

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система моніторингу рівня води
у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Олійник Б.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Марценко С.В.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Олійнику Богдану Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4.7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Мікроконтролер Raspberry PI, електрична помпа подачі води, датчик об'єму, платформа Clouid4PI

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

Вступ. 1. Аналіз принципу функціонування кавомашин та вимог до процесу моніторингу за рівнем води 2. Проектування архітектури комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах на концептуальному та апаратному рівні 3. Програмний рівень системи моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Архітектура системи моніторингу рівня води у кавомашинах.

2. Структура типової кавомашини

3. Блок-схема алгоритму моніторингу рівня води у кавомашинах.

4. Діаграма станів системи моніторингу рівня води у кавомашинах

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз принципу функціонування кавомашин та вимог до процесу моніторингу за рівнем води</i>	<i>03.02-04.03</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Проектування архітектури комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах на концептуальному та апаратному рівні</i>	<i>05.03-27.04</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Програмний рівень системи моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень</i>	<i>28.04-20.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>20.05-30.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>30.05-08.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>27.06.2025</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Олійник Богдан Юрійович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яцишин Василь Володимирович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Олійник Б.Ю. Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень: робота на здобуття ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система, моніторинг, вода, кавомашина, сервіс, замовлення.

У кваліфікаційній роботі реалізовано проєкт повноцінної комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у резервуарі кавомашини з можливістю дистанційного формування замовлень. Запропоноване рішення демонструє ефективну інтеграцію апаратних компонентів та програмного забезпечення, орієнтованого на безперервне вимірювання рівня рідини, автоматичне керування помпою та інформування користувача про стан системи.

Результати проєктування свідчать про доцільність застосування IoT-технологій у побутовому середовищі з метою зниження впливу людського фактору, підвищення комфорту та функціональної надійності систем обслуговування. Запропоноване рішення може бути масштабованим і адаптованим для інших потреб, а також слугувати основою для подальших досліджень у галузі автоматизації процесів із використанням доступних платформ на базі мікроконтролерів.

ANNOTATION

Oliinyk B.Yu. Computerized Water Level Monitoring System in Coffee Machines with Remote Order Formation Service: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized system, monitoring, water, coffee machine, service, order.

In the qualification work, a project of a complete computerized system of monitoring the water level in the water tank with the possibility of remote formation of orders is implemented. The proposed solution demonstrates the effective integration of hardware components and software, focused on continuous measurement of fluid level, automatic control of the pump and informing the user about the state of the system.

The results of the design indicate the feasibility of using IOT technologies in the household environment in order to reduce the impact of human factor, increase comfort and functional reliability of service systems. The proposed solution can be scaled and adapted for other needs, as well as serve as a basis for further research in the field of process automation using available platforms based on microcontrollers.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПУ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАВОМАШИН ТА ВИМОГ ДО ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ ЗА РІВНЕМ ВОДИ	9
1.1 Аналіз структури і принципу функціонування побутових кавомашин	9
1.2 Аналіз вимог до системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим формуванням замовлення	13
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ У КАВОМАШИНАХ НА КОНЦЕПТУАЛЬНОМУ ТА АПАРАТНОМУ РІВНІ	21
2.1 Концепція та структура комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах	21
2.2 Центральний контролер управління комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах	23
2.3 Особливості та характеристики електричної помпи Hot Frost A12	25
2.4 Особливості застосування і технічні характеристики ультразвукового сенсора HC-SR04	30
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНИЙ РІВЕНЬ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ У КАВОМАШИНАХ З СЕРВІСОМ ВІДДАЛЕНОГО ФОРМУВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ	37
3.1 Розробка алгоритму функціонування системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим формуванням замовлення	37
3.2 Програмне налаштування ультразвукового сенсора HC-SR04	40

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень		
Розроб.		Олійник Б.Ю.					
Перевір.		Яцишин В.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

3.3	Написання конфігураційного файлу системи моніторингу рівня води.....	43
3.4	Програмний код управління помпою подачі води із зовнішнього резервуару 47	
3.5	Програмне виявлення та фіксація збоїв у роботі системи	50
3.6	Панель керування системи моніторингу рівня води.....	53
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.		56
4.1	Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ	56
4.2	Надзвичайні ситуації, викликані вибухами і способи захисту від них	58
ВИСНОВКИ		63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		64
Додаток А Технічне завдання		

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

Сучасні тенденції в розвитку автоматизованих систем побутового та комерційного призначення вказують на стрімке поширення рішень, заснованих на технологіях Інтернету речей (IoT). Однією з актуальних проблем, з якою зіштовхуються користувачі кавомашин, є необхідність постійного ручного контролю за рівнем води в резервуарі. Незаповнений резервуар перешкоджає приготуванню кави, знижує комфорт експлуатації обладнання, а в комерційних умовах може спричинити простої й невдоволення клієнтів.

