

Мікроконтролерна Система Моніторингу Якості Води

Володимир Грига

кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна
v.dr_2000@ukr.net

Андрій Терлецький

кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна
andrii.terletskyi@pnu.edu.ua

Ігор Когут

кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
Прикарпатський національний університет імені Василя
Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна
ihor.kogut@pnu.edu.ua

Артур Воронич

кафедра комп'ютерних систем і мереж
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
Івано-Франківськ, Україна
a.voronych@nung.edu.ua

Microcontroller Water Quality Monitoring System

Volodymyr Hryha

Department of Computer Engineering and Electronics
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
v.dr_2000@ukr.net

Ihor Kohut

Department of Computer Engineering and Electronics
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
Ihor.kogut@pnu.edu.ua

Andrii Terletsky

Department of Computer Engineering and Electronics
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
andrii.terletskyi@pnu.edu.ua

Artur Voronych

Department of Computer Systems and Networks,
Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas
Ivano-Frankivsk, Ukraine It_mychailo@ukr.net,
a.voronych@nung.edu.ua

Анотація — Визначено основні особливості вимірювання якості води на основі систем Інтернет речей. Проаналізовано основні характеристики якості води та їх вплив на здоров'я людини. Розроблено апаратну та програмну частину мікроконтролерного пристрою визначення, аналізу та моніторингу якості води. Обґрунтовано вибір основних датчиків, які дозволяють виміряти температуру води, кислотність, мутність, мінералізацію та координати місця розташування водойми. Запропоновано алгоритми роботи пристрою при одиничному та періодичному вимірюванні показників води. Розроблено користувацьку та адміністративну частини веб сайту, який відображає результати вимірювань води та дозволяє перегляд статистики за вибраними параметрами у вигляді графіків та діаграм.

Abstract— The main features of water quality measurement based on the Internet of Things systems are determined. The main characteristics of water quality and their impact on human health are analyzed. The hardware and software of a microcontroller

device for determining, analyzing and monitoring water quality are developed. The choice of the main sensors that allow measuring water temperature, acidity, turbidity, mineralization, and the coordinates of the location of the reservoir is substantiated. The algorithms of the device operation for single and periodic measurement of water parameters are proposed. The user and administrative parts of the website have been developed, which displays the results of water measurements and allows viewing statistics on selected parameters in the form of graphs and diagrams.

Ключові слова— *якість води; Інтернет речей; мікроконтролер; датчик; алгоритм; мінералізація; температура; кислотність.*

Keywords — *water quality; Internet of Things; microcontroller; sensor; algorithm; mineralization; temperature; acidity.*

I. ВСТУП

Якість водних ресурсів – це важливе питання сучасного суспільства. Ріки, озера та інші водойми все більше забруднюються із збільшенням чисельності людей і промислового виробництва. Для моніторингу якості води потрібно використовувати портативні автономні пристрої, або перевіряти зразки рідин в лабораторіях [1]. Розвиток бездротового зв'язку створює нові можливості для сфери розробки і використання малорозмірних датчиків. Такі датчики мають колосальні можливості для екологічних застосувань. Інтернет речей (IoT) дозволяє підключатися між різними пристроями з можливістю обміну та збору даних [1-4]. IoT також розширює свої можливості на екологічні проблеми допомагаючи галузі автоматизації. Оскільки вода є однією з основних потреб людського виживання, необхідно включити певний механізм для моніторингу якості води в певні проміжки часу. Моніторинг якості води — це економічно вигідна та ефективна система, призначена для моніторингу якості питної води, яка використовує технологію Інтернету речей (IoT).

Метою даної публікації є розробка апаратно-програмного пристрою для аналізу якості води. Пристрій повинен містити декілька датчиків для вимірювання різних параметрів, таких як значення рН, мутність води, температура та рівень мінералізації, а також мікроконтролер, який керує роботою цих датчиків. Отримані дані надсилаються в хмару і переглянути їх можна на розробленому веб-сайті.

II. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

Відомі наступні характеристики якості води, до яких відносять: окислюваність, РН, жорсткість та мінералізація [5,6].

Окислюваність показує кількість кисню в міліграмах, необхідного для окислення органічних речовин, що містяться в 1 дм води [5].

