідношення для визначення потоку рідини в трубі визначається добутком площі поперечного перерізу труби на середню швидкість потоку. До факторів, які також мають вплив на швидкість руху можна віднести густину, щільність і тертя рідини у місцях контакту із стінками труби [5].

У деяких випадках наявні лічильники води встановлені в оселях, тому доступ до приміщень ускладнений. У таких ситуаціях персонал, який знімає покази лічильників, повинен очікувати, поки клієнт дозволить зняти покази. Бувають також випадки, коли клієнти замикають свої приміщення, в такій ситуації отримати покази неможливо.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наразі в Україні не існує системи моніторингу споживання води в реальному часі на домашньому, корпоративному та міському рівнях. Проте у таких країнах, як Сполучені Штати, Великобританія та Китай, для моніторингу споживання води вже впроваджено рішення цифровізації цього процесу.

Комп'ютерна система обліку водопостачання є актуальною також і для споживачів, які хочуть розуміти та керувати поточним споживанням води в режимі реального часу. Таким чином, використання загальнодоступного обладнання, технологій та інфраструктури для інтелектуальної системи водомірів пропонується використати при розв'язанні цієї задачі.

Сучасні дослідження показують, що впровадження лічильників води з передплатою закріплює соціальну нерівність і бідність у суспільстві: чим більше багаті використовують води, тим більше вони можуть за неї заплатити. Двома найбільшими перешкодами для передплатеного вимірювання на ринку Північної Америки є висока вартість лічильника, оскільки споживачі повинні платити від 225 до 400 доларів США за його інсталяцію [1].

Крім того, це розглядається як економічна дискримінація за расовою, соціальною чи культурною ознакою. Бідні повинні враховувати своє споживання, що обмежує їхні потреби у воді, і продуктивне використання води для покращення своїх стратегій засобів до існування.

Продуктове використання води включає такі види господарської діяльності, як пивоваріння, напування тварин, будівництво та дрібномасштабне використання. Аспект добросусідства втрачається у випадках, коли вводяться лічильники води з передплатою, тому що вода, ймовірно, розглядатиметься як індивідуальний ринковий товар, таким чином значною мірою виключаючи бідні верстви населення з доступу до неї [6]

Результати аналізу впровадження лічильників з системою передплати показали, що вони є небезпечними з екологічної, соціальної, політичної та моральної точки зору для бідних верств населення [7].

Раптові зміни тиску можуть пошкодити вимірювальні пристрої води до такої міри, що багато з них перестають працювати. Крім того, деякі з типів такого

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

обладнання стають менш точними у зв'язку із «старінням», а недостатня реєстрація споживання призводить до зниження доходу, якщо несправні лічильники регулярно не замінюються.

Багато типів лічильників також реєструють повітряні потоки, що може призвести до надмірної реєстрації споживання, особливо в системах з переривчастим постачанням, коли вода відновлюється, а вхідна вода проштовхує повітря через лічильники.

Крім того, реальний термін служби передплачених лічильників становить лише приблизно від п'яти до семи років у порівнянні з оцінками від п'ятнадцяти до двадцяти років для звичайних лічильників [6].

Цілі даної роботи можна досягти шляхом вирішення таких задач, як розроблення онлайн-платформи для завантаження показників лічильників з функцією формування рахунків для клієнтів, отримання інформації про рахунки, надсилання підтвердження оплати за допомогою WordPress, а також оцінки споживання води домогосподарствами шляхом запису точних показників лічильника.

1.2 Аналіз розумних систем моніторингу споживання водопостачання

Серед багатьох різноманітних реалізацій автоматизованої системи зчитування показників з лічильників можна виділити таку, в основі якої лежить використання двох основних модулів: автоматизованого модуля зчитування лічильників і комунікаційного модуля. Комунікаційний модуль використовує мережу GSM для передачі даних і SMS-повідомлень [7].

Технологія GSM забезпечує послугу SMS (служба коротких повідомлень) і GPRS (загальна служба пакетної передачі даних) для запиту та отримання даних. Мережа GSM широко використовується без будь-яких технічних проблем, що забезпечується ефективним, надійним і безпечним стандартом зв'язку [8].

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія ZigBee ефективна в протоколах зв'язку високого рівня при створенні персональних мереж, мереж з низьким енергоспоживання та практично нульовим трафіком. Встановлення технології ZigBee не потребує спеціальних дозволів і водночас може опрацьовувати 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. GSM має вбудоване шифрування транспортного рівня, яке підтримується більшістю мережевих провайдерів [9].

WPAN (бездротова персональна мережа) охоплює невелику 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 різним обладнанням, розташованим на обмеженій відстані.

Мережі WMAN використовують технологію Worldwide Interoperability for Microwave Access для створення підключення на великих територіях (в межах міста). Це стандарт бездротового зв'язку, що підтримує швидкість передачі даних на рівні 30-40 Мбіт/с. Він може передавати набагато більше даних і працювати на набагато більших відстанях [10]

Мережі Wi-Fi, як випливає з назви, не мають фізичного дротового з'єднання між відправником і одержувачем, а зв'язок здійснюється за допомогою радіочастотної передачі даних. Принцип роботи таких пристроїв полягає у подачі на антену певного струму, що генерує електромагнітне поле, яке потім може транслюватися в просторі. Основою будь-якої бездротової мережі є точка доступу, основним завданням якої є передача бездротового сигналу, який можуть виявити комп'ютери або мобільні пристрої. Для

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключення до точки доступу та підключення до бездротової мережі пристрій повинен бути оснащений адаптерами бездротової мережі [11]. У табл. 1.1 наведено порівняльний аналіз систем з різними технологіями передачі даних.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз технологій передачі даних при організації систем обліку водопостачання

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

Перші спроби автоматизації процесу отримання показників лічильників дали змогу комунальним підприємствам віддалено зчитувати та аналізувати споживання води клієнтами [12]. Останні інтелектуальні вимірювальні системи оснащені вдосконаленою архітектурою та містять розумні сенсори та більш складну технологію розподіленого керування. У табл. 1.2 наведено порівняльну характеристику розумних та аналогових лічильників.

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз характеристик розумних та аналогових лічильників води

№	Характеристика	Розумний лічильник води	Аналоговий лічильник води
1	Віддалене керування	Можливо	Не можливо
2	Дистанційне відключення живлення	Можливо	Не можливо
3	Вартість обслуговування	Низька	Висока
4	Захищеність даних	Відсутність похибок при зчитуванні даних	Помилки при зчитуванні даних

Глобальне потепління та урбанізація чинять величезний тиск на ресурси багатьох міст. Зокрема, це стосується швидкого виснаження таких ресурсів, як вода, що вимагає прийняття швидких та ефективних дій з боку відповідних органів влади для покращення управління ресурсами. Одним з варіантів щодо забезпечення ефективності управління водними ресурсами для жителів міст є встановлення замість аналогового лічильника води розумної системи обліку водопостачання.

Система обліку споживання води представляє собою інтелектуальний пристрій до складу якого входять електронні компоненти, зокрема IoT, які забезпечують періодичну фіксацію споживання ресурсу та передають цю інформацію на сервер. Побутові споживачі можуть самостійно контролювати використання води.

Одним з важливих аспектів при організації системи обліку водопостачання на основі IoT пристроїв є обґрунтований вибір технології передачі даних та відповідних їм протоколів.

У результаті аналізу літературних джерел при дослідженні подібних систем обліку енергопостачання, водних ресурсів, газу та інших, встановлено,

що актуальним є застосування недорогих методів передачі даних при низькому енергоспоживанні компонентів системи. Проте існує ще багато практичних проблем, які необхідно усунути. Це стосується показників безпеки, ефективності і надійності розумних лічильників води.

У [9] представлено систему моніторингу бездротового лічильника електроенергії, яка дає можливість виявляти крадіжки електроенергії та сигналізувати про цей факт за допомогою мереж GSM та ZigBee. Технології, які при цьому застосовуються – ZigBee та GSM. До переваг цієї чичтеми можна віднести автоматизований процес виявлення крадіжок електроенергії, дистанційне зчитування і передача даних, а обмеженнями є складність реалізації, що пов'язана зі складністю розподіленої системи.

У [12] розроблено систему автоматичного зчитування показників з лічильників електроенергії на базі GSM з миттєвим формуванням рахунків. Технології, на яких побудована така система, передбачають застосування GSM, платформи .NET та мови програмування C#. До переваг цієї системи належить:

- своєчасне формування рахунків;
- краще розуміння моделей попиту на енергію;
- ефективне управління несправностями лічильників;
- виявлення шахрайства.

До обмежень використання цієї системи належить те, що передача даних тарифікується за стандартними тарифами на SMS.

У [3] представлено проект автоматичної системи зчитування показників лічильників води з низькою вартістю та низьким енергоспоживанням. При цьому застосовано підхід і технології, які базуються на кластерній бездротовій сенсорній мережі та шлюзі GPRS.

Перевагами такого лічильника води є низька вартість компонентів і низьке енергоспоживання, а недоліки полягають у втраті пакетів через виникнення колізії, а також затримці доставки пакетів.

У [13] автори пропонують систему дистанційного вимірювання потужності, що використовує переваги технології передачі даних, які засновані

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на Bluetooth, GPRS та інфрачервоних каналах. До основних переваг такої системи належить резервування способів передачі даних, що підвищує надійність її функціонування. Однак при цьому зростає необхідність підвищення ручного обслуговування компонентів і як наслідок затрати на відрядження працівників також зростають.

У [14] автори пропонують систему реального часу для моніторингу споживання води, яка використовує технологію передачі даних на основі GPRS. Такий прототип системи «розумного лічильника води» передає дані від кількох лічильників до центру керування. Кілька лічильників надсилають свої дані до вузла збору даних, який потім передає дані до центру керування. Це означає, що система збору і моніторингу даних є розподіленою і містить механізми керування розподіленою структурою.

Однак така система моніторингу кількох лічильників є лише теоретичною основою для практичного застосування і не враховує такі фактори, як масштабованість і надійність.

Існують також локальні рішення для розумного моніторингу споживання електроенергії, наприклад, інтелектуальна система обліку для енергетичної компанії [15]. При організації такої системи використано протоколи і механізми обміну даними на основі технологій GSM та ZigBee.

Така система використовує мережеву топологію mesh з метою забезпечення і надання дозволу лічильникам, які розташовані надто далеко від вузла збору даних, передавати свої дані на сусідні лічильники. Після цього, лічильники, які знаходяться на відстані досяжності вузла збору даних, транслують одержані значення показників у центр збору і керування. Такий підхід збільшує ефективний діапазон покриття для вузла збору даних. До недоліків такої організації системи належить те, що вузол збору є вузьким місцем, а також єдиною точкою збою, оскільки всі дані мають проходити через нього, щоб досягти центрального сервера.

У табл. 1.3 представлено характеристики деяких систем для автоматизованого обліку водопостачання

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Існуючі розумні системи моніторингу водопостачання

Система	Технологія	Переваги	Обмеження
Розумні лічильники води з використанням магнітного сенсора	Магнітні датчики Холла, що використовують магніт, прикріплений до крильчатки водоміра.	Містить попередньо вбудований лічильник води, який вимірює витрату води за допомогою обертової магнітної муфти.	
Інтелектуальні лічильники води з використанням обробки зображень	Зовнішній модуль камери використовується для захоплення дисплея лічильника води.	Не вимагає жодних змін у внутрішній структурі існуючого лічильника.	Вимагає додаткової системи опрацювання зображень та адаптації під тип дисплею лічильника
Розумні лічильники води з використанням ємнісного датчика [16]	Конденсатор утворюється комбінацією металевої стрілки, мідної фольги та води між цими двома провідними об'єктами.	Система була протестована з використанням 300 тестових зразків протягом 30 днів і показала успішність на рівні більше 95%.	

Згідно з табл. 1.3, незважаючи на те, що доступно багато рішень для бездротових сенсорних мереж, вони досить дорогі. Тому розробка недорогого рішення стала необхідною. При аналітичному огляді літератури встановлено

обмежену кількість досліджень інтелектуального лічильника води з підключенням Wi-Fi [17].

У даному розділі проведено аналіз підходів і принципів організації систем моніторингу водопостачання, визначено проблеми при їх застосування, а також запропоновано звернути увагу на можливість впровадження технології WiFi при побудові таких систем.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ІОТ

2.1 Проектування архітектури комп'ютерної системи обліку водопостачання на концептуальному рівні

При проектуванні комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі ІоТ пристроїв пропонується використати наступні апаратні пристрої:

- мікроконтролер Arduino Uno;
- датчик потоку води на основі сенсора Холла;
- модуль SD-карти;
- Wi-Fi модуль.

Окрім цього, необхідно реалізувати веб-орієнтований додаток для забезпечення можливості зчитування даних-показників лічильника та завантаження рахунків для споживачів. Для контролерів необхідно надати можливість надсилати покази до платформи, яка проводить транзакції щодо оплати споживання водних ресурсів.

Миттєві показання лічильника потрапляють у пам'ять мікроконтролера, а після того записуються на SD-картку. Періодичні показники часових проміжків будуть завантажуватися у систему, розгорнуту в хмарному середовищі.

Споживачі можуть авторизуватися у хмарному додатку та отримати доступ до завантаження:

- показників свого лічильника;
- рахунку на оплату послуг;
- підтвердження оплати протягом зазначеного періоду.

Очікується, що система допоможе споживачам покращити обслуговування та зберегти воду як ресурс.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проектування системи обліку водопостачання на основі ІоТ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Тоушкін П.В.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						20	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		

На рис. 2.1 наведено архітектуру комп'ютерної системи обліку водопостачання з використанням IoT пристроїв на концептуальному рівні.



Рисунок 2.1 – Архітектура системи водопостачання на концептуальному рівні

На рис. 2.1 представлено основні компоненти системи, описано вхідні та вихідні дані, основні модулі та зв'язок між ними.

В якості мікроконтролера пропонується використати Arduino/Genuino Uno, що використовує програмне забезпечення з відкритим кодом (IDE) для програмування мікроконтролера ATmega328. Для керування оплатою рахунків за споживання води розроблено окрему систему розрахунків.

Для розробки веб-додатків пропонується використати JavaScript, який є мовою сценаріїв з відкритим кодом і має об'єктно-орієнтовані функції.

База даних MySQL використовується для зберігання інформації про клієнтів, споживання води та платежів.

Сервер WAMP складається з Apache, MySQL і PHP. Вартість стека з відкритим вихідним кодом порівняно не висока у порівнянні з іншими технологіями, такими як ASP.NET і Java.

Модуль ESP8266 програмується для реалізації UDP-сервера. Arduino IDE використовується для розробки та завантаження UDP-сервера. Є два способи завантажити програму сервера в модуль ESP8266:

- завантаження коду за допомогою USB TTL конвертера;

– завантаження коду за допомогою плати Arduino Uno (без USB TTL конвертера).

Наступний крок полягає у більш детальному аналізі та обґрунтуванні апаратного забезпечення системи

2.2 Функціональні можливості та структура Arduino Uno

Плата мікроконтролера Uno наведена на рис. 2.2 і складається з:

- 14 контактів цифрового входу/виходу, з яких 6 можна використовувати як широтно модульовані (ШИМ);
- 6 аналогових входів;
- кварцевого генератора 16 МГц;
- роз'єму USB;
- роз'єму живлення;
- роз'єму ICSP;
- кнопки скидання (RESET).