У зв'язку з цим, актуальним є створення автоматизованої системи моніторингу, здатної не лише виявляти рівень води в резервуарі кавомашини, але й ініціювати її наповнення з зовнішньої ємності, використовуючи технології інтернету речей. Додаткову цінність проекту створює можливість дистанційного управління та інформування користувача у разі збоїв або досягнення критичних параметрів.

У межах кваліфікаційної роботи необхідно запропонувати апаратно-програмне рішення на базі мікроконтролера Raspberry Pi 3 Model B, ультразвукового сенсора, електричної помпи та хмарного сервісу. Це забезпечить гнучке управління і візуалізацію даних. Система автоматично виявлятиме критичне зниження рівня води, вмикатиме помпу для наповнення резервуара та сповіщатиме користувача про поточний стан кавомашини. Таке апаратно-програмне рішення дозволить не лише підвищити рівень зручності користування кавомашиною, а й слугуватиме прикладом масштабованого підходу до автоматизації побутових пристроїв.

Окрім цього, у системі моніторингу рівня води у кавомашинах необхідно реалізувати логіку віддаленого формування замовлення у випадку, коли спостерігається відсутність води у зовнішній ємності.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПУ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАВОМАШИН ТА ВИМОГ ДО ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ ЗА РІВНЕМ ВОДИ

1.1 Аналіз структури і принципу функціонування побутових кавомашин

Сучасні побутові кавомашини є складними електромеханічними пристроями, в яких реалізовано низку функціональних вузлів для автоматичного приготування кави.

Структура та принцип роботи кавомашин орієнтовані на приготування кавовмісних напоїв. Користувач самостійно може обирати тип напою, а пристрій такого класу має імplementовані програмно керовані блоки, які забезпечують приготування саме обраного напою.

До складу будь-якої кавомашини входить резервуар для води (Water Reservoir). Резервуар – це початкова точка системи. Він зазвичай виготовлений з прозорого пластика для зручного візуального контролю за рівнем води. Об'єм резервуара може коливатися від 0,8 до 2 літрів у побутових моделях. З резервуару вода подається вниз під дією сили тяжіння або створеного тиску через трубку до наступного модуля – зворотного клапана.

Зворотний клапан (One-Way Valve) – це елемент, що забезпечує проходження води лише в одному напрямку – від резервуара до трубки нагрівального модуля. Його основне завдання – унеможливити повернення води назад у бак, що може виникнути при вимкненні помпи або охолодженні системи. Таким чином, зворотний клапан є критичним елементом безпеки й герметичності. На рис.1.1 наведено типову структурну схему такої машини, яка демонструє основні компоненти, які реалізують функції подачі води, її нагрівання, фільтрацію та приготування готового напою.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Олійник Б.Ю.			Аналіз принципу функціонування кавомашин та вимог до процесу моніторингу за рівнем води	Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Яцишин В.В.						9	
Реценз.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.							
Затверд.		Осухівська Г.М.							