Води поверхневих та підземних джерел мають різну окислюваність - у підземних вод величина окислюваності незначна, за винятком болотяних вод та вод нафтових родовищ. Окислюваність гірських рік нижче, ніж рівнинних. Найбільша величина окислюваності (до десятків мг/дм³) — біля річок із живленням болотяними водами. Величина окислюваності закономірно змінюється протягом року. Окислюваність характеризується декількома величинами - перманганатною, біхроматною, йодатною окислюваністю (залежно від того, який окислювач використовується). Це комплексний показник, що більшою мірою залежить від концентрації у воді іонів кальцію і магнію. Кількісно вимірюється в мг-екв/л (міліграм-еквівалент на літр). Вода глибоких підземних джерел має більшу жорсткість (8-10 мг-екв/л), а поверхневих джерел - відносно невелику (3-6 мг-екв/л).

РН або негативний логарифм концентрації іонів водню є основною характеристикою якості води, оскільки іони водню впливають на багато хімічних реакцій. Оскільки розчинений вуглекислий газ є кислим, дощова вода,

насичена цим газом, є природно кислою - зазвичай приблизно 5-6 рН

Мінералізація води показує вміст у питній воді розчинених солей та вимірюється в мг/дм³. Мінералізація питної води впливає не лише на смак страв, приготованих на основі води, а й на здоров'я людей в цілому. Поверхневі джерела водопостачання характеризуються невисокою мінералізацією, а підземні води мають високий солевміст.

Жорсткість та мінералізація [6] – це взаємопов'язані, але різні поняття. Розчинені у воді солі кальцію та магнію роблять її жорсткою. Рекомендована межа мінералізації питної води – 1000 мг/л. Підвищення солевмісту погіршує смакові якості води - вона стає гіркою або надмірно солоною.

III. РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ПРИСТРОЮ

Для того, щоб визначити параметри води чи якихось речовин потрібно розробити систему, що буде знімати дані з датчиків і відображати їх на доступному ресурсі. На сьогоднішній день існують багато пристроїв для хімічного аналізу водних ресурсів. Одні з найпростіших і дешевих є портативними, здебільшого вони призначені для особистого побутового використання. З їх допомогою можна виміряти температуру і рівень мінералів у воді з-під крану, криниці, джерелі чи в акваріумі. Вони не дуже точні, але є не дорогими і доступними для таких сценаріїв вимірювання.

Інша група стаціонарних приладів призначена для точних аналізів зразків води в лабораторіях. Спектр хімічного вимірювання в них набагато більший і датчики набагато точніші. Датчики використовуються значно кращої якості вимірювання ніж в портативних, але і ціна, відповідно, теж в рази більша. Також вони можуть вимірювати значно більше характеристик рідин.

Інша група стаціонарних приладів призначена для точних аналізів зразків води в лабораторіях. Спектр хімічного вимірювання в них набагато більший і датчики набагато точніші. Датчики використовуються значно кращої якості вимірювання ніж в портативних, але і ціна, відповідно,

На рис. 1 зображено функціональну схему моніторингу якості води, яка розроблена в середовищі Frithing.

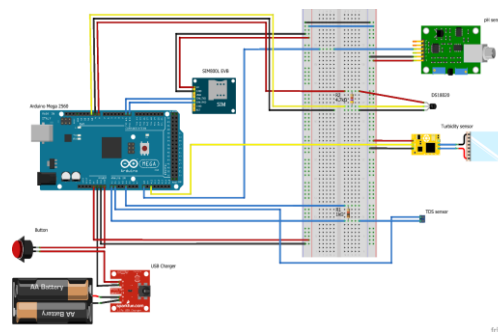


Рис. 1. Функціональна схема моніторингу якості води.

Структура мікроконтролерної системи якості води містить наступні компоненти: мікроконтролер Arduino Mega 2560; рН давач (PH Meter-4502G); температурний давач (DS18B20); давач мутності; давач мінералізації; GPS модуль (SIM800L EVB); дві акумуляторні батареї по 3,7В; модуль для зарядки акумуляторних батарей TP4056; кнопку для перемикавання; 3 резистори на ІКОМ; 1 резистор на 4.7Ком та 2 світлодіоди.

IV. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ ПРИСТРОЮ

Програмна частина системи реалізована у вигляді веб-сайту, який складається з користувацької та адміністративної частини [7,8]. Структурна схема взаємодії апаратної та програмної частини подана на рис. 2.