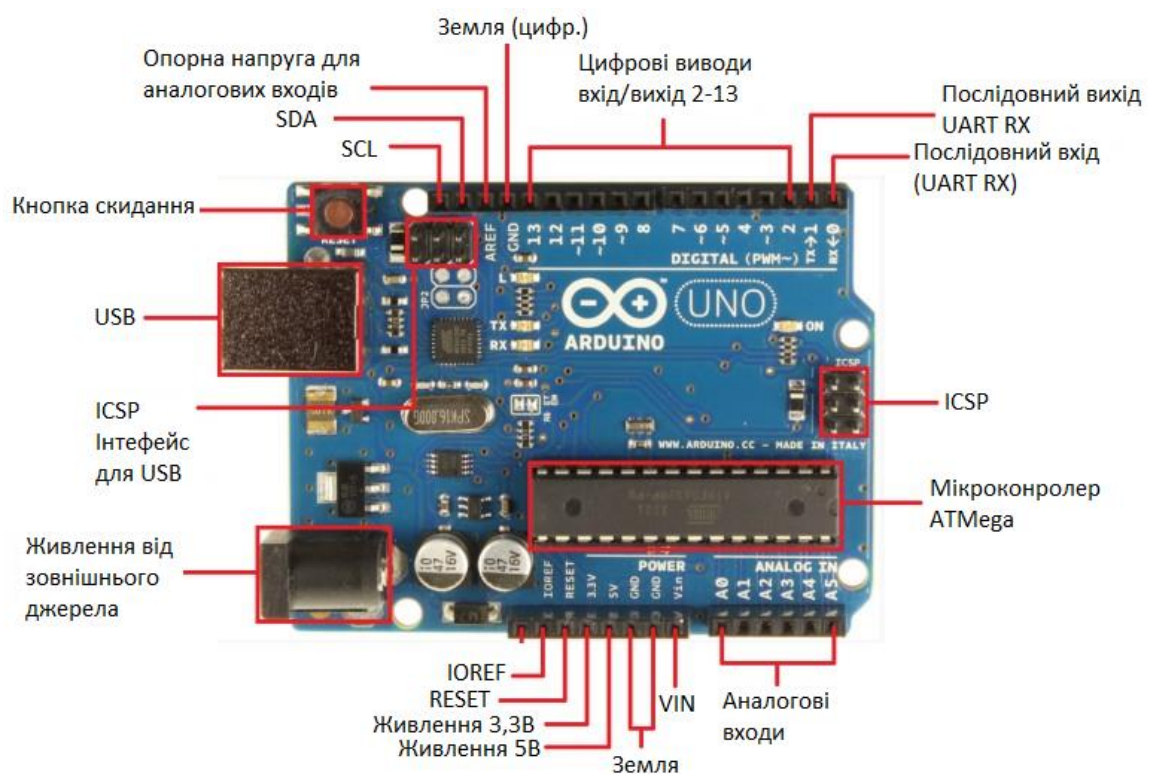


Рисунок 2.2 – Структура Arduino Uno

Arduino Uno можна просто підключити до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або адаптера змінного/постійного струму або акумулятора, щоб почати роботу. Він складається з мікроконтролера Atmega328 [15]. На рис. 2.3 проілюстровано розташування контактів даного мікроконтролера.

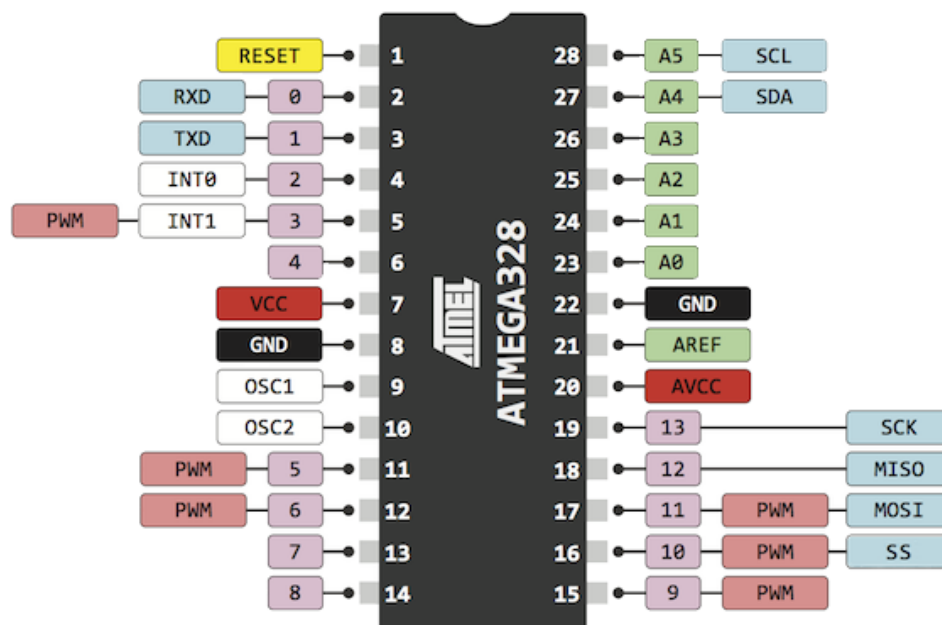


Рисунок 2.3 – Розташування контактів Arduino Uno

На контакти VCC та GND можна подавати напругу живлення, яка не повинна бути більшою за ту, яка вказана у технічній документації. Рекомендується в якості верхньої межі напруги живлення використовувати номінал напруги на рівні 5.5В. Абсолютний максимум, який можна подати – 6В. Проте, при тривалому функціонуванні пристрою в такому режимі можливе виведення його з ладу.

Для того, щоб нейтралізувати високочастотні завади, у схему живлення Arduino Uno доцільно встановити між VCC і GND керамічний конденсатор, ємність якого відповідає 0.1мкФ. Такий конденсатор повинен бути розміщений досить близько до контактів через які подається живлення на мікроконтролер, що дозволить мінімізувати паразитну індуктивність та опір провідників.

На рис.2.4 показано схему електричну принципову за якою реалізовано Arduino Uno, а у табл. 2.1 наведено основні технічні характеристики.

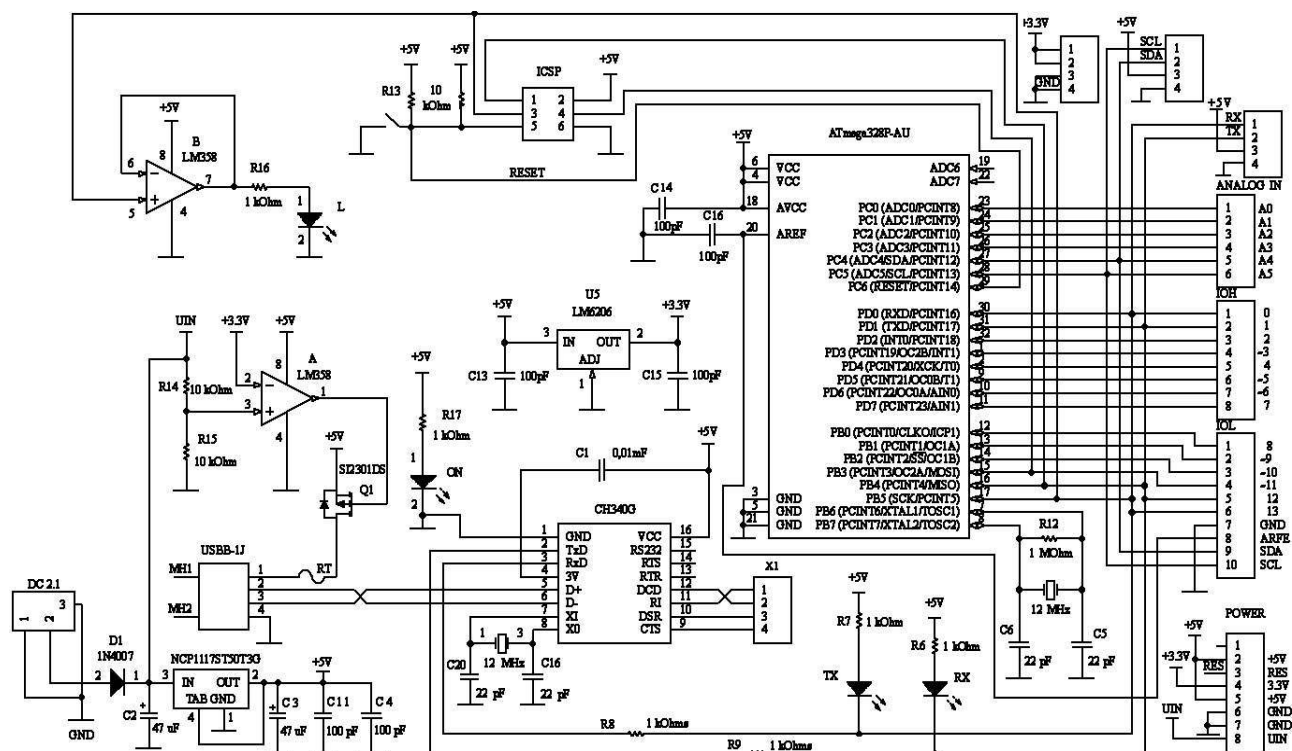


Рисунок 2.4 – Схема електрична принципова Arduino Uno

Таблиця 2.1 – 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

2.3 Сенсор для вимірювання потоку води

Датчик потоку – це пристрій, який виявляє та вимірює потік води у трубах дає змогу розрахувати її витрати в одиницях вимірювання об'єму. На рис. 2.5 показано принцип функціонування сенсора Холла.

Вода протікаючи через трубу, в якій встановлено крильчатку, створює тиск на її лопасті та приводить крильчатку в рух. На лопастях встановлено магніт, а на корпусі – сенсор Холла.

Таким чином, імпульси створюють вихідну частоту, яка прямо пропорційна об'ємній швидкості потоку/загальній швидкості потоку через лічильник.

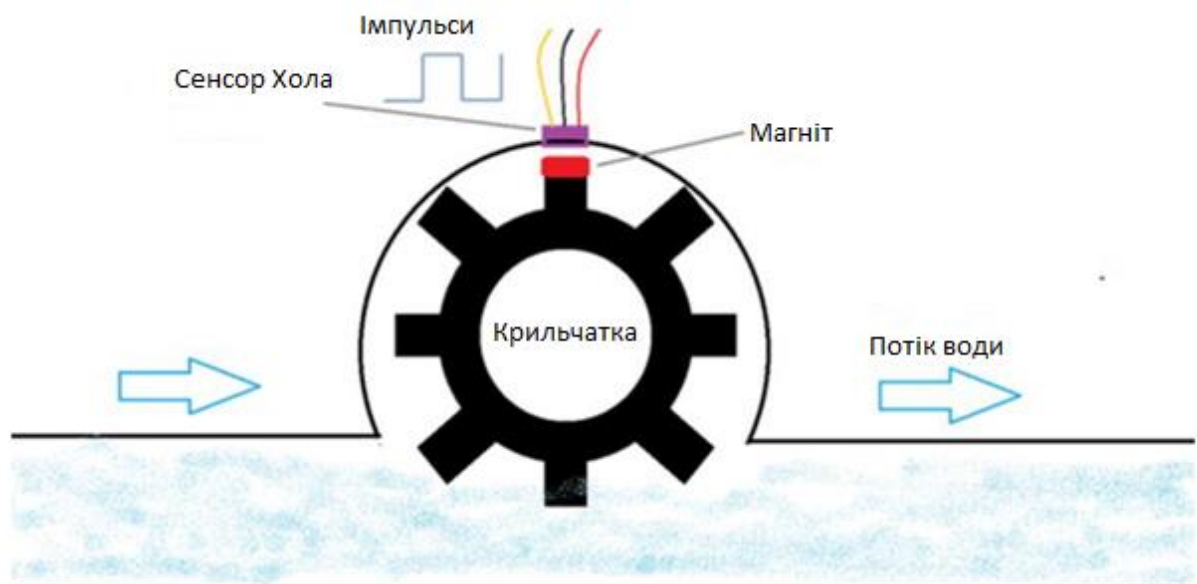


Рисунок 2.5 – Організація системи вимірювання потоку води

Як зазначалось раніше, сенсор потоку води дає можливість вимірювати швидкість рідини. Яскравим прикладом такого датчика є YF-S201. До його складу входить: пластиковий корпус-клапан, ротор потоку і датчик з ефектом Холла. Сенсор потоку встановлюється на впускній частині труби і коли потік води проходить крізь нього, ротор з магнітом буде обертатися, а датчик з ефектом Холла згенерує сигнал у вигляді імпульсу деякої ширини.

Сенсор Холла підключається до мікроконтролера, що дає змогу контролювати швидкість потоку води відповідно до потреб. На рис. 2.5 показано зовнішній вигляд YF-S201 на основі сенсора Холла.



Рисунок 2.6 – Сенсор потоку рідини YF-S201

Датчик потоку води для вимірювання її витрат та об'єму за допомогою Arduino працює за принципом ефекту Холла. Відповідно до цього ефекту у провіднику, поперечному до електричного струму, і перпендикулярному до нього магнітному полі, виникає різниця напруг. При побудові системи обліку водопостачання ефект Холла реалізується за допомогою невеликого вентилятора/ротора у формі пропелера, який розміщується на шляху течії рідини.

Рідина створює тиск на ребра ротора, змушуючи його обертатися. Вал ротора з'єднаний з датчиком Холла. Даний сенсор представляє собою котушку, у якій протікає струм, і магніт, що з'єднаний з валом ротора. Таким чином індукується напруга/імпульс під час обертання ротора. При застосуванні датчика YF-S201 на кожен літр рідини, що проходить через нього за хвилину, генерується приблизно 4,5 імпульси. Це відбувається через зміну магнітного поля, спричиненого магнітом, прикріпленим до валу ротора. У випадку системи обліку водопостачання кількість імпульсів вимірюється за допомогою Arduino,

а потім розраховується швидкість потоку в літрах на годину (л/год) і загальний об'єм у літрах за допомогою простої формули перетворення. У табл. 2.2 показано основні технічні характеристики датчика потоку води.

Таблиця 2.2 – 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
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

Швидкість потоку можна визначити, зв'язавши його з різними методами, наприклад із зміною швидкості. Швидкість потоку може варіюватися залежно

від швидкості течії води. Отже, даний показник буде залежати від тиску в трубопроводах.

Площа поперечного перерізу труби відома і залишається постійною. Середня швидкість є показником швидкості потоку. Основним співвідношенням для визначення швидкості потоку рідини в такому випадку є:

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

де Q – співвідношення потоку води до загального потоку, який проходить через трубу;

V – середня швидкість потоку води;

A – площа поперечного перерізу труби (в'язкість, щільність і тертя рідини, що контактує з трубою, також впливають на швидкість потоку води).

Частота імпульсів *FreqImpulse*, яку генерує сенсор Холла, розраховується як добуток значення середнього потоку води на константу 7,5, тобто

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

Швидкість потоку води за годину (60 хвилин) у трубі можна обчислити за формулою:

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

Об'єм води, який пройшов через трубу, враховуючи формули 2.1-2.3 визначається за формулою:

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

де *Pulses* – кількість імпульсів сенсора Холла, 60 і 7,5 – константи.

					КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик потоку рідини, показаний на рис.2.6, розташований на одному рівні з ватерлінією та вимірює, скільки рідини пройшло через неї. Він містить вбудований магнітний датчик Холла, який посиляє електричний імпульс. Датчик Холла герметичний, що дозволяє йому залишатися в безпеці та сухості.

Схема підключення сенсора визначення потоку води до Arduino Uno наведено у табл. 2.3 і табл. 2.4.

Таблиця 2.3 –Схема підключення YF-S201 та Arduino Uno

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

Таблиця 2.4 – 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 кроком є аналіз можливостей та функціональності ESP8266.

2.4 WiFi модуль на основі ESP8266

Модуль ESP8266 виконаний на кристалі (SoC) ESP8266, що складається з послідовного трансивера Wi-Fi. Ця мікросхема реалізує повний стек протоколів TCP/IP та володіє потужною вбудованою обчислювальною здатністю. Хостинг простого вбудованого сервера TCP або UDP може забезпечити дуже компактне рішення Інтернету речей (IoT).

До складу ESP8266EX входить 17 контактів GPIO, які можна використовувати для виконання різних функцій запрограмувавши відповідні регістри.

Для операцій із низьким енергоспоживанням GPIO також можна налаштувати на збереження свого стану. Наприклад, коли живлення мікросхеми вимкнено, усі вихідні сигнали дозволу можна встановити на низький рівень.

Додаткову функцію утримання можна вбудувати в ІО за запитом. Якщо ІО не керується внутрішньою або зовнішньою схемою, функція утримання може бути використана для утримання стану до останнього використаного стану.

Модуль ESP8266 дозволяє мікроконтролерам підключатися до Wi-Fi 2,4 ГГц за стандартом IEEE 802.11. Його можна використовувати з вбудованим програмним забезпеченням ESP-AT для підключення Wi-Fi до зовнішніх хостів MCU, або можна використовувати як самодостатній MCU, запустивши SDK на основі RTOS.

Модуль підтримує повний стек TCP/IP і забезпечує можливість обробки даних, читання та керування GPIO.

ESP8266 має багато застосувань, коли мова йде про IoT. Прикладні сфери, де можна використати функції даного модуля:

- організація мережі: антена Wi-Fi модуля дозволяє вбудованим пристроям підключатися до маршрутизаторів і передавати дані;
- опрацювання даних: включає обробку основних вхідних даних від аналогових і цифрових датчиків для набагато складніших обчислень за допомогою RTOS або SDK, що не входить до ОС;
- підключення P2P: дозволяє створювати прямий зв'язок між ESP та іншими пристроями за допомогою підключення P2P;
- організація веб-сервера: забезпечує доступ до сторінок, написаних HTML або мовами розробки.