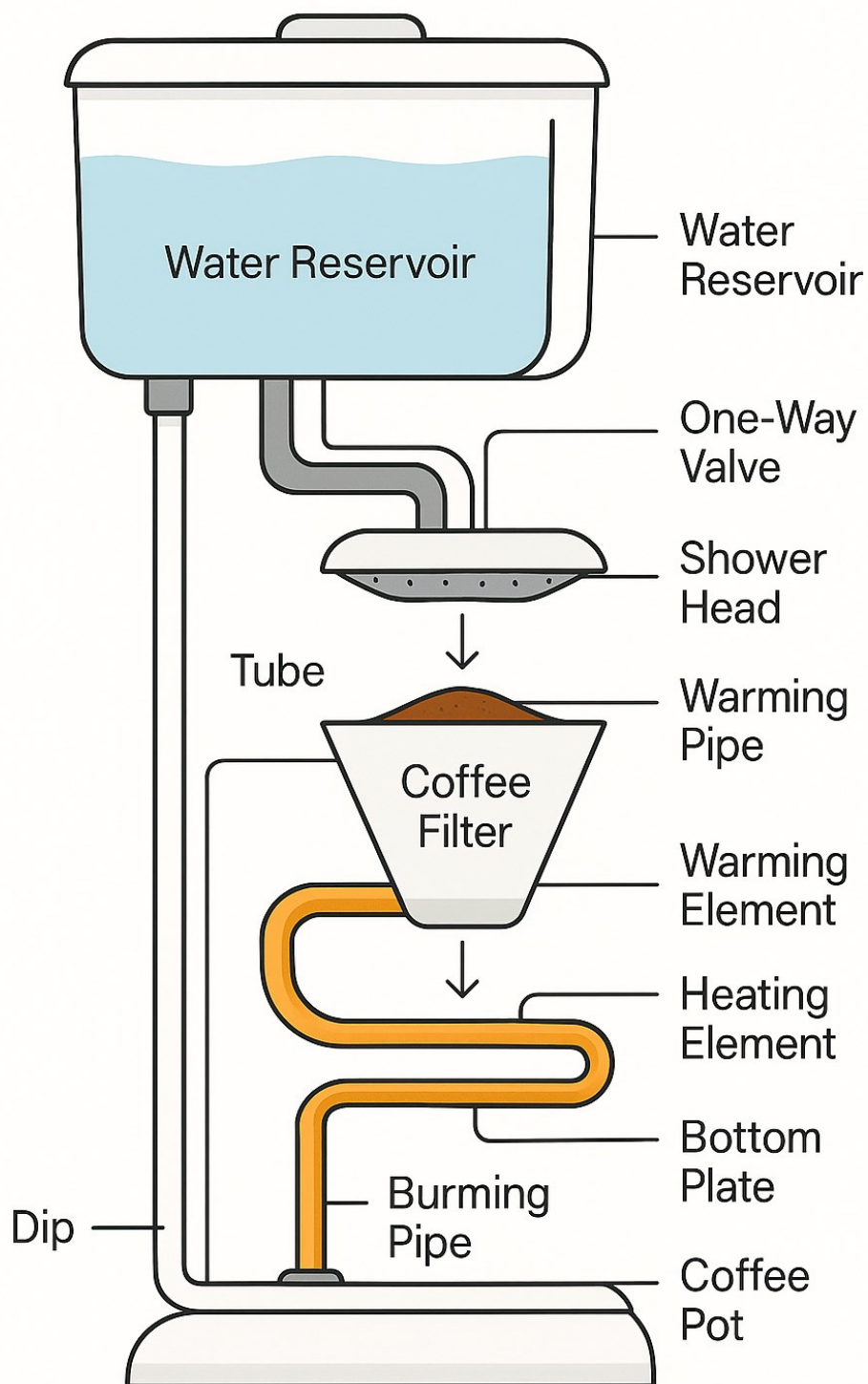


Рисунок 1.1 – Типова структура кавомашини

Як видно з рис. 1.1 до складу кавомашини входить нагрівальний елемент (Heating Element + Warming Pipe).

Цей вузол є серцем кавомашини. Він складається з нагрівального елемента, розташованого під металевою або керамічною пластиною, що замикає контур, через який проходить вода. При подачі напруги, елемент нагрівається до температури 90–96°C – ідеального діапазону для заварювання кави. Важливо, щоб трубка прогрівалась рівномірно, оскільки від цього залежить стабільність температурного режиму.

Після нагріву вода подається через душову головку – отвір із кількома мікродисперсними отворами, які рівномірно розподіляють струмінь води над кавовим фільтром. Така система забезпечує рівномірне змочування меленої кави, що в свою чергу впливає на екстракцію смакових компонентів.

Фільтр кави (Coffee Filter) – це місце, куди завантажуються мелене зерно. Фільтр може бути багаторазовим (металевим) або одноразовим (паперовим). У деяких моделях використовуються капсули. Після проходження гарячої води крізь каву, фільтрат (готовий напій) збирається в кавнику або подається напряму в чашку.

Завершальний етап – це збирання приготованого напою. Кавник виготовляється із термостійкого скла або пластику та розміщується на підігрівачій платформі (Bottom Plate), яка підтримує напій теплим до моменту споживання.