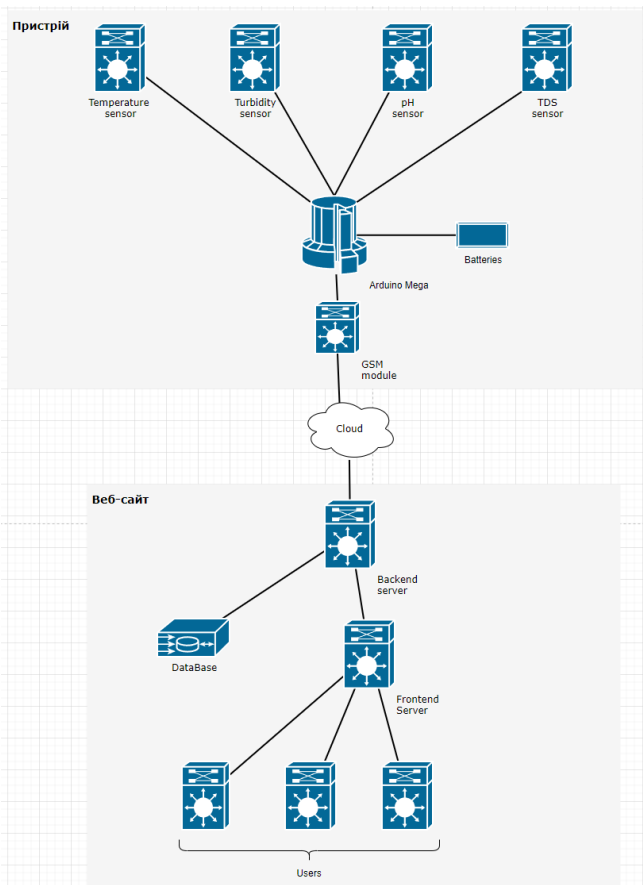


Рис. 2. Структурна схема взаємодії апаратної та програмної частини системи.

При одноразовому вимірюванні принцип роботи починається із ввімкнення пристрою, він видає сигнал успішного запуску і запускає таймер на 2 хвилини протягом яких необхідно помістити його у воду чи зразок рідини (рис. 3). Після того, як час вийшов починається обробка даних. Зчитування показників з давачів відбувається достатньо швидко – до 1 секунди. Далі мікроконтролер обробляє дані, що теж відбувається швидше 1 секунди, тоді надходить черга до GSM модуля

відправити дані через мережу Інтернет. Його частка часу в циклі роботи програми займає найбільше часу. Спочатку він повинен ініціалізувати SIM-картку і GSM-мережу, отримати інформацію про поточне місцезнаходження і тільки тоді відправляти дані на сервер. Після того як пристрій відправив інформацію на корпусі загоряється зелений світлодіод, що свідчить про успішність роботи і вже після цього можна його вимикати. Коли сервер отримує дані, то обробляє їх, зберігає в базі даних і відображає на сайті. До результатів вимірювання доступ є у всіх користувачів, а редагування чи видалення якоїсь інформації може проводити адміністратор або власник свого пристрою. Кожен власник має доступ до редагування результатів тільки своїх пристроїв.