На рис. 2.7 показано зовнішній вигляд ESP8266.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд ESP8266

NodeMCU представляє собою середовище розробки програмного та апаратного забезпечення з відкритим кодом, створене на основі недорогої системи на кристалі (SoC) під назвою ESP8266.

Однак, як чіп, ESP8266 доволі складно використовувати. Як приклад, для застосування цього модуля при вирішенні найпростіших завдань, таких як увімкнення живлення або надсилання повідомлення про натиснення клавіші на «комп'ютер» необхідно припаяти провідники з відповідною аналоговою напругою до контактів. Окрім цього, потрібно запрограмувати його з використанням низькорівневих машинних інструкцій, які можуть бути інтерпретовані апаратним забезпеченням мікросхеми. Цей рівень інтеграції не є проблемою для використання ESP8266 як мікросхеми вбудованого контролера в електроніці масового виробництва. Проте для спрощення задачі при побудові системи обліку водопостачання більш оптимально використовувати NodeMCU, який показаний на рис. 2.8.

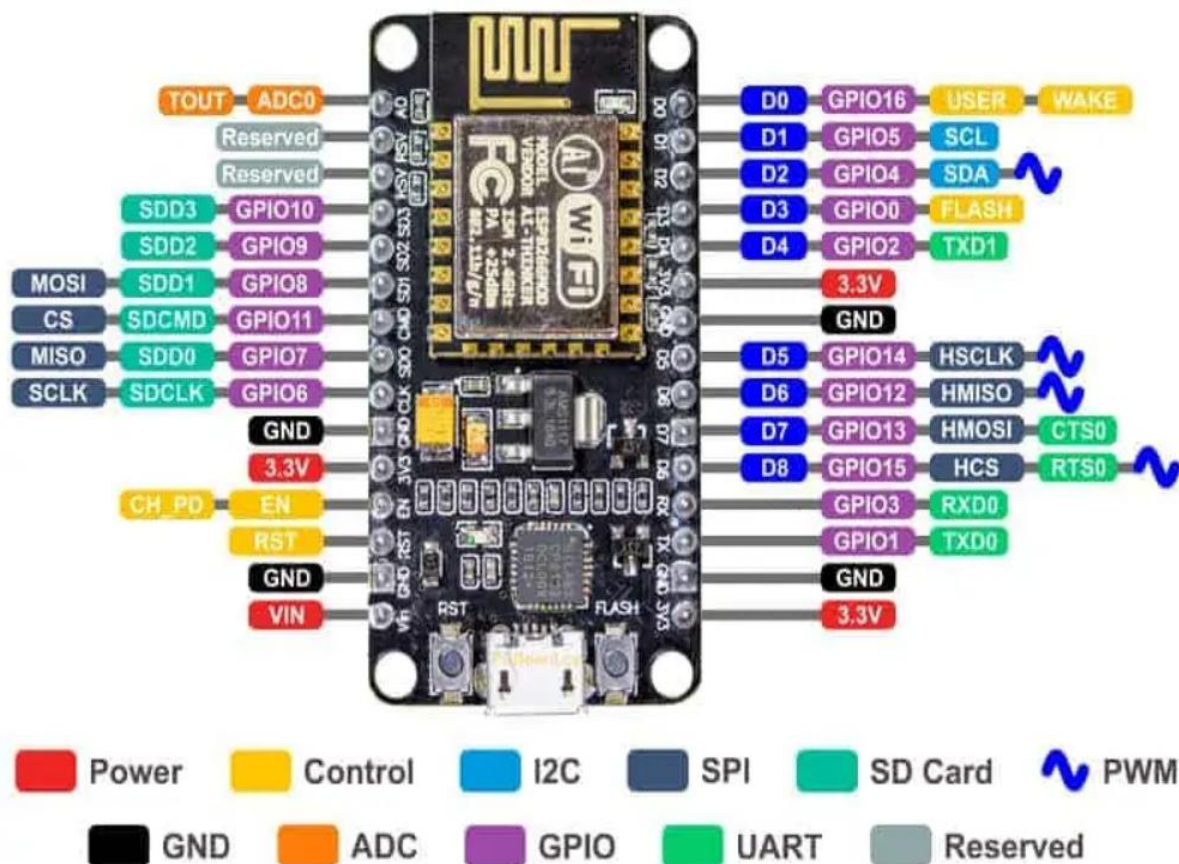


Рисунок 2.8 – NodeMCU

NodeMCU доступний у різних варіаціях. Спільним для всіх дизайнів є базове ядро ESP8266. Конструкції, засновані на архітектурі, зберегли стандартне 30-контактне розташування. У деяких конструкціях використовується більш поширена вузька (0,9 дюйма) площа, тоді як в інших використовується широка (1,1 дюйма) площа.

Найпоширенішими моделями NodeMCU є Amica (на основі стандартної вузької відстані між контактами) і LoLin, яка має ширшу відстань між контактами та більшу плату. Дизайн бази ESP8266 з відкритим кодом дозволяє ринку постійно розробляти нові варіанти NodeMCU.

Модуль ESP8266 може бути запрограмований для реалізації UDP-сервера. Arduino IDE використовується для розробки та завантаження UDP-сервера. Є два способи завантажити програму сервера в модуль ESP8266:

- завантаження коду за допомогою USB TTL конвертера;

– завантаження програмного коду за допомогою плати Arduino Uno (без USB TTL конвертера).

На рис. 2.9 показано з'єднання USB TTL-конвертера та модуля ESP8266 за допомогою проводів «мама-мама».

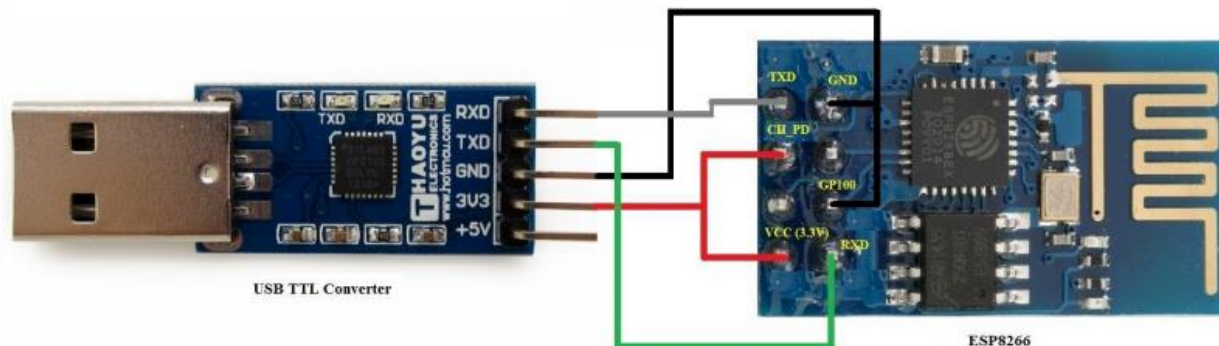


Рисунок 2.9 – Схема підключення ESP8266 з USB TTL конвертором

У наступному розділі наведено процедуру підключення необхідних бібліотек та налаштування конвертера для програмування ESP 8266 як UDP сервера.

У випадку, коли плата Arduino Uno безпосередньо підключена до ESP8266 (без конвертера USB TTL) для завантаження програми сервера UDP необхідно завантажити порожній код Arduino на плату Arduino Uno. Цей метод займає більше часу, ніж попередній.

Модуль ESP8266 має бути включений для режиму завантаження шляхом підключення контакту GP100 до GND. Під час завантаження програми на ESP8266 синій індикатор постійно блимає до завершення завантаження. Після успішного завантаження контакт GP100 необхідно вийняти з GND. IP-адреса за замовчуванням 192.168.4.1 і порт, визначений як 23. Цей сервер може підключатися лише до одного клієнта одночасно.

Універсальний асинхронний приймач і передавач (UART) відіграє важливу роль при реалізації послідовного зв'язку. UART працює як посередник між послідовним і паралельним інтерфейсами. UART – це шина з восьми ліній

даних (включено деякі додаткові контакти керування), з іншого боку є два послідовних виводи – RX і TX, як показано на рис. 2.10.

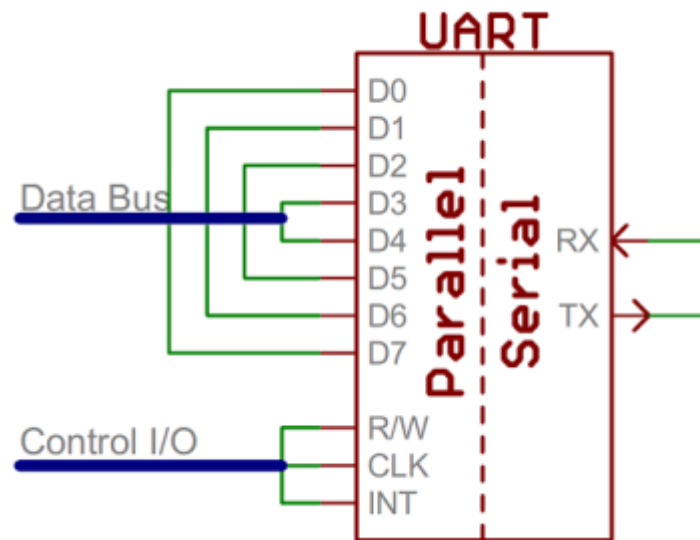


Рисунок 2.10 – Універсальний асинхронний приймач і передавач (UART)

Схема підключення Arduino Uno та модуля ESP8266 при проектуванні комп'ютерної системи обліку водопостачання показано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Схема підключення ESP8266 та Arduino Uno

Модуль ESP8266	Плата Arduino Uno
RX	5
VCC	3.3V
GP100	*GND (під час завантаження коду)
Rest	-
GP102	-
CH_PD	3.3V
GND	3.3V
TX	6

2.5 Модуль фіксації реального часу DS3231

Модуль годинника реального часу DS3231 є недорогим і точним пристроєм, що працює через шину I²C та містить інтегрований кварцовий генератор з компенсацією температури. Живлення годинника реального часу додатково забезпечує батарейка, яка дозволяє підтримувати працездатність пристрою у випадку відключення основного живлення. На рис. 2.11 представлено вигляд модуля DS3231, що використовується при побудові системи обліку водопостачання.



Рисунок 2.11 – Модуль DS3231

Модуль, представлений на рис. 2.11 може застосовуватися при реалізації систем як на побутовому так і на промисловому рівнях. Годинник реального часу дозволяє зберігати інформацію про всі одиниці вимірювання, починаючи від секунд і закінчуючи даними про місяць і рік. Варто відміти, що інформація про дати адаптується під конкретні місці, які мають менше, ніж тридцять днів, а також враховується похибка на високосні роки.

Годинник DS3231 можна налаштувати для роботи у двох режимах – 24 години або 12-годин з індикацією AM/PM. Окрім цього, передбачається

можливість програмування будильників та використання програмованого прямокутного виходу.

Шина I²C використовується як двонаправлена шина для передачі даних та відповідних адрес. Для виявлення проблем із живленням, тобто для моніторингу стану VCC, застосовується схема з компаратором, яка разом із точною схемою опорної напруги і температурною компенсацією дають можливість забезпечити вихідний сигнал скидання і автоматичного переходу на додаткове альтернативне живлення від батарейки. Контакт RST використовується в якості кнопочового входу для зовнішнього скидання.

Типова схема електрична принципова для годинника реального часу наведена на рис. 2.12.

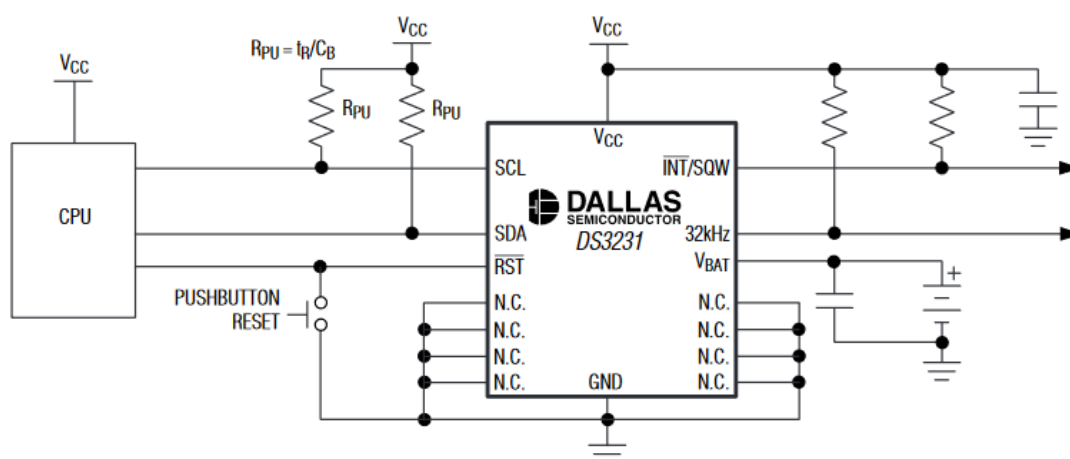


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова DS3231

Модуль DS3231 RTC інтегрує мікросхему годинника реального часу (RTC) DS3231, яка має внутрішній кристал і комутований блок налаштування конденсаторів. Температура кристала постійно контролюється, а конденсатори регулюються для підтримки стабільної частоти.

У порівнянні з іншими рішеннями RTC, цей модуль DS3231 відхиляється менше ніж на хвилину на рік, навіть у екстремальних діапазонах температур. Це робить модуль DS3231 придатним для критично важливих часових додатків, які не можна регулярно синхронізувати із зовнішнім годинником.

Деякі з особливостей годинника реального часу:

					КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- можливість підключити безпосередньо до портів вводу-виводу мікроконтролера;
- наявність двох календарів і будильника;
- два програмовані прямокутні виходи;
- генератор для одиниць вимірювання часу у секундах, хвилинах, годинах, днях, числах, місяця та року, який орієнтований на використання до 2100 року з врахуванням особливостей високосних років;
- сокет для батарей сумісних з LIR2032.

Структурну схему DS3231 представлено на рис. 2.13.

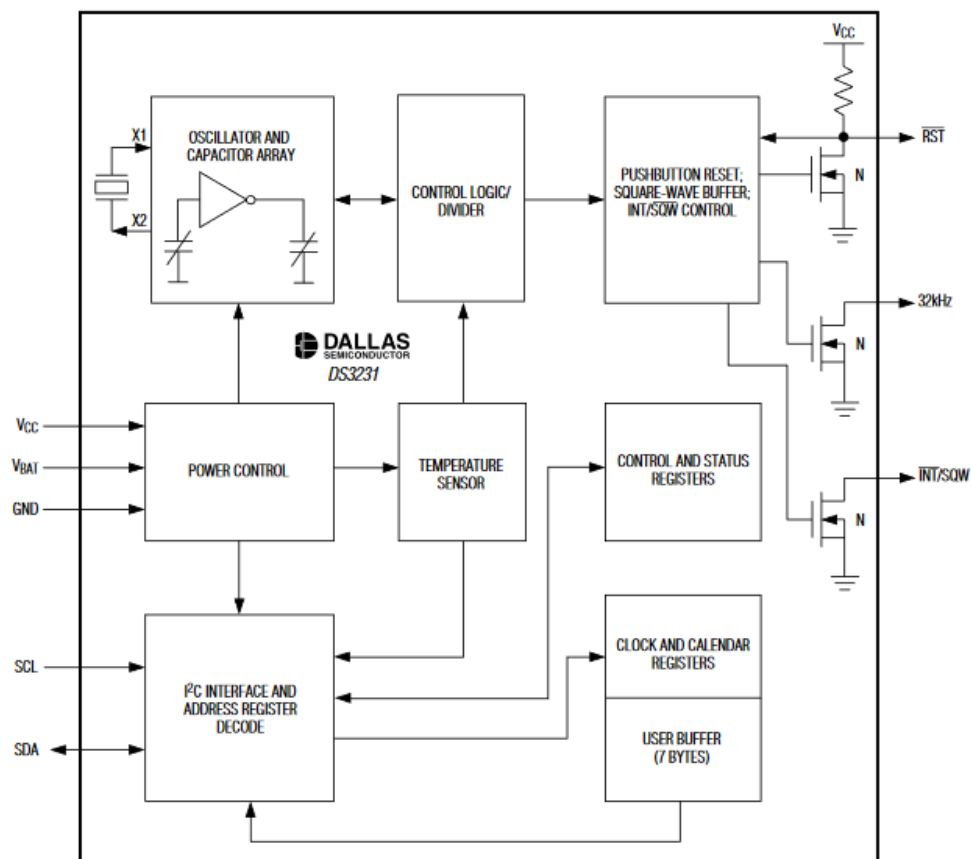


Рисунок 2.13 – Структурна схема DS3231

Схему підключення виводів для модуля годинника реального часу DS3231 і плати Arduino Uno показано у табл. 2.6

Таблиця 2.6 – Схема підключення DS3231 та Arduino Uno

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

Для повноцінного функціонування системи обліку водопостачання необхідно використати модуль для логування у вигляді SD-карти.