Платформа із вбудованим термонагрівачем дозволяє зберігати стабільну температуру кави впродовж 30–60 хвилин. У більшості моделей її робота автоматично завершується після встановленого таймера або при знятті кавника.

Таким чином, побутова кавомашина є складною системою, у якій кожен вузол виконує свою критично важливу функцію. Її ефективність базується на точному контролі температури, тиску та об'єму води. Саме завдяки інтегрованій взаємодії між модулями забезпечується висока якість приготування напою, зручність та безпека експлуатації.

У сучасному світі інтелектуалізація побутової техніки набуває дедалі більшого значення, особливо в контексті впровадження технологій Інтернету речей (IoT — Internet of Things). Одним із перспективних напрямів такого

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвитку є інтеграція IoT-пристроїв у системи приготування кави, зокрема, кавомашини. Завдяки підключенню кавомашин до інтернет-мережі, з'являється можливість не лише керувати процесом приготування напою дистанційно, але й забезпечити автоматичний контроль стану ключових ресурсів – води та кавових зерен.

У традиційних моделях користувач повинен вручну контролювати наявність води, що часто призводить до переривання роботи, перевитрат енергії або погіршення якості напою через недостатню кількість рідини під час циклу приготування. Впровадження ультразвукових або ємнісних датчиків у комбінації з IoT-модулем (наприклад, ESP32 або Raspberry Pi) дає змогу в реальному часі фіксувати рівень води у резервуарі, передавати ці дані на мобільний застосунок або хмарну платформу та навіть ініціювати автоматичне поповнення, якщо машина обладнана електропомпою.

Окрім води, не менш критичним параметром для функціонування кавомашини є наявність кавових зерен. Існують розробки, які використовують оптичні сенсори, вагові модулі або навіть аналіз вібрації контейнера для визначення кількості зерен у відповідній ємності. Всі ці дані можуть передаватись у мобільний застосунок користувача, дозволяючи завчасно дізнатися про потребу у поповненні сировини. У комерційних середовищах, таких як офіси або кав'ярні самообслуговування, це дозволяє уникнути простоїв, підвищити лояльність клієнтів і зменшити операційні витрати.

Технології IoT відкривають шлях до централізованого управління кавовими пристроями. Адміністратор або технік може мати доступ до статистики роботи кавомашини, переглядати дані про кількість приготованих чашок кави, частоту обслуговування, середню температуру заварювання, тощо. Все це реалізується завдяки сенсорним вузлам, інтегрованим у різні частини кавомашини, які через MQTT-протокол, HTTP або WebSocket передають дані у хмарні системи аналітики.

Сучасні хмарні сервіси, такі як AWS IoT Core, Google Cloud IoT або open-source рішення типу ThingsBoard, дозволяють створити повноцінну панель

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторингу та керування, яка включає динамічні графіки, табличні звіти та автоматизовані тригери. Наприклад, при досягненні критично низького рівня води або зерен, користувач отримає push-сповіщення, а в системі може бути автоматично сформовано замовлення або запит на обслуговування.

У кваліфікаційній роботі пропонується реалізувати систему, в якій Raspberry PI, підключений до ультразвукового сенсора HC-SR04, визначає рівень води в резервуарі. При досягненні мінімального порогового значення повинна активуватися електропомпа, яка дозовано подає воду з зовнішнього бутля. Статус системи повинен відображатися на панелі Cloud4RPi або аналогічному сервісі, а у разі помилки надсилати сповіщення у месенджер або на електронну пошту. Такий підхід дозволяє поєднати простоту апаратної реалізації з потужною гнучкістю хмарної аналітики.

У контексті домашнього використання IoT-інтеграція забезпечує підвищення зручності, автономності та персоналізації користувацького досвіду. Користувач може керувати кавомашиною зі смартфона, запланувати приготування напою до пробудження, а також отримувати рекомендації щодо очищення, заміни фільтра чи наповнення баків. У складніших системах навіть можна налаштовувати параметри приготування (температура, тиск, тривалість) для кожного користувача окремо.

Загалом, застосування IoT-технологій у кавомашинах сприяє створенню інтелектуального середовища, в якому машини не лише виконують завдання, але й прогнозують потреби користувача, реагують на зміни умов і оптимізують процес приготування напою.