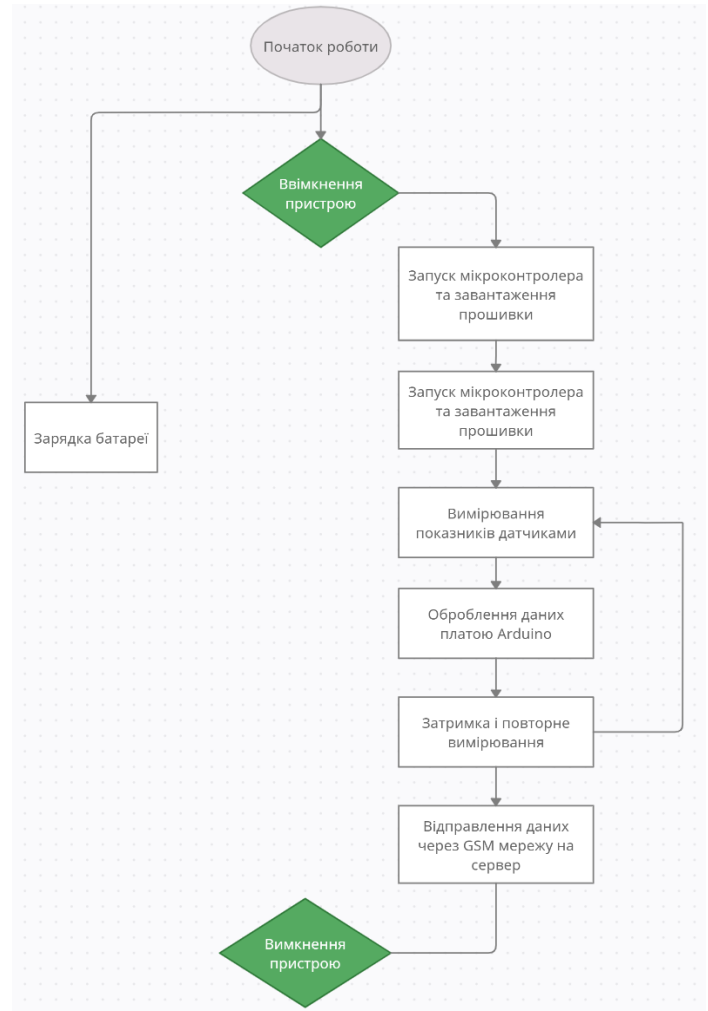


Рис. 3. Блок-схема роботи пристрою при одиничному вимірюванні.

Інший сценарій – це періодичний аналіз коли пристрій знаходиться в якомусь резервуарі. Наприклад, потрібно декілька разів в день проводити виміри характеристик води. Для ефективного використання ресурсів батарей потрібно розробити режим сну для пристрою. Такий режим є просто необхідним для такого виду пристрою, тому що його потрібно встановити у потенційно важкодоступне

місце і він повинен автономно працювати довгий час без людського втручання.

Для такого сценарію потрібно написати спеціальну прошивку, яка буде періодично вмикати датчики, знімати з них показання далі відправляти інформацію на сервер і після цього відключати їх, щоб не використовувати електроенергію батарей. Також потрібно переводити мікроконтролерну плату в режим сну для зменшення електроспоживання.

Порівняно з попереднім одиночним вимірюванням, цей сценарій потребує значно більшої роботи. Початок алгоритму крок у крок такий самий включно з вимірюванням, далі замість вимкнення пристрою він входить в режим сну. Очікування до наступного вимірювання програмується в залежності від побажань користувача. Вказується кількість вимірів на добу і в залежності від цього буде визначатись час режиму сну.

Сервер написано за допомогою веб-фреймворку Django мови Python. Цей фреймворк має вбудовану потужну адміністративну панель.

Після отримання інформація обробляється валідаторами, щоб уникнути помилок чи випадкових результатів. Відбувається перевірка чи не було отримано якихось аномальних результатів, якщо ж, наприклад, температура визначена в «-179 °C», або рівень мінералізації переходить межу 10 000 одиниць, то користувачу відобразиться, що з пристроєм щось не так. Отримана широта і довгота також звіряється з попередніми показниками через можливі неполадки з GPRS сигналом. Додатково зберігається дата і час отримання. Це все прикріплюється до унікального ідентифікатору пристрою.

Після такої обробки дані зберігаються в базу даних, звідки її може використати і відобразити фронтенд частина.

Для прикладу на рис. 4 зображено основну сторінку веб-сайту де показано вибраний пристрій і його показники.



Рис. 3. Відображення результатів вимірювання якості води на веб-сайті.

Вибравши пристрій, можна переглянути статистику вимірювання представлену у вигляді графіків та діаграм.

V. ВИСНОВКИ

В результаті розроблено апаратно-програмну систему для аналізу водних ресурсів, що складається з двох основних частин. Апаратна частина реалізована у вигляді пристрою на базі платформи Arduino ATmega2560 разом з датчиками для вимірювання та GSM модулем для передачі інформації. За допомогою датчиків можна дізнатись про такі характеристики води як: кислотність, температура, мутність та мінералізація. Датчик мінералізації має розширені функціональні можливості та дозволяє вимірювати рівень розчинених солей і мінералів, що може визначати її безпечність для вживання та смакові якості.

Програмна частина системи розроблена з використанням фреймворку Django та бібліотеки React.

Система може застосовуватись при аналізі води, на виробництві для здійснення контролю різних технологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Мельник А.О. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку / Вісник "Комп'ютерні системи та мережі". – Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2014. - С. 154–161 с.
- [2] Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition. MIT Press, 2017. 585 p.
- [3] R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016, 375 p.
- [4] Jan Poesse Wireless challenges in the Ageing in Place Environment / Philips Research, 2015. 37 p.
- [5] Water resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.greenfacts.org/en/water-resources/index.htm#2>
- [6] «Where is Earth's Water?» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/where-earths-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- [7] Django info. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.djangoproject.com/>
- [8] React info. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reactjs.org/>