2.6 Модуль SD-карти

Модуль Micro SD (Secure Digital) використовується для зберігання даних. Він дозволяє підключати карту Micro SD для читання та запису даних. робоча напруга для карт Micro SD – 3,3 В. На рис. 2.14 наведено типовий модуль для SD-карти.

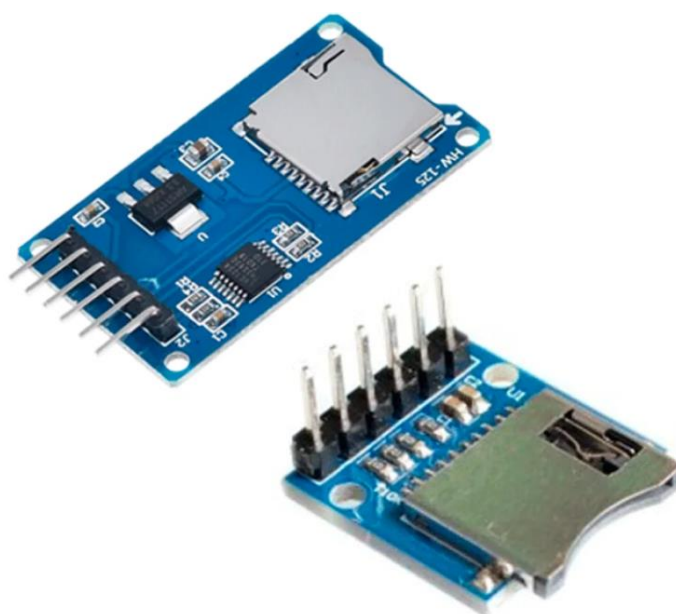


Рисунок 2.14 – Модуль SD-карти

Як видно з рис. 2.14, модуль має шість контактів, два для живлення – контакти VCC і GND і ще чотири контакти для зв'язку через послідовний периферійний інтерфейс (SPI). Схема підключення модуля SD-карти до Arduino Uno представлена у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Схема підключення модуля Micro SD

Модуль Micro SD карти	Плата Arduino Uno
CS	4
SCK	13
MOSI	11
MISO	12
VCC	5V
GND	GND

Для зв'язку між мікроконтролером і SD-картою використовується послідовний периферійний інтерфейс (SPI), який забезпечується підключенням цифрових контактів 11, 12 і 13 (плата Arduino Uno). Крім того, для вибору SD-карти потрібно використовувати інший контакт. Це може бути апаратний контакт CS (4).

Інтеграція обґрунтованих раніше компонентів дає змогу на фізичному рівні реалізувати усі аспекти запропонованої архітектури системи обліку водопостачання. На рис. 2.15 показано схему підключення усіх компонентів системи.

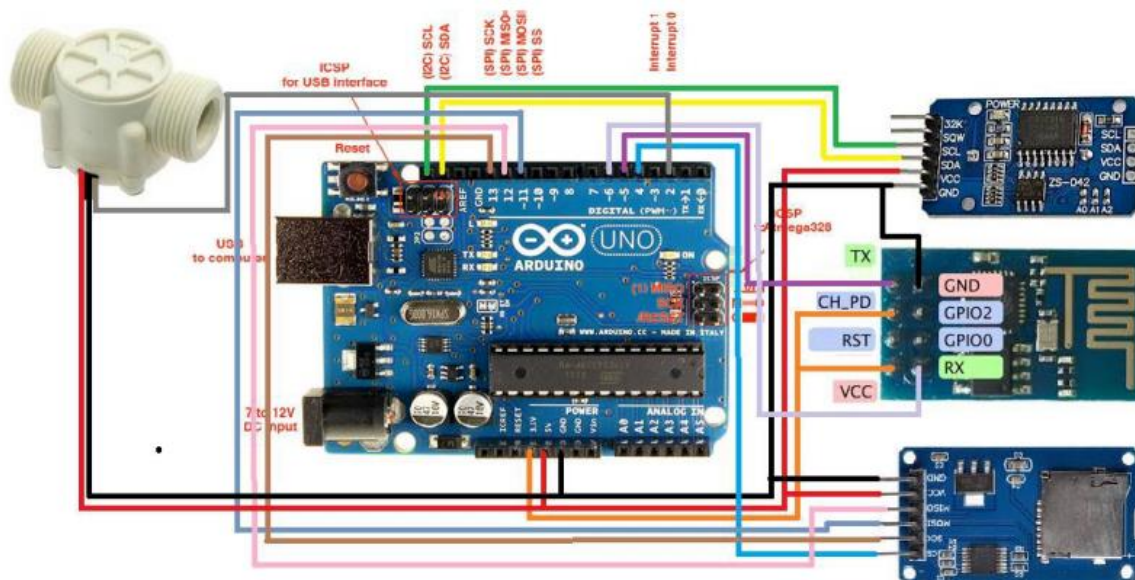


Рисунок 2.15 – Схема підключення компонентів системи обліку водопостачання

У результаті виконання робіт щодо проектування системи обліку водопостачання одержано архітектуру та розроблено на фізичному рівні схему з'єднання компонентів, обґрунтовано використання конкретних типів сенсорів, зокрема, датчика потоку води, годинника реального часу, модуля Micro SD, WiFi модуля ESP8266, UART конвертора та Arduino Uno. Наступний етап роботи полягає у програмному налаштуванні та узгодженні сумісності апаратних пристроїв, а також розробки веб-додатку для передавання і зчитування показників розумного лічильника води.

РОЗДІЛ 3 НАЛАШТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Налаштування та реалізація програмного забезпечення на рівні Arduino Uno

З метою забезпечення процесів моніторингу показників лічильника води на локальному рівні реалізовано програмне забезпечення мовою програмування C, а для кінцевих користувачів та представників водоканалу – а у вигляді веб-додатку, який поміщено у хмарне середовище.

Платформа Arduino IDE – це електронна платформа з відкритим кодом, яка базується на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні. Розробник може надіслати набір інструкцій до мікроконтролера. Усі плати Arduino мають відкритий вихідний код, що дозволяє користувачам створювати їх самостійно та зрештою адаптувати до своїх потреб. На рис. 3.1 представлено середовище налаштування та реалізації програмного забезпечення для інтеграції компонентів, наведених у розділі 2, та управління ними.

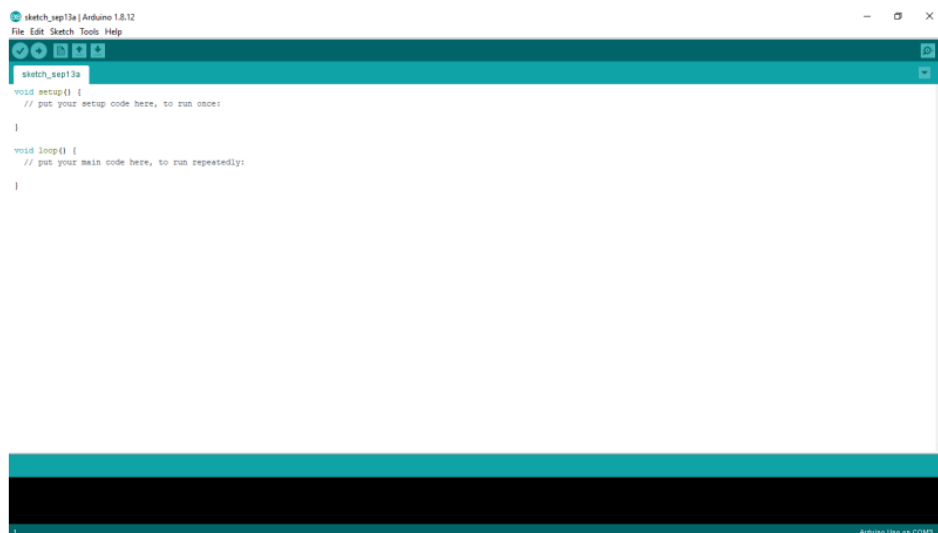


Рисунок 3.1 – Вікно середовища Arduino IDE

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Налаштування та розробка програмного забезпечення системи водопостачання</i>		
Розроб.		Тоушкін П.В.					
Перевірив.		Яцишин В.В.					
Консульт.		Гурик О.Я.					
Н. Контр.		Тили Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						41	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		

Перед тим, як реалізовувати програмне забезпечення для керування такими пристроями як ESP8266, сенсором потоку на основі ефекту Хола, годинником реального часу та іншими, потрібно виконати попередні налаштування.

Як було зазначено раніше, існує два способи завантажити програму UDP-сервера у модуль ESP8266. Перед підключенням адаптера на ПК необхідно встановити драйвер адаптера USB-TTL. Драйвер USB-порту Serial Com за замовчуванням не встановлено, тобто Arduino IDE не може виявити порт, що показано на рис. 3.2.

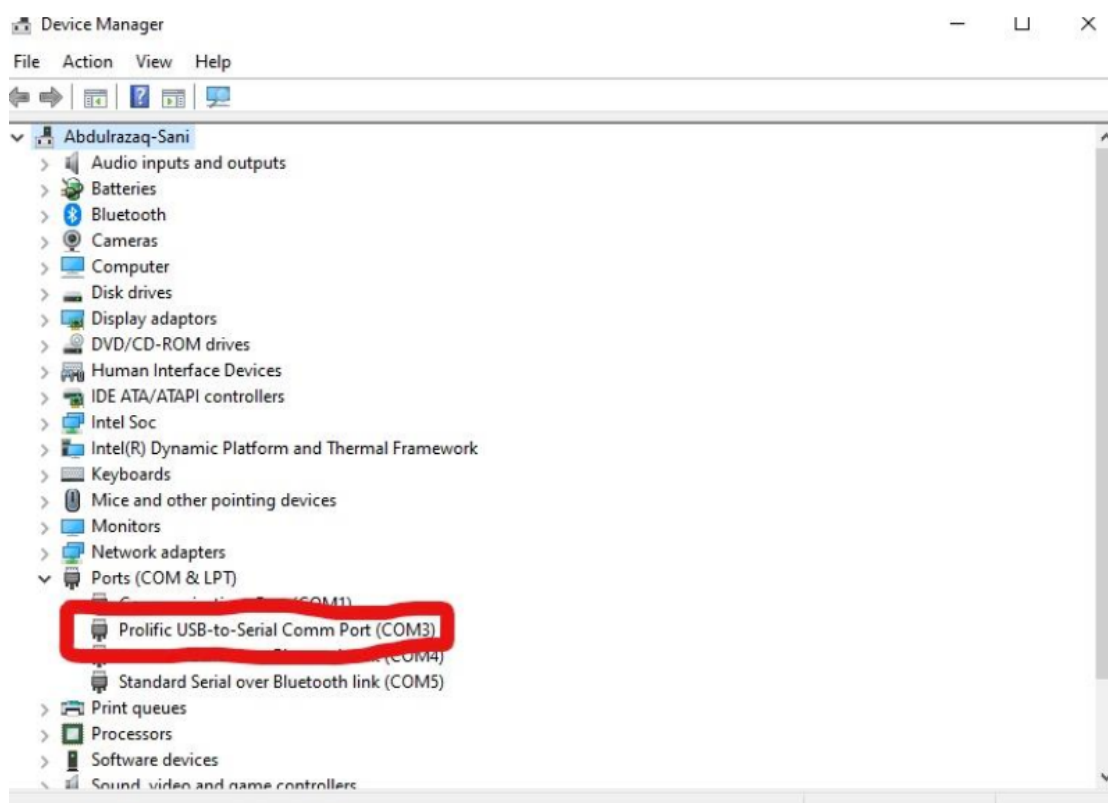


Рисунок 3.2 – Встановлення драйвера для конвертера USB-TTL

Як видно з диспетчера пристроїв (рис. 3.2) перетворювач USB-TTL підключений до комп'ютера для завантаження програми. Комунікаційний порт потрібно вибрати в Arduino IDE при умові, що було активовано більше одного комунікаційного порту (рис. 3.3).

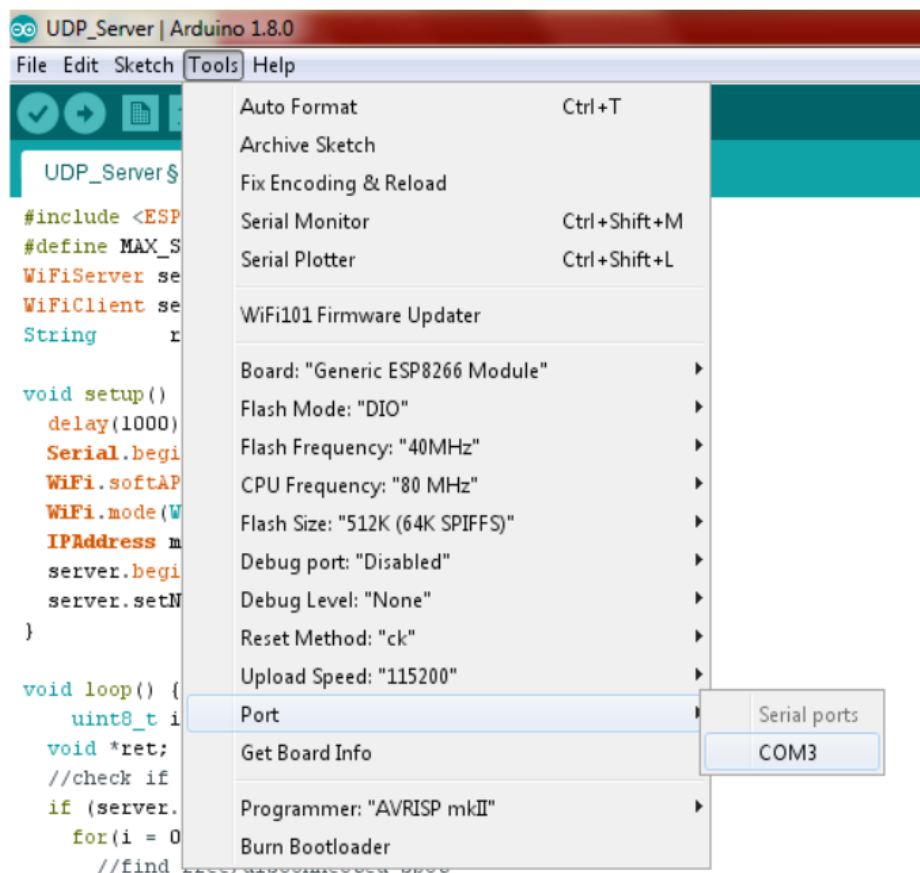


Рисунок 3.3 – Вибір COM-порта

Під час підключення певних модулів або бібліотек до Arduino IDE необхідно встановити спеціальну програму, надану постачальником пристрою, як показано на рис. 3.4.

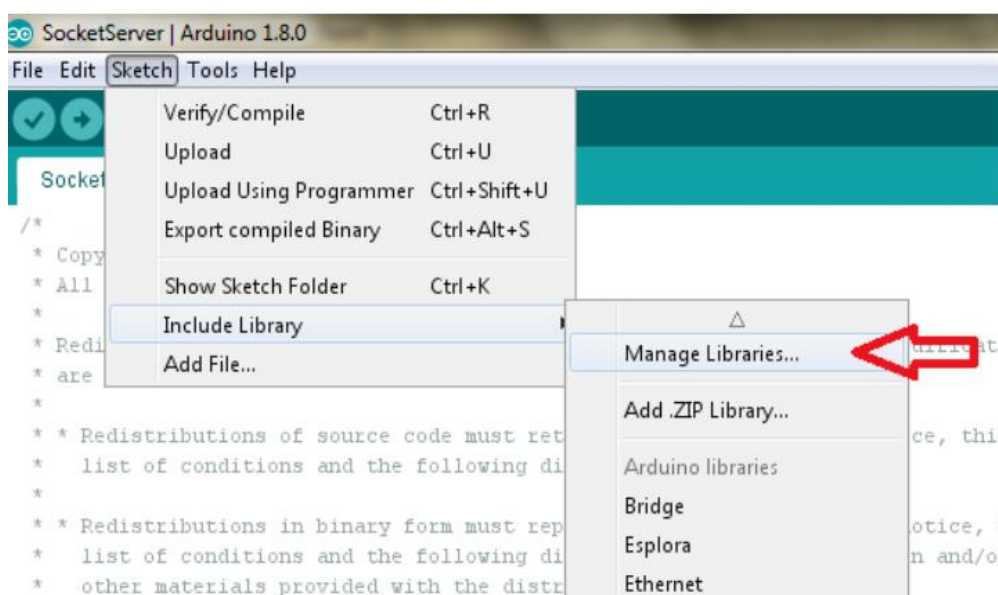


Рисунок 3.4 – Підключення бібліотек пристроїв

Для забезпечення адекватного функціонування модуля ESP8266 необхідно встановити бібліотеку, як показано на рис. 3.5.