1.2 Аналіз вимог до системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим формуванням замовлення

Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень може розглядатися та бути

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізована як частина сучасного комплексу «розумної кухні». Дана система є прикладом впровадження концепції Інтернету речей (IoT) у сфері обслуговування офісів, коворкінгів, а також у домашніх умовах. Основна мета розробки полягає у підвищенні рівня автоматизації процесу приготування кави, зменшенні втручання людини у технічне обслуговування обладнання та запобіганні випадків, пов'язаних з нестачею води в резервуарі кавомашини.

Система забезпечує безперервний моніторинг рівня води у внутрішньому баку кавомашини шляхом використання ультразвукового сенсора HC-SR04, що підключений до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi. На основі аналізу даних про рівень рідини система здатна виявляти ситуації, коли необхідне поповнення води, та активує електричну помпу через реле для автоматичного доливання з зовнішньої ємності. У разі виникнення аномальних ситуацій або збоїв (наприклад, відсутності сигналу сенсора, сухого запуску помпи), система генерує повідомлення та передає їх користувачу за допомогою хмарного сервісу.

Окрім локального автоматичного керування, система підтримує функціонал віддаленого моніторингу та взаємодії із користувачем через вебінтерфейс або мобільний додаток, що дає змогу контролювати стан кавомашини, переглядати рівень води та формувати замовлення на її обслуговування чи поповнення ресурсу. Таким чином, інтеграція IoT-рішень в процес функціонування кавового обладнання підвищує ефективність, зменшує людський фактор і забезпечує передбачуваність в обслуговуванні.

Комп'ютеризована система орієнтована на офісні простори з високим навантаженням на кавомашину, де важливо забезпечити безперебійну роботу техніки без втрати часу на ручне обслуговування. Завдяки модульному підходу, система може бути адаптована до різних моделей кавових апаратів і легко масштабована під потреби організації. У перспективі можливе розширення функціональності системи, зокрема, моніторинг залишків кавових зерен, інтеграція з CRM-системами, ведення статистики споживання води та звітності щодо поповнень.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, призначення системи полягає у створенні сучасного рішення для автоматизації процесу моніторингу, керування та віддаленого адміністрування кавомашини, що забезпечує стабільне функціонування обладнання, економію ресурсів та підвищення зручності для користувачів і персоналу.

Метою створення комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах із сервісом віддаленого формування замовлень є забезпечення безперебійної роботи кавового обладнання за рахунок автоматизації контролю рівня води та інтеграції можливостей дистанційного адміністрування. Система покликана знизити ймовірність зупинки кавомашини через відсутність води, оптимізувати технічне обслуговування та забезпечити комфорт для користувача шляхом мінімізації ручного втручання.

Досягнення зазначеної мети можливе за умови вирішення комплексу наступних задач:

- здійснити аналітичний огляд існуючих рішень для автоматизованого моніторингу стану кавового обладнання, а також інструментів IoT-інтеграції для побутових приладів;
- спроектувати загальну структурну та функціональну архітектуру комп'ютеризованої системи з урахуванням вимог до точності, надійності та масштабованості;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи для реалізації системи, а також електричних і виконавчих компонентів;
- реалізувати програмне забезпечення для зчитування даних з датчика, обробки вимірювань, логіки вмикання помпи та взаємодії з хмарним сервісом для віддаленого моніторингу;
- розробити механізм сповіщення про помилки (наприклад, виявлення відсутності води, збій сенсора) через вебінтерфейс або месенджери;
- провести тестування працездатності системи та оцінити її ефективність за критеріями точності вимірювання, швидкодії реагування та стабільності в довготривалому використанні.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комп'ютеризована система, яка проектується в межах цієї кваліфікаційної роботи, є прикладом сучасного інтелектуального рішення, спрямованого на автоматизацію моніторингу рівня води у побутових та професійних кавомашинах. Проект реалізує концепцію Інтернету речей (IoT) у поєднанні з технологіями сенсорного вимірювання, мікроконтролерного керування, бездротового зв'язку та хмарної аналітики, що дозволяє класифікувати систему як «розумний» пристрій дистанційного керування і діагностики.

Головною функціональною перевагою системи є її здатність у реальному часі визначати рівень води в резервуарі кавомашини без необхідності фізичного втручання з боку користувача. Для цього використовується ультразвуковий сенсор, який встановлюється безпосередньо над резервуаром і вимірює відстань до поверхні води. Обробка отриманих даних здійснюється на мікрокомп'ютері, який, окрім керування сенсором, забезпечує зв'язок із виконавчими елементами системи, зокрема електропомпою, що подає воду з зовнішнього джерела.