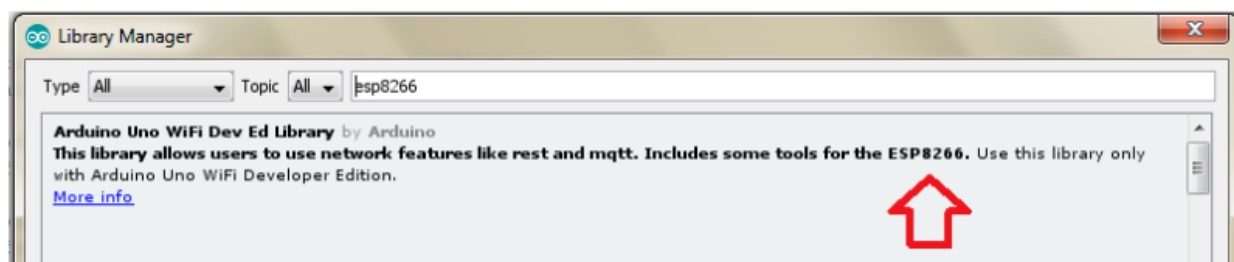


Рисунок 3.5 – Інсталяція бібліотеки для роботи з ESP8266

Перед завантаженням до Arduino IDE необхідно змінити назву плати на «Generic ESP8266 Module», як показано на рис. 3.6.

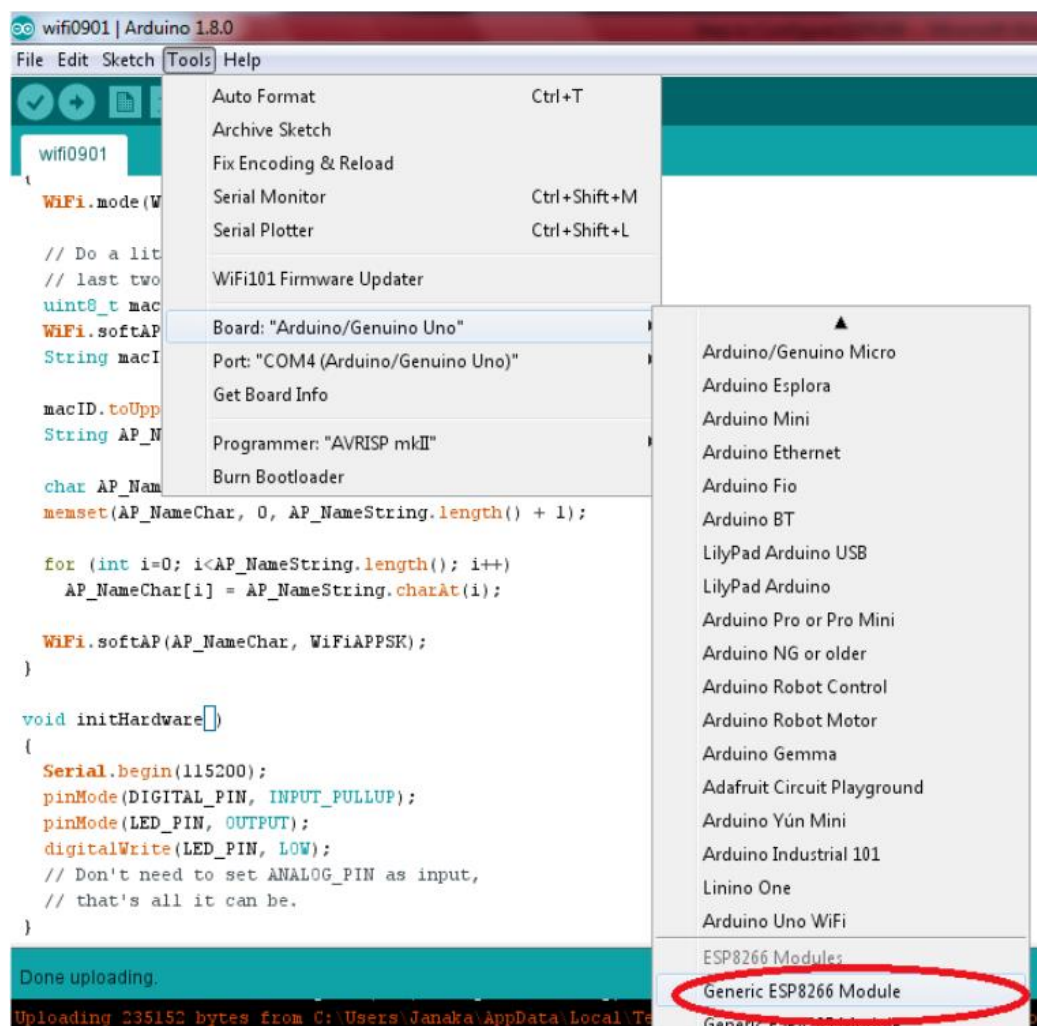


Рисунок 3.6 – Завантаження бібліотеки Generic ESP8266 Module

У середовище Arduino IDE потрібно також встановити бібліотеку модуля DS3231, що надається постачальником пристрою. Процес встановлення відповідної бібліотеки наведено на рис. 3.7.

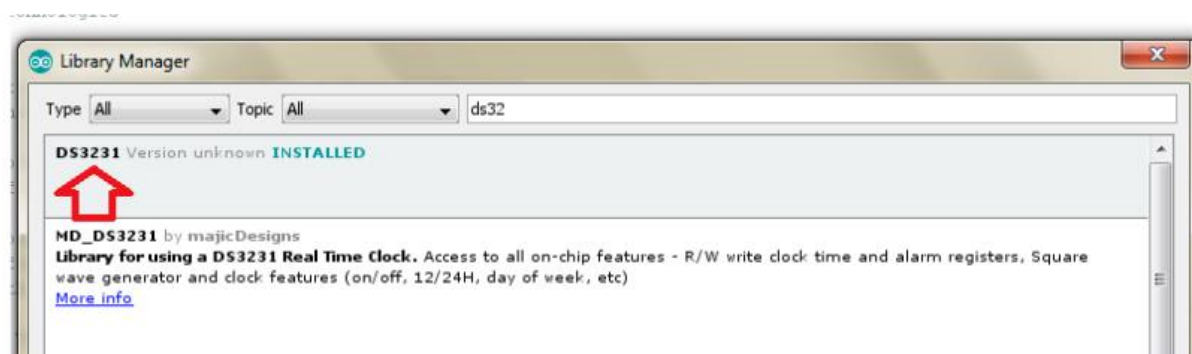


Рисунок 3.7 – Встановлення бібліотеки для роботи з годинником реального часу

При налаштуванні DS3231 потрібно враховувати, що дата й час ініціалізації модуля задовані таким чином, як показано на рис. 3.8.

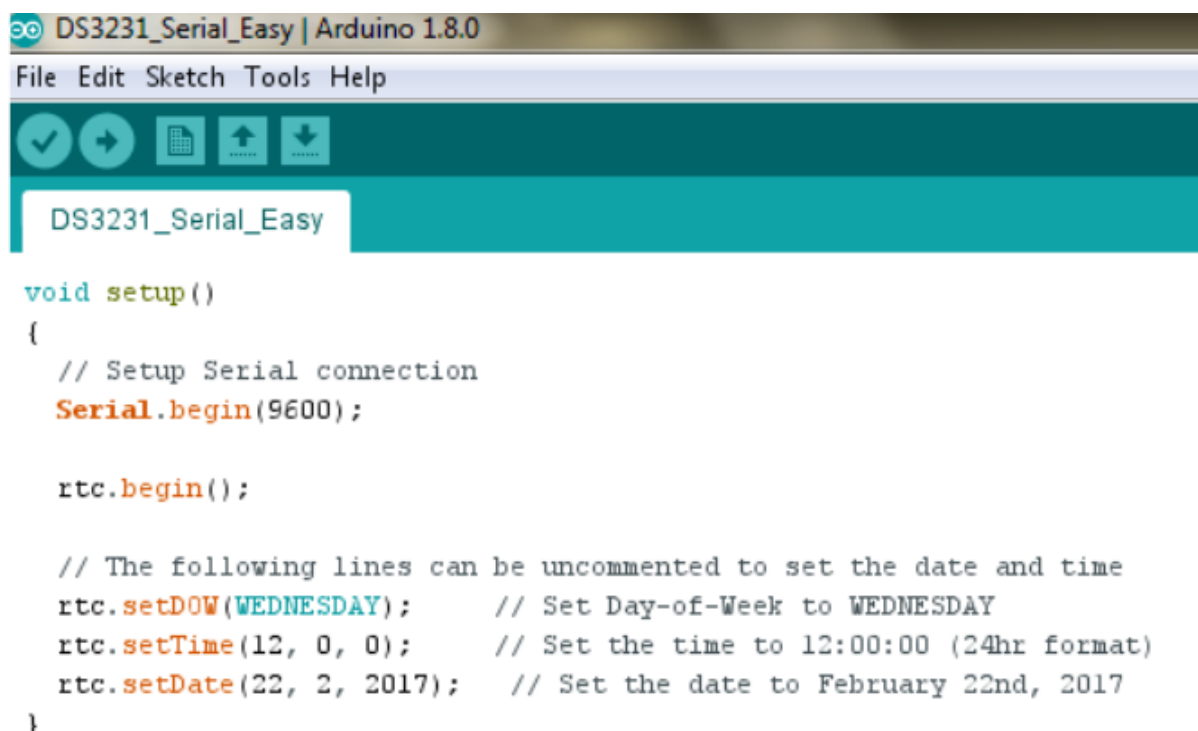


Рисунок 3.8 – Кодування формату дати і часу у годиннику реального часу DS3231

Модуль SD-карти потрібен для збереження даних обліку води. Показники лічильника зчитуються з датчиків (датчик потоку та годинник реального часу) і реєструються в текстовому файлі на SD-карті. Необхідні дані пізніше передаються на мобільний пристрій для виставлення рахунків. SD-карта дешева та має потужне рішення для зберігання. Середовище розробки Arduino містить вбудовану бібліотеку, яка підтримує модуль реєстрації даних SD карт.

Для ініціалізація SD-карти використовується процедура, яка приведена на рис. 3.9.

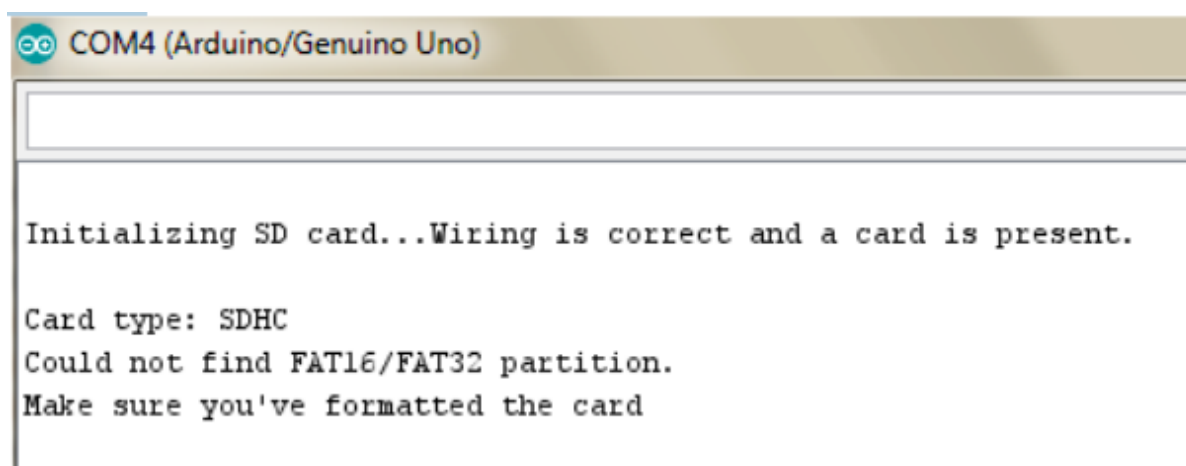


Рисунок 3.9 – Ініціалізація SD-карти

Бібліотека для роботи з SD-картою дозволяє читати та записувати на неї дані і підтримує такі файлові системи, як FAT16 і FAT32 на стандартних картах SD і SDHC.

При використанні бібліотеки потрібно вказувати короткі імена для файлів (8 байтів для імені файлу та 3 байти для розширення). Імена файлів, що передаються до функцій бібліотеки SD, можуть включати шляхи, розділені слешем «/», наприклад, «каталог/назва файлу.txt».

Оскільки робочий каталог завжди є кореневим каталогом SD-карти, ім'я стосується того самого файлу, незалежно від того, чи містить він слеш на початку (наприклад, «file.txt» еквівалентно «file.txt»). Алгоритм ініціалізації та перевірки коректності роботи SD-карти показано на рис. 3.10.

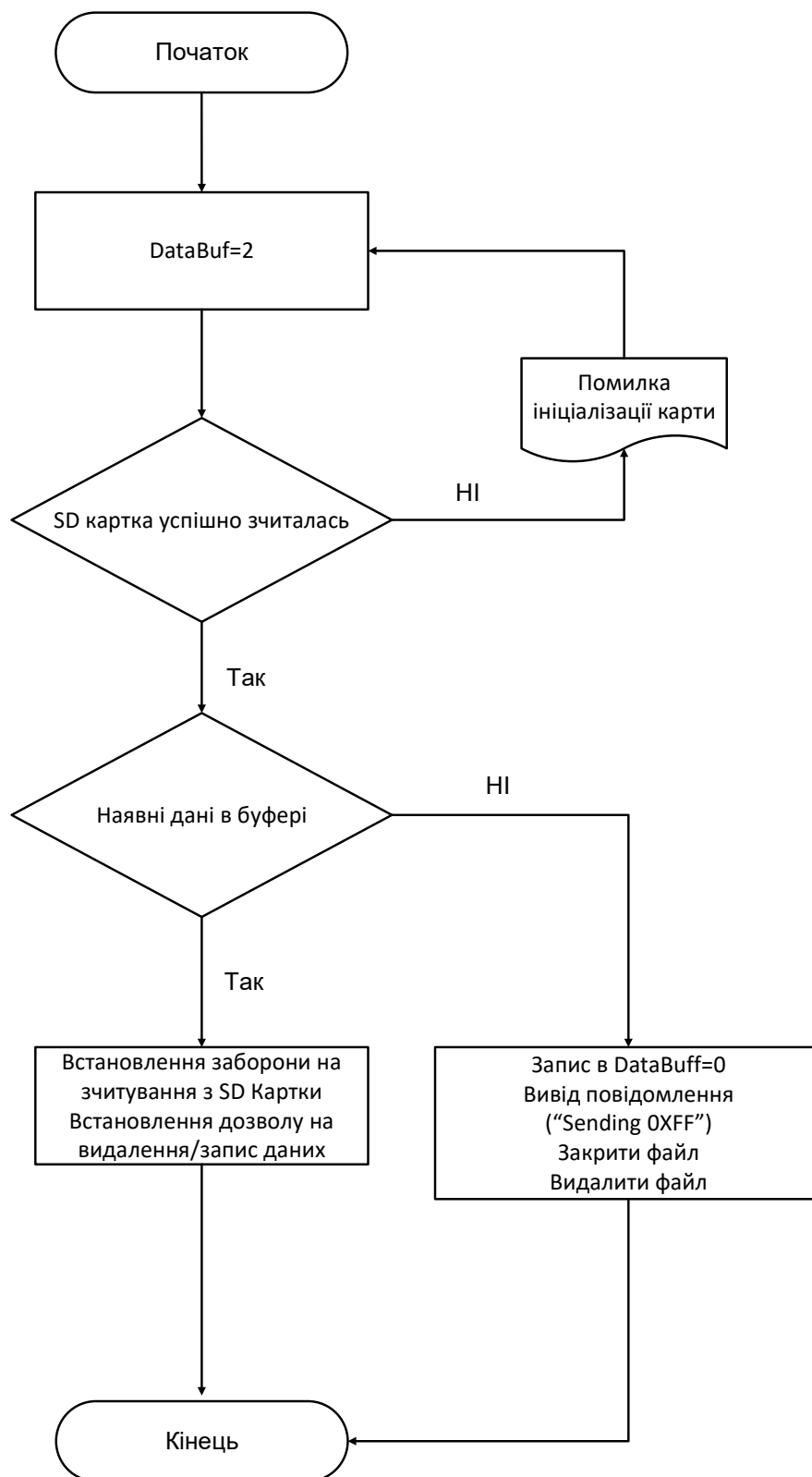


Рисунок 3.10 – Блок-схема алгоритму ініціалізації та коректності роботи SD-карти

Програмний код, який наведений на рис. 3.11 ілюструє ініціалізацію SD-карти перед записом даних.


```

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

```

Рисунок 3.11 – Опрацювання помилок при ініціалізації SD-карт

SD-карту необхідно відформатувати перед використанням для збереження даних. Якщо її не відформатовано належним чином, буде згенеровано повідомлення про помилку.

SD-карта об'ємом менше 4 ГБ форматується за допомогою FAT16, а понад 4 ГБ – за допомогою FAT32. Повідомлення щодо несумісності SD-карти має вигляд, як продемонстровано 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

```

Рисунок 3.12 – Повідомлення про несумісність SD-карти

Завантажити програмний код UDP-сервера у ESP8266 можна використовуючи USB TTL конвертер або без нього. Спочатку необхідно провести завантаження порожнього коду на плату Arduino Uno. Якщо він не завантажується на плату керування системою обліку водопостачання, то з'являється повідомлення про помилку у відповідності до код програмної обробки помилок, який показаний на рис. 3.10. Фрагмент програмного коду для

завантаження сервера показано на рис. 3.13., однак попередньо модуль ESP8266 повинен перебувати в режимі завантаження, тобто повинно існувати фізичне підключення контактів GP100 та GND.

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

Рисунок 3.13 – Фрагмент створення UDP-сервера на основі ESP8266

Варто відмітити, що при завантаженні програмного забезпечення сервера, повинен працювати синій індикатор в режимі блимання, IP-адреса і порт за якими можна звертатися до сервера – відповідно 192.168.4.1 і 23.

При правильному підключенні сенсора визначення потоку води перший крок полягає у його калібруванні. На рис. 3.14 показано фрагмент програмного коду для встановлення значення коефіцієнта калібрування на рівні 4.5.