На основі визначеного рівня води система приймає рішення про необхідність наповнення резервуара. У випадку виявлення нестачі води, активується електропомпа, підключена через реле. Наповнення виконується до досягнення заданого мінімального рівня. Стан пристрою, а також усі зміни (виявлення порожнього резервуара, запуск/зупинка помпи, помилки сенсора) фіксуються та передаються у хмарний сервіс для подальшого моніторингу.

Для підвищення зручності взаємодії користувача з системою передбачена можливість перегляду поточного стану системи через мобільний застосунок або браузер. Окрім цього, повинна бути реалізована функція відправлення сповіщень (наприклад, через Slack), що інформує користувача про несправності чи потребу технічного втручання.

Мікрокомп'ютер повинен забезпечувати достатню обчислювальну потужність для одночасної обробки сенсорних даних, управління периферією та підтримки мережевих інтерфейсів. Його інтерфейси повинні забезпечити простоту підключення додаткових датчиків (наприклад, рівня кавових зерен,

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури або тиску), що відкриває перспективи подальшого розширення функціональності системи.

Живлення пристрою може здійснюватися як від стандартного мережевого адаптера, так і від зовнішнього акумулятора або безперебійного джерела живлення, що дозволяє розгортання системи в автономному режимі. Конструктивно необхідно передбачити мінімальний набір елементів керування для спрощення експлуатації системи навіть у непрофесійних користувачів.

Вимоги, що висуваються до комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах із сервісом віддаленого формування замовлень, можна умовно поділити на функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги визначають перелік задач, які повинна виконувати система, включаючи зчитування рівня води, керування подачею води за допомогою помпи, формування звітів та повідомлень, а також взаємодію з користувачем у віддаленому режимі. Нефункціональні вимоги стосуються таких аспектів, як надійність, автономність, адаптивність, масштабованість та енергоефективність системи.

Основні функціональні вимоги до системи:

- забезпечення безперервного зчитування рівня води за допомогою ультразвукового датчика;
- аналіз поточних даних та прийняття рішення про запуск помпи у разі досягнення критичного рівня води;
- автоматичне вмикання/вимикання електропомпи через реле за командою з Raspberry Pi;
- передача інформації про стан резервуара у хмарну платформу моніторингу;
- генерація повідомлень у разі аварійних ситуацій (відсутність сигналу датчика, відсутність змін рівня при роботі помпи тощо);
- підтримка віддаленого керування та формування замовлення води на заміну через інтегрований веб-інтерфейс або мобільний застосунок;

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- логування змін стану системи для подальшого аналізу (включення/вимкнення помпи, помилки сенсорів, час реагування тощо);
- можливість ручного перезапуску системи або її окремих компонентів (помпа, сенсор, модуль зв'язку);

Вимоги до системи з програмної точки зору:

- точність визначення рівня води не нижче 95% за стандартних умов експлуатації;
- максимальний час затримки між зміною рівня води та реакцією системи — не більше 2 секунд;
- інтервал між запитами до хмарного сервісу не перевищує 5 хвилин у режимі очікування та 0,5 секунди у активному режимі;
- формування сповіщень про зміну стану у форматі, сумісному зі Slack, або подібними сервісами;
- підтримка аварійного завершення роботи з подальшим збереженням стану системи;
- реалізація модуля самодіагностики з перевіркою працездатності сенсора, помпи, реле та з'єднання з мережею при кожному запуску;
- підтримка динамічного оновлення програмного забезпечення та конфігурацій (наприклад, порогів рівня води);
- забезпечення безпеки передачі даних шляхом автентифікації пристрою в хмарному середовищі;
- мінімальне енергоспоживання у режимі очікування (наприклад, переведення в енергозберігаючий режим з періодичним пробудженням для зчитування показників).

Нефункціональні вимоги:

- надійність: система повинна продовжувати роботу без збоїв протягом тривалого часу (від тижня до місяця) без перезапуску;
- відмовостійкість: у разі втрати зв'язку з мережею система має зберігати поточний стан та повторити передачу даних при відновленні;

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- масштабованість: система повинна легко адаптуватися для керування кількома кавомашинами або групою пристроїв;
- енергоефективність: особливо в автономному режимі при використанні акумулятора або павербанку;
- простота встановлення та конфігурації: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс налаштування та мінімальна потреба у втручанні користувача.