```
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;
```

Рисунок 3.14 – Програмне калібрування сенсора потоку води

Алгоритм калібрування сенсора потоку води показано на рис. 3.15.

У результаті проведених налаштувань та розробки програмного забезпечення на системному рівні забезпечено інтеграцію усіх компонентів системи для обліку водопостачання, а також перевірено правильність з'єднання датчика потоку рідини, що працює за принципом ефекту Холла, годинника реального часу, модуля ESP8266 з UDP-сервером та модуля SD-карти.



Рисунок 3.15 – Блок-схема алгоритму калібрування сенсора потоку води

Після проведених робіт необхідно реалізувати веб-додаток, який був би зручним для використання споживачам водних ресурсів та контролерам.

3.2 Реалізація веб-додатку для обліку водопостачання

Сьогодні існує багато доступних технологій для розробки веб-додатку, який забезпечував би можливість формувати рахунки щодо споживання водних ресурсів. До них можна віднести ASP.net, C#.net, Java EE та PHP, які найчастіше застосовуються при розробці веб-орієнтованих систем.

Для розробки веб-додатку обрано стек технологій до якого входять мови програмування PHP та JavaScript. Вибір є обґрунтованим тим, що вже існує багато готових модулів та існує можливість їх гнучкої адаптації.

Основна вимога, яка висувається до системи обліку водопостачання це здатність формувати рахунки споживачів води та інформації про її використання. Система може обслуговувати велику кількість користувачів одночасно. Веб-додаток використовує і розгорнутий на веб-сервері Apache, який працює під операційною системою Linux і має низьку вартість використання порівняно з серверами Windows. Основні вимоги, які повинен реалізовувати веб-додаток можна представити у вигляді use case діаграми, яка наведена на рис. 3.14.

Веб-додаток повинен надавати можливість споживачу послуг з водопостачання переглядати показники водоміра та стан поточного рахунку.

Для контролера, або уповноваженої особи від підприємства з надання послуг потрібно забезпечити реалізацію можливості щодо:

- завантаження текстового файлу, який містить інформацію про час і значення показників лічильника і автоматично генерується на SD-карті підключеній до Arduino згідно розкладу;
- надсилання завантаженого файлу до платформи, яка надає можливість проведення і фіксації транзакцій з оплати послуги водопостачання;
- можливість перегляду рахунків споживача з подальшим друком квитанції.

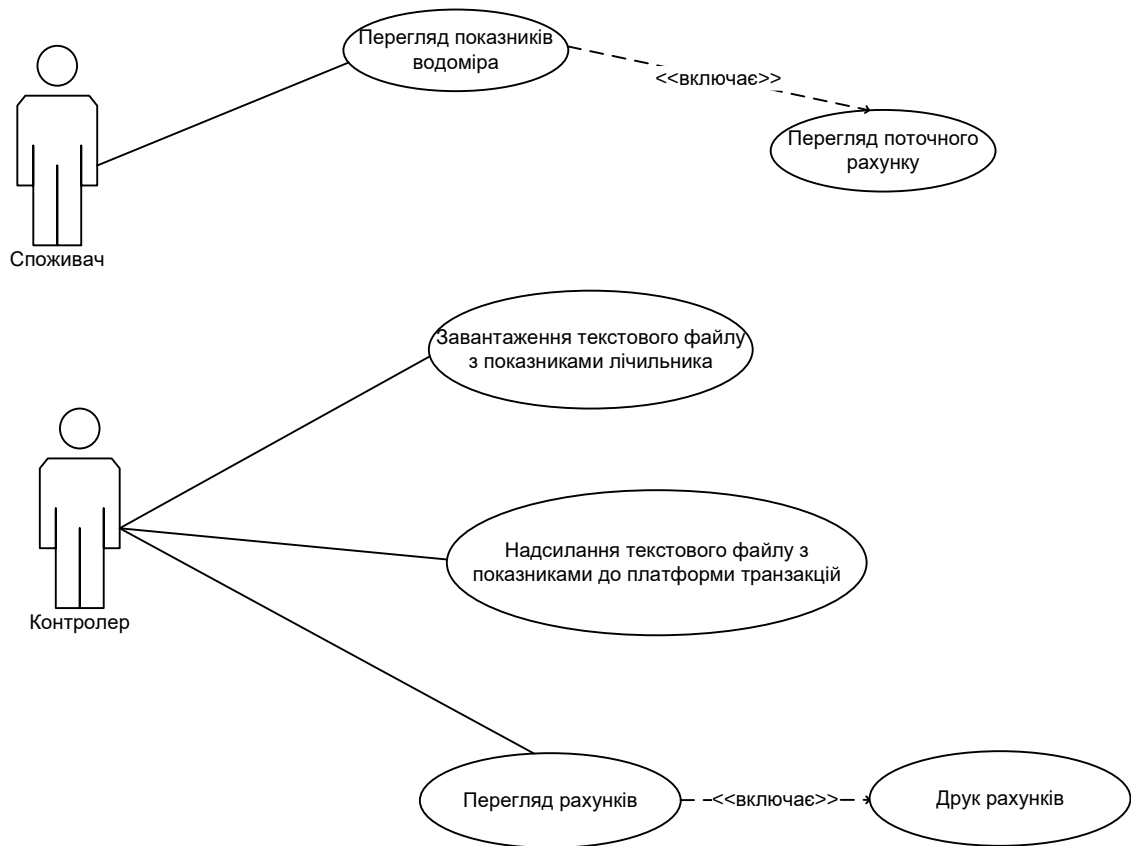


Рисунок 3.14 – Use Case діаграма при реалізації веб-додатку обліку водопостачання

СКБД MySQL є оптимальним вибором для розробників із відкритим кодом. Дана система управління є безкоштовною і може використовуватися будь-ким без будь-якої ліцензії чи дозволу. Це дозволяє розробникам налаштовувати вихідний код відповідно до своїх потреб і змінювати базу даних відповідно до своїх потреб.

Процес розробки та розгортання веб-додатку системи обліку водопостачання можна розділити на п'ять видів робіт:

- вибір домену;
- вибір плагінів WordPress;
- вибір хостинг;
- реалізація веб-додатку;
- підключення системи вимірювання об'ємів спожитої води до веб-додатку.

Архітектурно веб-додаток можна представити на рівні двох комплексних складових: FrontEnd та BackEnd, як показано на рис. 3.15.

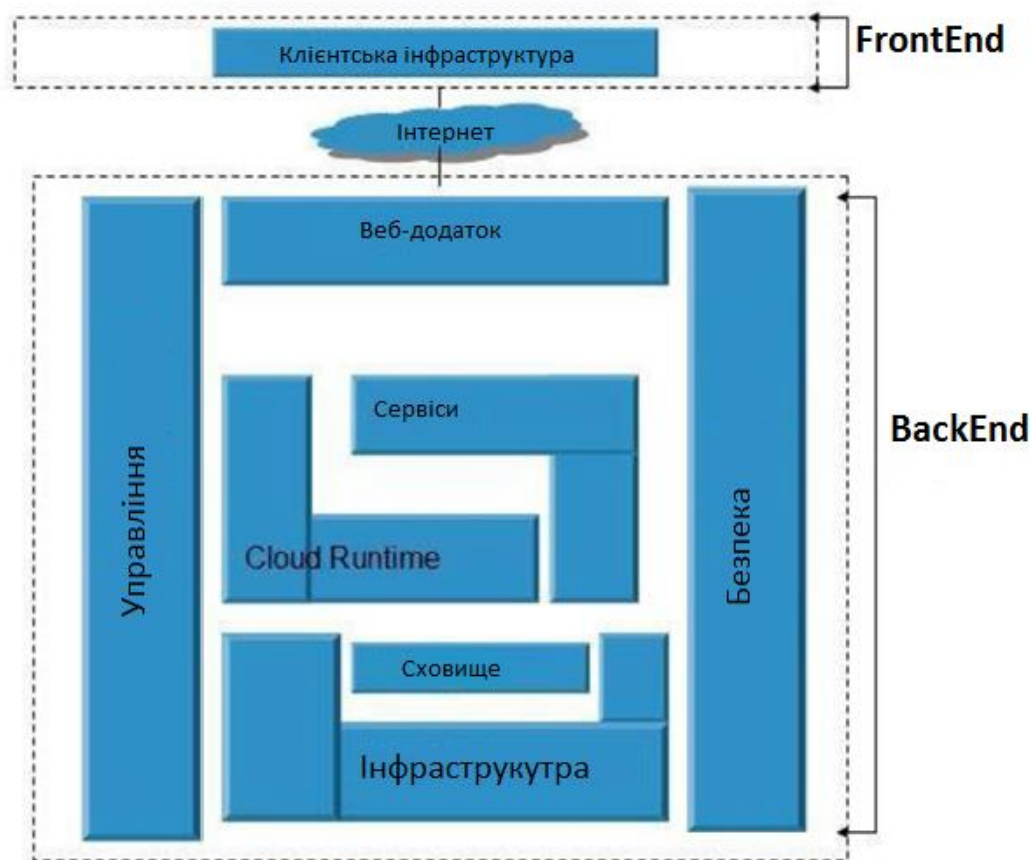


Рисунок 3.15 – Архітектура веб-додатку

Доменне ім'я, яке доцільно використовувати при організації веб-додатку системи обліку водопостачання повинно відповідати функціональному застосуванню системи та не бути дорогим. Для прикладу можна обрати назву домену «DigitalAgeWaterSystem.com»

Фреймворк WordPress дає можливості значно скоротити процес розробки додатку, тому все необхідне можна завантажити з офіційного сайту www.wordpress.org у вигляді zip-файлу. Розпакування архіву виконується у cPanel, що є на хостингу. Сам WordPress використовує PHP, MySQL, JavaScript, HTML і CSS.

Хостинг повинен забезпечувати підтримку cPanel, де здійснюється розробка веб-сайту та керування ним.

Процедура реалізації веб-додатку передбачає виконання наступних кроків:

1. Реєстрація на хостингу та вхід в обліковий запис користувача
2. На інформаційній панелі потрібно обрати «Перейти до cPanel» під обраним ім'ям домену.
3. Панель cPanel містить різні вкладки. На вкладці «Бази даних», якщо обрати майстер баз даних MySQL, то дасть змогу створити нову БД, яка поміщається у домен.
4. Після успішного створення бази даних MySQL потрібно повернутися на сторінку cPanel та вибрати «Диспетчер файлів» на вкладці «Файли».
5. На відображеній сторінці можна побачити «public_html». Тут можна імпортувати та розпакувати ZIP-файл WordPress.
6. Після успішного добування файлів WordPress тема WordPress під назвою «Frontier» буде завантажена з пошуку Google.
7. Наступний крок полягає у розпакуванні в папку під назвою «Theme», розташовану в папці «wp-content».
8. Вищеописаний процес забезпечує розміщення доменного імені та WordPress на хостингу.
9. Далі задається ім'я користувача та пароль (в cPanel) для інформаційної панелі WordPress. Веб-сайтом можна керувати з інформаційної панелі WordPress.

Користувацький інтерфейс, який реалізовано за допомогою WordPress і відповідних плагінів наведено у наступному пункті даного розділу. Плагін WordPress – це програмне забезпечення, яке можна завантажити для розширення функціональності сайт чи веб-додатку. При реалізації веб-інтерфейсу використано і підключено наступні плагіни:

- Akismet Anti-Spam – призначений для захисту сайту від спаму.
- менеджер завантажень «W3 Eden» - призначений для управління, захисту і відстеження при завантаженні файлів, тому застосовується при активації функції завантаження рахунку.
- Password Protect WordPress Lite – призначений для захисту та аутентифікації користувача на сайті за допомогою пароля і в системі обліку

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

водопостачання сайту використовується як засіб надання права для завантаження або надсилання файлів лише після успішної аутентифікації користувача;

– плагін завантаження файлів – дає змогу завантажувати файли, зокрема для читання .txt файлів і квитанцій.

Користувацький інтерфейс із застосуванням теми WordPress для кожної сторінки веб-додатку показано на рис. 3.16.

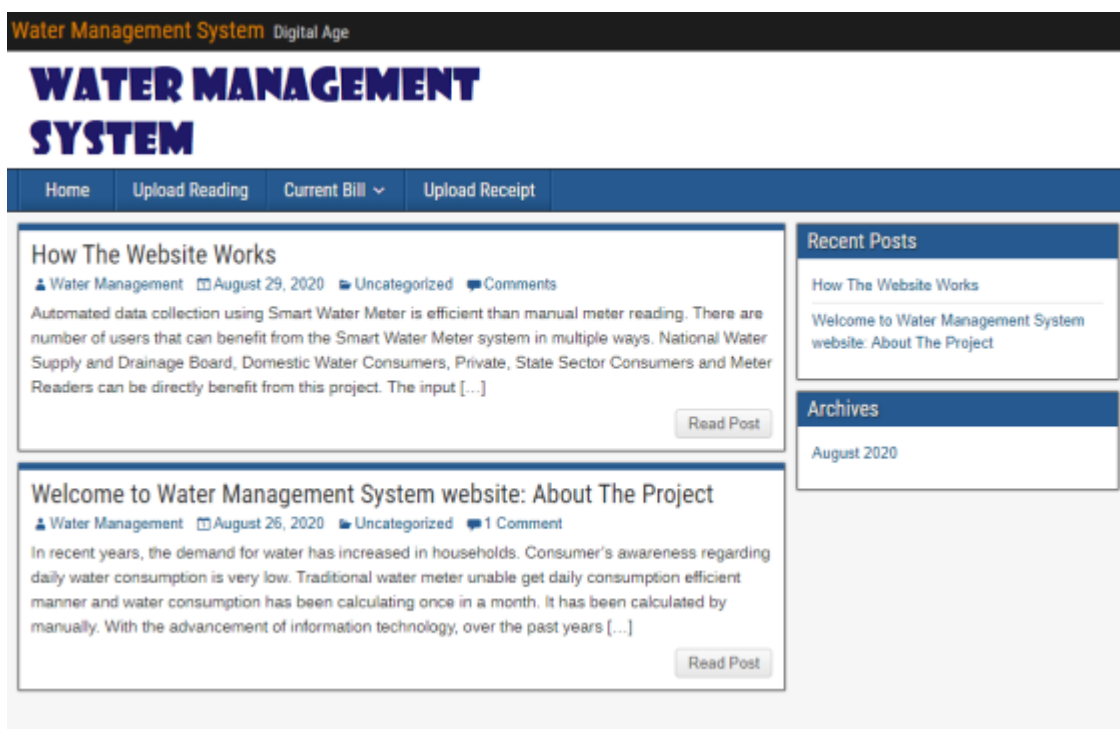


Рисунок 3.16 – Користувацький інтерфейс «Головна сторінка»

Для завантаження показників у вигляді txt файлу використовується однойменний пункт меню, натиснувши на який з’являється сторінка, зовнішній вигляд якої показано на рис. 3.17.

Для того, щоб завантажити файл необхідно пройти ідентифікацію ввівши пароль у відповідне поле.

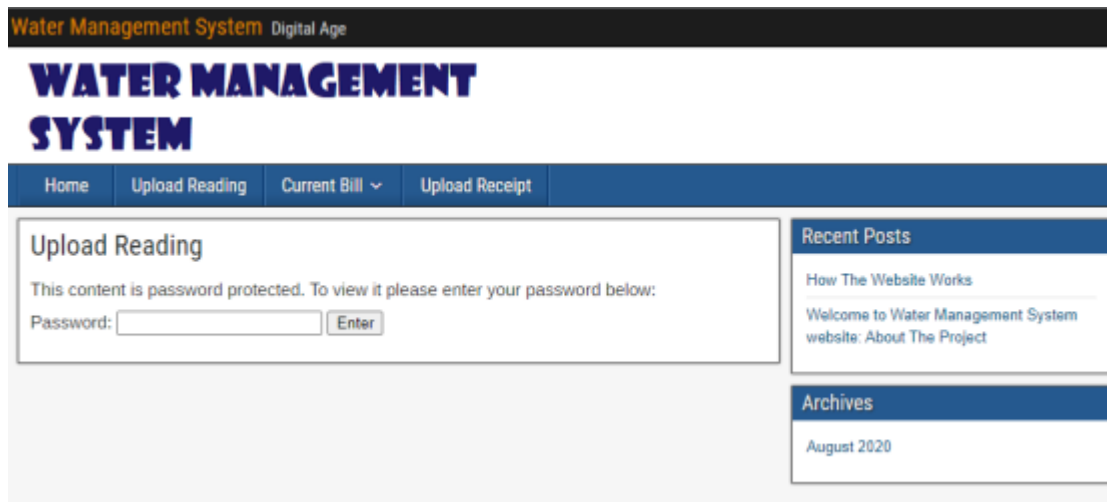


Рисунок 3.17 – Вікно завантаження показників лічильника у вигляді txt-файлу

Після успішної аутентифікації з'являється можливість вибору файлу для завантаження, який розміщений на SD-карті, яка підключена до Arduino Uno. На рис. 3.18 показано скріншот сторінки вибору і завантаження відповідного файлу.

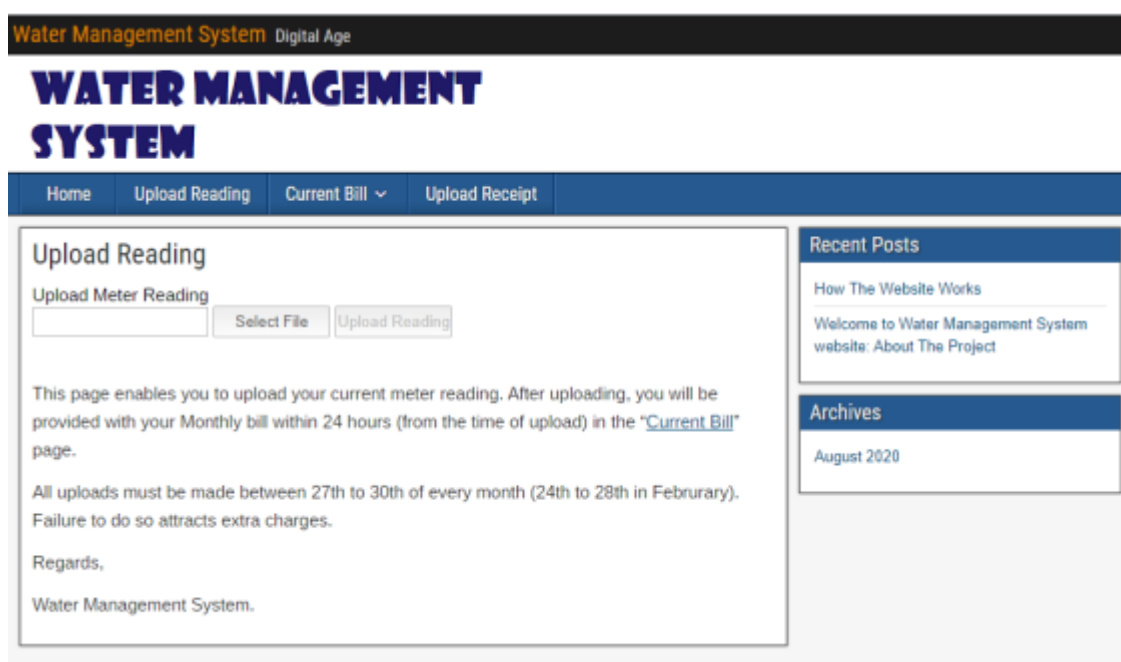


Рисунок 3.18 – Сторінка для завантаження показників при успішній аутентифікації користувача

Для того, щоб споживач міг переглянути показники лічильника и завантажити рахунок створено сторінки, які показано на рис. 3.19 і рис. 3.20 відповідно.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

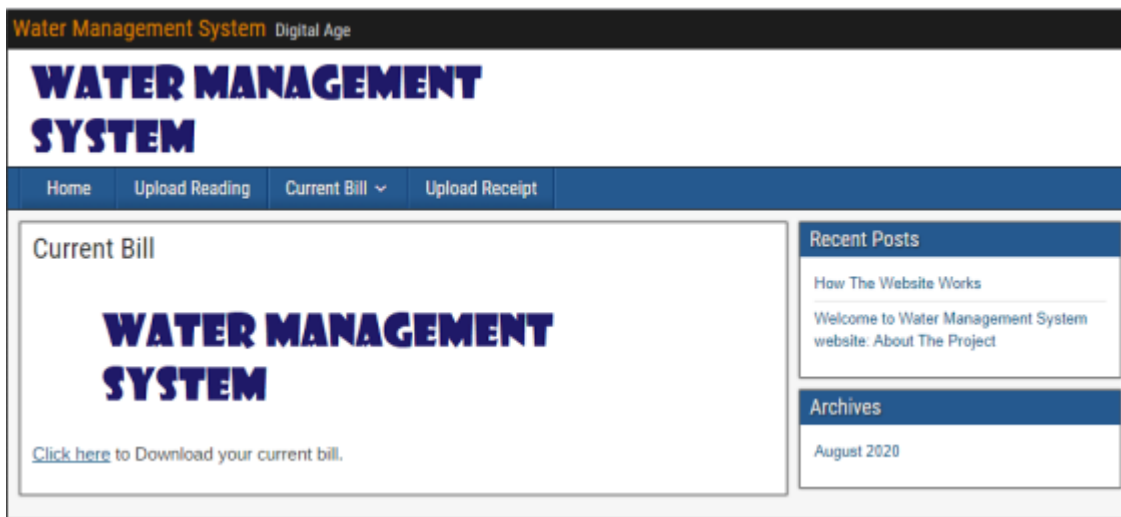


Рисунок 3.19 – Сторінка для завантаження поточних показників лічильників

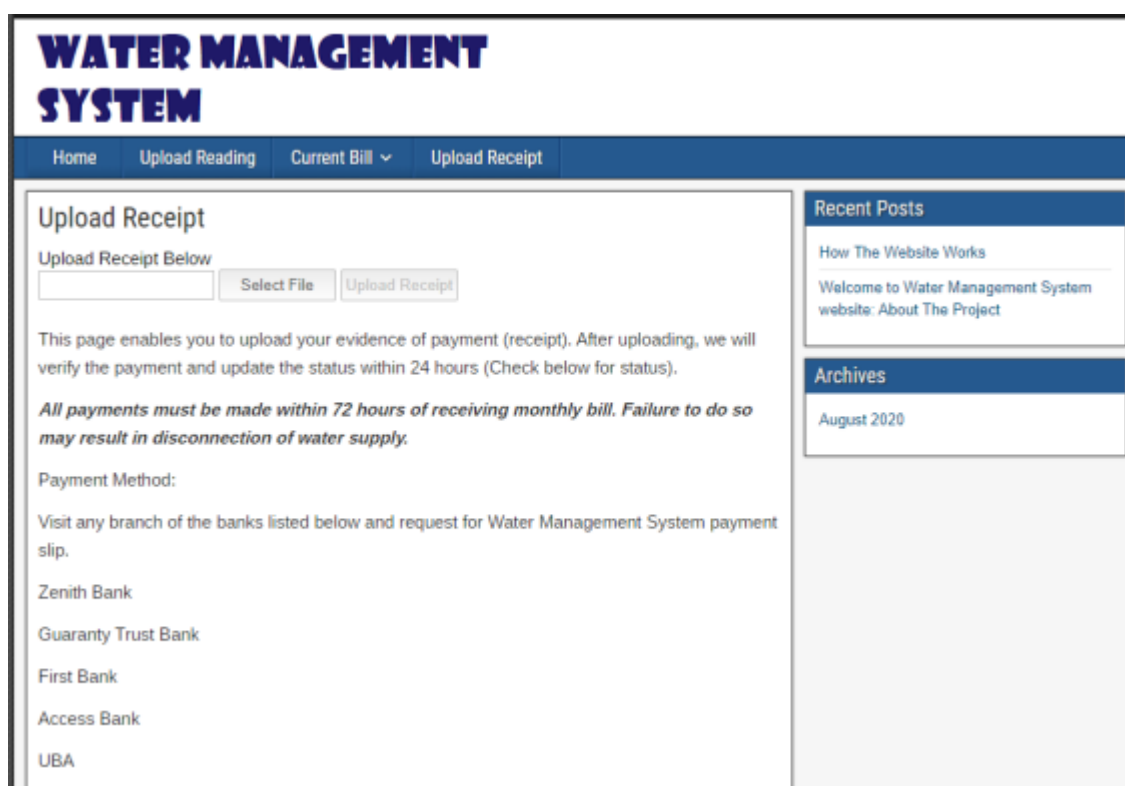


Рисунок 3.20 – Сторінка для завантаження рахунку за спожиту воду

Таким чином, у результаті проведених робіт забезпечено комунікацію між системою на рівні реалізації системи на основі IoT пристроїв та веб-додатком, який є зручним для кінцевого користувача, що в комплексі забезпечило можливість організації системи обліку водопостачання.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Способи проведення штучного дихання та масажу серця

Процедуру штучного дихання необхідно проводити при закупорюванні трахеї та бронхів блювотними масами, згустками крові (при пораненні ший, обличчя), водою при утопленні не надходить повітря до легень. Крім того, дихання може припинитися, коли людина непритомніє і через розслаблення м'язів у неї западає корінь язика, прикриваючи вхід у гортань; при порушенні функції центру дихання внаслідок тяжких черепно-мозкових травм, крововиливу в мозок, множинних переломів ребер; при ушкодженні легень і плеври. У потерпілого з'являється спочатку блідість, потім синюшність шкірних покривів обличчя. Дихальні рухи прискорюються, стають нерегулярними (іноді рідшають), а через деякий час, якщо не буде подано потрібної допомоги, припиняються зовсім.

У таких випадках, перевіряють порожнину рота і пробують відновити прохідність верхніх дихальних шляхів. Для цього вказівним пальцем, обмотаним бинтом чи носовою хусточкою, звільняють рот від блювотних мас, слизу, згустків крові, виймають знімні зубні протези. Коли запав язик, голову потерпілого слід повернути набік і підтримати щелепу.

Коли ж потерпілий не дихає, треба перевірити, чи не припинилася в нього серцева діяльність, і негайно розпочати штучне дихання. Для цього його кладуть спиною на жорстку поверхню, підмостивши під лопатки зроблений з одягу валик. Потерпілого розгинають і закидають його голову назад так, щоб максимально відвести підборіддя від грудної клітки, розстібають комір і пояс, що утруднюють дихання.

					КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Тоушкін П.В.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив.		Яцишин В.В.					58		
Консульт.		Пилипець М.І.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.							
Затверд.		Осухівська Г.М.							

Найефективнішим способом штучного дихання є вдування повітря в ніс або рот потерпілого. Такий спосіб називають «рот до рота» або «рот до носа». У ніс вдувають повітря тоді, коли у хворого ушкоджені губи, нижня або верхня щелепа.

Штучне дихання способом «рот до рота» роблять так. Той, хто надає допомогу, стає на коліна біля голови потерпілого, краще з правого боку, і кладе ліву руку на його лоб, затискуючи пальцями йому ніс; прикривши рот потерпілого марлею або носовою хусточкою, робить глибокий вдих, а потім, притиснувши рот до рота потерпілого, вдуває в нього повітря, роблячи енергійний видих. Внаслідок такого вдування, що замінює вдих, повітря надходить у легені потерпілого. Згодом завдяки еластичності легеневої тканини і грудної клітки настає пасивний видих. При цьому рот потерпілого повинен бути відкритий. Вдувати повітря слід ритмічно, з однаковим інтервалом, 15...20 разів на хвилину [20].

Так само роблять штучне дихання способом «рот до носа», тільки повітря вдувають через ніс, а рот потерпілого закривають. Ефективність штучного дихання підвищується, коли застосовувати спеціальні S-подібні повітроводи, що забезпечують прохідність верхніх дихальних шляхів.

Штучне дихання слід виконувати доти, доки у потерпілого не відновиться самостійне ритмічне дихання. Якщо штучне дихання розпочинають робити своєчасно і проводять його правильно, то самостійне дихання відновлюється через 1...2 хв [20].

Робити штучне дихання нелегко. Той, хто надає допомогу, особливо при надто енергійному вдуванні повітря, може навіть відчувати запаморочення, слабкість і знепритомніти. Тому бажано, щоб приблизно через кожні 60 с особи, які виконують штучне дихання, змінювали одна одну. Це підвищить ефективність допомоги потерпілому.

Часом при тяжких ушкодженнях припиняється дихання і серцева діяльність. Тоді у потерпілого настає так звана клінічна смерть. У нього не промацується пульсація сонної артерії на шиї, не прослуховується серцебиття, припиняється дихання, зіниці розширюються, шкірні покриви й слизові

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оболонки губ синюшні. Через 5...6 хв після настання клінічної смерті відбуваються необоротні зміни в нервових клітинах центрів головного мозку, що керують життєво важливими функціями організму. Внаслідок цього настає біологічна смерть. З клінічної смерті потерпілого можуть вивести лише негайні (не пізніш як через 4...5 хв після її настання) й енергійні заходи, спрямовані на відновлення серцевої діяльності та дихання. З цією метою роблять штучне дихання і непрямий (закритий) масаж серця.

Роблячи непрямий масаж серця, потерпілого кладуть спиною на тверду поверхню. Той, хто на дає допомогу, стає на коліна збоку (краще справа) біля потерпілого і, поклавши кисті рук одну на другу в нижній час тині груднини, робить енергійний поштовх, натискуючи на груднину так, щоб вона зміщувалася приблизно на 4...5 см у напрямі до хребта. При цьому стискується серце між грудниною і хребтом, кров із порожнини серця виштовхується в кровоносні судини. Оскільки стінка грудної клітки еластична, то вона повертається у вихідне положення, а порожнини серця наповнюються кров'ю. Поштовхи слід робити ритмічно, близько 60 разів на хвилину.

Непрямий масаж серця поєднують із штучним диханням. Щоправда, це потребує чималих зусиль. Тому бажано, щоб потерпілим у стані клінічної смерті допомогу надавали двоє: один робить непрямий масаж серця, другий — штучне дихання. Після кожного вдування повітря в легені потерпілого чотири рази натискують на груднину. Під час вдування повітря не можна стискувати грудну клітку. Непрямий масаж серця і штучне дихання звичайно може робити й одна людина. У такому разі після кожного вдування повітря в рот або в ніс натискують чотири рази на груднину.

Показником ефективності непрямого масажу серця і штучного дихання є порожевіння шкірних покривів, звуження зіниць, поява на великих артеріях (стегновій, сонній) синхронно натискуванню на груднину пульсових поштовхів і, нарешті, відновлення самостійного дихання й серцебиття. Непрямий масаж серця і штучне дихання слід проводити до відновлення серцевої діяльності й дихання. Коли вони не дають ефекту, то їх припиняють тільки після огляду потерпілого медичним працівником.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини

ДСН 3.3.6.037 – 99 „Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку” визначає допустимі рівні впливу різних видів шуму на організм людини.

Ультразвук представляє собою механічні коливання пружного середовища і відрізняються від звукових хвиль більш високою частотою, що перевищує верхній поріг чутності. Ультразвукові хвилі поширюються в будь-якому пружному середовищі (рідкому, твердому, газоподібному), краще в металах, воді, гірше в повітрі. При проходженні в різних середовищах ультразвукові хвилі по різному поглинаються ними. Абсорбційні властивості м'язової тканини вище жирової, в сірій мозковій речовині поглинання майже в два рази вище, ніж в білій. Найбільше поглинання спостерігається в кістковій тканині, найменше – в спинномозковій речовині.

Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища, причому термічний ефект посилюється з підвищенням частоти коливань. Також при проходженні ультразвуку в рідині виникає ефект кавітації (пароутворення та наступного схлопування бульбашок пари з одночасною конденсацією пара в струмі рідини, що супроводжується шумом та гідравлічними ударами, утворення в рідині порожнин, які заповнюються паром самої рідини). З цим явищем пов'язана механічна дія ультразвуку. Утворення кавітаційних порожнин супроводжується появою на поверхнях електричних зарядів, що викликають люмінесцентне світіння, іонізацію молекул води. З цими явищами пов'язані хімічні ефекти — окислювальна дія ультразвуку, прискорення хімічних реакцій, руйнування органічних сполук.

Вищезазначені прояви дії ультразвуку широко використовується в багатьох галузях промисловості для інтенсифікації процесів хімічного травлення, нанесення металевого покриття, очищення, змивання та знежирення деталей і виробів, дефектоскопії (оцінка якості зварних швів, структури сплаву).

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За способом передачі від джерела до людини ультразвук поділяють на: повітряний (передається через повітря) та контактний (передається на руки людини, що працює через тверде чи рідинне середовище).

За спектром ультразвук поділяють на: низькочастотний (коливання частотою від $1,2 \times 10^4$ до $1,0 \times 10^6$ Гц, що передаються людині повітряним чи контактним шляхом) та високочастотний (коливання частотою від $1,0 \times 10^5$ до $1,0 \times 10^9$ Гц, що передаються людині тільки контактним шляхом).

Параметрами повітряного ультразвуку, що нормуються у робочій зоні, є рівні звукового тиску в третинооктавних смугах з середньгеометричними частотами 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 63,0; 80,0; 100,0 кГц. Для контактного ультразвуку параметром, що нормується, є пікове значення віброшвидкості в частотному діапазоні від 0,1 МГц до 10,0 МГц або його логарифмічний рівень. Допускається, також, застосовувати як параметр інтенсивність ультразвуку.

Ультразвук, так само як і інфразвук, орган слуху людини не сприймає, однак він може спричиняти біль голови, загальну втому, розлади серцево-судинної та нервової систем. При клінічному обстеженні може бути виявлений астеничний синдром. У осіб, що тривалий час зайняті експериментальною роботою на ультразвукових установках, іноді спостерігаються діенцефальні порушення (зниження ваги, різкий підйом вмісту цукру в крові з повільним зниженням до вихідного рівня, підвищення механічного збудження м'язів тощо). Можливі порушення периферичної нервової системи (оніміння, зниження чутливості, гіпергідроз) порушення вестибулярного апарата. Периферичні порушення обумовлені переважно контактним впливом ультразвукових коливань.

Заходи щодо зниження шкідливої дії ультразвуку направляються на обмеження впливу шуму та ультразвуку, що передається через повітря, а також контактним засобом.

У випадку неможливості зниження інтенсивності шуму та ультразвуку в джерелі через повітря, найбільш ефективним є звукоізоляція обладнання (використання звукоізоляційних кожухів, захисних екранів, звукоізованих

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кабін, розміщення ультразвукового устаткування в окремому звукоізовлюваному приміщенні).

Для унеможливлення впливу контактного ультразвуку роботи з коливними рідинними середовищами (завантаження, вивантаження) необхідно проводити при вимкненому джерелі ультразвуку або використовувати для цього спеціальні інструменти, що мають ручки з еластичним покриттям, наприклад, гумовим. Як засоби індивідуального захисту використовують протишумові навушники (дія через повітря) та двошарові рукавички із зовнішнім гумовим шаром (контактна дія).

Згідно з наказом МОЗ № 246 від 21.05.2007 «Про затвердження порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» працівники, які виконують роботи в умовах впливу ультразвуку, підлягають щорічному періодичному медичному огляду з обов'язковим залученням до складу лікарняної комісії невропатолога, офтальмолога, хірурга та проведенням досліджень вібраційної чутливості (за показанням). Обмеженням при прийомі на роботу в умовах впливу ультразвуку (окрім загальних) є хронічні захворювання периферичної нервової системи, а також захворювання артерій, периферичний ангіоспазм.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі реалізовано проект комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі IoT, що дає можливість забезпечити такі важливі функції при споживанні води як:

- автоматизоване отримання точних показників споживання води;
- можливість перегляду значення показників розумного лічильника споживачами та контролерами;
- можливість приймати рішення щодо управління водоспоживанням та водопостачанням;
- проведення аналізу та оцінки споживання води домогосподарствами.

Основним фактором ризику при впровадженні такої системи є забезпечення безперебійного та надійного електроживлення на рівні 5В.

Система може підключатися до звичайної електромережі, а при виникненні збоїв в електропостачанні передбачено використання блоку безперебійного живлення терміном на 2 год.

Комп'ютерну систему спроектовано з використання мікроконтролера Arduino Uno, що забезпечує інтеграцію усіх інших компонентів системи та управління ними.

Для визначення об'єму споживання води використовується сенсор потоку рідини, що працює на основі ефекту Холла та програмне забезпечення для обчислення кількісного значення з врахуванням коефіцієнту калібрування.

Годинник реального часу дає змогу точно фіксувати дату і час, коли виконується запис даних про показники лічильника у текстовий файл.

Модуль ESP8266 використано для забезпечення можливості надсилення даних, збережених на SD-карті за розкладом у хмарне середовище для подальшого відображення даних для споживачів водних ресурсів та контролерів.

Програмне забезпечення на системному рівні реалізовано за допомогою мови програмування C, а високорівневе програмне забезпечення у вигляді веб-додатку – за допомогою фреймворку WordPress та необхідних плагінів.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Webopedia. URL: <http://www.webopedia.com/TERM/W/WiFi.html> (дата звернення: 01.05.2024).
5. Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.
6. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с
7. 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.
8. 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.
9. Плата розробника ESP32-S3R2 Wi-Fi 16МБ 240MHz від Waveshare. URL: <https://arduino.ua/prod5846-esp32-s3-microcontroller-2-4-ghz-wi-fi-development-board-dual-core-processor-with-frequency-up-to-240-mhz> (дата звернення: 10.05.2024).
10. Visual Studio Code in Action. URL: <https://code.visualstudio.com/docs> (дата звернення: 09.05.2024).

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

11. C Programming Language. URL: <https://devdocs.io/c/> (дата звернення: 10.05.2024).

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

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

14. 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 26.04.2024р.).

15. Датчик потоку води Yf-S201. URL: <https://mehanika.net.ua/product/yf-s201-dathik-vodi/> (дата звернення 26.04.2024р.).

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

17. Осухівська Г.М., Тиш Є.В., Тиш Є.В., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

18. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

19. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

20. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

					<i>КС КРБ 123.135.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2024 р

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ВОДОПОСТАЧАННЯ

НА ОСНОВІ ІОТ ПРИСТРОЇВ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 10 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

« ____ » _____ 2024 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

_____ Тоушкін П.В.

« ____ » _____ 2024 р.

Тернопіль 2024

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.135.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тоушкін Петро Вікторович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-408 від 24.04.2024 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 24.04.2024 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2024 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв призначена для автоматизації процесу визначення споживання води домогосподарствами з можливістю формування рахунків та перегляду стану оплати. В основі комп'ютерної системи на апаратному рівні лежить використання мікроконтролерів та відповідних датчиків, які дають змогу фіксувати час та об'єм води, що проходить через трубу.

Комп'ютерна система обліку водопостачання представляє собою сукупність програмного та апаратного забезпечення, яке призначене для автоматизації процесів збору, аналізу та управління даними про водоспоживання. Основні функції такої системи включають:

- облік споживання води: система збирає дані про обсяги використаної води в різних точках мережі водопостачання, таких як будинки, підприємства, громадські установи тощо.

- моніторинг та аналіз: система аналізує зібрані дані для виявлення тенденцій споживання води, ідентифікації можливих витоків або незаконного водоспоживання, а також для прогнозування потреб у воді.
- управління ресурсами: на основі зібраних даних система може допомагати в управлінні водними ресурсами, оптимізації розподілу води, плануванні ремонтних робіт та модернізації інфраструктури;
- рахунки та облік платежів: система допомагає в складанні рахунків за спожиту воду для кінцевих споживачів, а також в обліку платежів та контролі за заборгованістю;
- моніторинг якості води: деякі системи можуть включати модулі для моніторингу якості води, що дозволяє вчасно виявляти проблеми з її якістю та вживати необхідні заходи для їх вирішення;

В цілому, комп'ютерна система обліку водопостачання сприяє ефективному управлінню та збереженню водних ресурсів, забезпечуючи якісне та економічно ефективне водопостачання для населення та підприємств.

2.2 Мета створення системи

Мета створення комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі IoT пристроїв полягає в автоматизації процесу збору показників щодо використання водних ресурсів з подальшим формування рахунків для кінцевих споживачів з врахуванням тарифу на воду.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні задачі:

- дослідження типів і принципів функціонування лічильників води;
- аналіз існуючих рішень автоматизації процесу визначення споживання водних ресурсів;
- вибір та аналіз сенсорів для аналізу та розрахунку об'єму спожитої води;
- обґрунтування вибору мікроконтролера для збору даних та управління процесом обліку водопостачання ;

- обґрунтування вибору годинника реального часу для фіксації часу зняття показників із сенсора потоку води;
- обґрунтування вибору сервера для передачі даних з мікроконтролера у хмарне середовище;
- розробка проекту і структурної схеми апаратного забезпечення комп'ютерної системи обліку водопостачання;
- розробка програмного забезпечення для інтеграції та забезпечення сумісності компонентів системи;
- проектування архітектури комп'ютерної системи на концептуальному рівні з врахування аспектів апаратного і програмного забезпечення;
- розробка веб-додатку для перегляду показників та формування рахунку на оплату послуг з водопостачання.

2.3 Характеристика об'єкту

Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT дозволить краще зрозуміти структуру використання води на рівні споживача послуги та ефективно отримувати дані з лічильника з меншою кількістю втручання у цей процес людини.

Цифровий лічильник води дозволяє отримувати показники в електронному вигляді із меншим впливом людського фактору. Перевагою використання систем обліку водопостачання на основі цифрових лічильників є економія коштів і підвищення ефективності роботи працівників компанії водопостачання.

Інтернет, технологія мобільного зв'язку та інші технології передачі даних дозволяють передавати сигнал на мобільний телефон або кишеньковий пристрій. Ці дані будуть перетворювати інформацію для кращого розуміння моделей споживання води кінцевими отримувача послуги.

Розумні лічильники води можуть утворювати цілі мережі IoT пристроїв, які можна встановити в тисячах домогосподарств для збору періодичних вимірювань, які повідомляються в режимі реального часу.

Основне співвідношення для визначення потоку рідини в трубі визначається добутком площі поперечного перерізу труби на середню швидкість потоку. До факторів, які також мають вплив на швидкість руху можна віднести густину, щільність і тертя рідини у місцях контакту із стінками труби.

Система обліку водопостачання, що проектується у роботі, повинна включати в себе локальну систему вимірювання показників споживання води та систему більш високого рівня, яка одержує дані від локальної і доступна для перегляду та виконання певних дій споживачами.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютерна система обліку водопостачання на основі IoT пристроїв повинна дозволяти виконувати наступні функції:

- можливість вимірювання потоку рідини, яка проходить через трубу у місці встановлення відповідного сенсора;
- автоматизація розрахунку об'єму води на основі даних із сенсора потоку рідини, який працює на основі ефекту Холла;
- можливість фіксації дати і часу у режимі реального часу;
- можливість зберігання даних про час фіксації і показники лічильника води на SD-карті;
- можливість передачі даних у хмарне середовище;
- здатність споживачів переглядати поточні показники лічильника;
- можливість споживачів друкувати квитанції щодо оплати спожитих водних ресурсів;
- здатність контролерів підприємства завантажувати дані з текстового файлу, який зберігається на SD-карті, у хмарне середовище;

- можливість провадження рольової політики при використанні веб-додатку, розміщеного у хмарному середовищі;
- забезпечення зручного та водночас простого користувацького інтерфейсу веб-додатку;
- наявність засобів забезпечення аутентифікації користувача.

3.1.1 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Вимогами до способів та засобів зв'язку між компонентами комп'ютерної системи обліку водопостачання на фізичному рівні є можливість безпосереднього підключення до мікроконтролера Arduino Uno наступних пристроїв:

- датчик потоку води;
- годинник;
- модуль ESP8266 з UDP-сервером;
- модуль SD-карти.

Узгодження пристроїв виконується за допомогою відповідного програмного забезпечення на системному рівні.

На програмному рівні передача даних від сенсорів до мікроконтролера відбувається за допомогою шини I²C.

Надсилання даних у вигляді текстового файлу здійснюється за допомогою UDP-сервера з використанням технології безпроводної передачі даних WiFi.

3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностика комп'ютерної системи обліку водопостачання повинна здійснюватися у відповідності до графіку регламентних робіт та у випадку збою функціональності або відсутності комунікації між пристроями. Діагностичні процедури при цьому передбачають проведення перевірки працездатності апаратної і програмної складової системи.

На апаратному рівні проводяться перевірки щодо встановлення відповідності технічних характеристик пристроїв до визначених у специфікації параметрів. При цьому можуть застосовуватися зовнішні вимірювальні пристрої.

На програмному рівні доцільно проводити тестування кожного окремого компонента, а також перевірку системи в цілому.

3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективами розвитку комп'ютерної системи обліку водопостачання є вдосконалення веб-додатку для збільшення функціональних можливостей щодо сплати рахунків, а також можливості створення і налаштування автоматичних сповіщень щодо споживання води на вимогу користувача.

Серед можливих модернізацій системи на фізичному рівні є використання сенсорів води, які кріпляться на труби іншого діаметра, а також застосування модулів більш швидкої передачі даних за допомогою WiFi.

3.1.4 Вимоги до надійності системи

Надійність комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі IoT характеризується показниками надійності кожного окремо взятого компонента, тобто комплексний показник надійності є сумою всіх інших показників.

Окрім цього, важливим є показник надійності каналів передачі даних як на фізичному рівні, так і на логічному. Це стосується безпроводної передачі даних та організованого каналу зв'язку з мережею Інтернет.

Важливим атрибутом надійності є також точність зняття і розрахунку показників лічильника води з врахуванням коефіцієнту калібрування та фіксації часу.

3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основні функції і задачі, які покладені на комп'ютерну систему обліку водопостачання полягають у точному і своєчасному фіксуванні показників лічильників та передачі їх у хмарне середовище.

Також важливим є забезпечення авторизованого доступу споживачів води до показників лічильників з використанням веб-додатку з можливістю перегляду поточного стану та друку квитанцій за спожитий ресурс

3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи обліку водопостачання на основі IoT включає в себе:

- сенсор вимірювання потоку води YF-S201;
- годинник реального часу DS3231;
- WiFi-модуль ESP8266;
- модуль SD-карти;
- мікроконтролер Arduino Uno.

3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Вимогами до програмного забезпечення для реалізації керування сенсорами системи обліку водопостачання на рівні мікроконтролера є сумісність з Arduino Uno, тому доцільно використовувати середовище Arduino IDE і мову програмування C.

Для реалізації веб-додатку доцільно використовувати фреймворк WordPress, який підтримує технологічний стек PHP, JavaScript, HTML, CSS, MySQL, а також володіє множиною плагінів, які можна застосовувати, як повторно використовувані компоненти.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу;

1 Архітектура комп'ютерної системи обліку водопостачання на концептуальному рівні.

2 Принцип застосування сенсора потоку води на основі ефекту Холла.

3 Схема підключення компонентів системи до Arduino Uno.

4 Алгоритм розрахунку споживання води.

5 Use case діаграма при використанні веб-додатку.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ Етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка і затвердження технічного завдання	24.04-27.04.2024
2	Аналіз технічного завдання	28.04-03.05.2024
3	Аналіз розумних систем моніторингу рівня споживання води	05.05-08.05.2024
4	Проектування системи обліку водопостачання на основі IoT	08.05-18.05.2024
5	Налаштування та розробка програмного забезпечення системи водопостачання	18.05-25.05.2024
6	Розробка інструкцій щодо використання комп'ютерної системи	26.05-05.06.2024
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	05.06-10.06.2024
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.06-14.06.2024
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.06-19.06.2024
10	Захист кваліфікаційної роботи	24.06-27.06.2024

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.