Таким чином, сформульовані вимоги забезпечують основу для проєктування та реалізації надійної, ефективної та розширюваної системи моніторингу води у кавомашинах з можливістю її подальшого вдосконалення.

Для забезпечення коректного функціонування комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води необхідна чітко структурована комунікаційна взаємодія між основними апаратними модулями. Основу інформаційного обміну становить одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3 Model B, який виконує функції керування всіма процесами – від зчитування даних з сенсора до управління електропомпою і передавання інформації у хмарну платформу моніторингу.

Фізичні з'єднання між компонентами реалізуються через високошвидкісні GPIO-інтерфейси, які забезпечують стабільну і малозатратну в енергетичному сенсі комунікацію. Передбачаються такі ключові з'єднання:

- ультразвуковий сенсор HC-SR04 підключається до GPIO-портів (TRIG – вихід, ECHO – вхід), що забезпечує безперервне вимірювання рівня води у резервуарі;
- модуль реле взаємодіє з Raspberry Pi через цифровий вихід, отримуючи сигнал для активації або деактивації електропомпи HotFrost A12, яка виконує подачу води в бак кавомашини;
- Wi-Fi-модуль, вбудований у Raspberry Pi, відповідає за віддалену комунікацію з хмарним сервісом (наприклад, Cloud4RPi) для передачі стану пристрою, а також отримання або надсилання повідомлень через сторонні сервіси (наприклад, Telegram, Slack);
- кнопка керування або індикатор може бути підключена до вільного GPIO-виводу для реалізації ручного перезапуску системи або індикації помилок.

Уся внутрішня логіка системи працює у синхронізації з таймерами та обробкою подій (event-based triggers), що дозволяє мінімізувати навантаження на процесор і скоротити час реакції системи при зміні рівня води.

Для можливого розширення функціональності в подальших версіях системи можуть бути використані інші засоби зв'язку:

- I2C — для підключення додаткових датчиків (температури, вологості, потоку води);
- UART — для під'єднання зовнішнього модуля GSM або модему для автономного підключення до інтернету;
- SPI — для роботи з дисплейними модулями або зовнішніми мікроконтролерами;
- Bluetooth Low Energy (BLE) — для швидкого з'єднання з мобільними додатками без підключення до загальної мережі.

Особливу увагу приділено безперервності обміну даними між сенсором та обчислювальним модулем, оскільки збої в передачі можуть спричинити переповнення резервуара або, навпаки, відсутність наливу, що є критичним з точки зору автоматизації замовлення води. Для цього передбачено дублювання сигналів та перевірку достовірності вимірювань через програмні фільтри (наприклад, BounceFilter).

Така схема забезпечує ефективну взаємодію всіх підсистем, а також закладає основу для модульності та масштабованості розробленого рішення.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ У КАВОМАШИНАХ НА КОНЦЕПТУАЛЬНОМУ ТА АПАРАТНОМУ РІВНІ

2.1 Концепція та структура комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Комп'ютеризована система моніторингу рівня води в кавомашинах є сучасним апаратно-програмним рішенням, призначеним для автоматизації контролю та обслуговування побутових або офісних кавомашин. Архітектура системи базується на використанні ультразвукового сенсора HC-SR04, виконавчого модуля (реле), електричної помпи та обчислювального модуля Raspberry Pi 3 Model B. Усі компоненти тісно взаємодіють між собою для виконання функції автоматичної подачі води при досягненні критичного рівня в резервуарі кавомашини.

На відміну від традиційного користувацького ручного наповнення резервуара, проектована система забезпечує безперервний аналіз рівня води в резервуарі кавомашини. При зниженні води нижче порогового значення сенсор генерує відповідний сигнал, який обробляється Raspberry Pi. У відповідь відбувається активація реле, що вмикає помпу. Остання, у свою чергу, подає воду із зовнішньої ємності до резервуару кавомашини.

Raspberry Pi виступає як центральний контролер, що керує логікою аналізу даних сенсора та управління реле. Для забезпечення високої точності вимірювань пропонується застосувати алгоритм фільтрації показів HC-SR04, що дозволяє усунути вплив шумів, фонових відлунь або помилкових зчитувань.

Архітектура комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах представлена на рис. 2.1.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проектування архітектури комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах на концептуальному та апаратному рівні</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Олійник Б.Ю.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>			<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>21</i>	

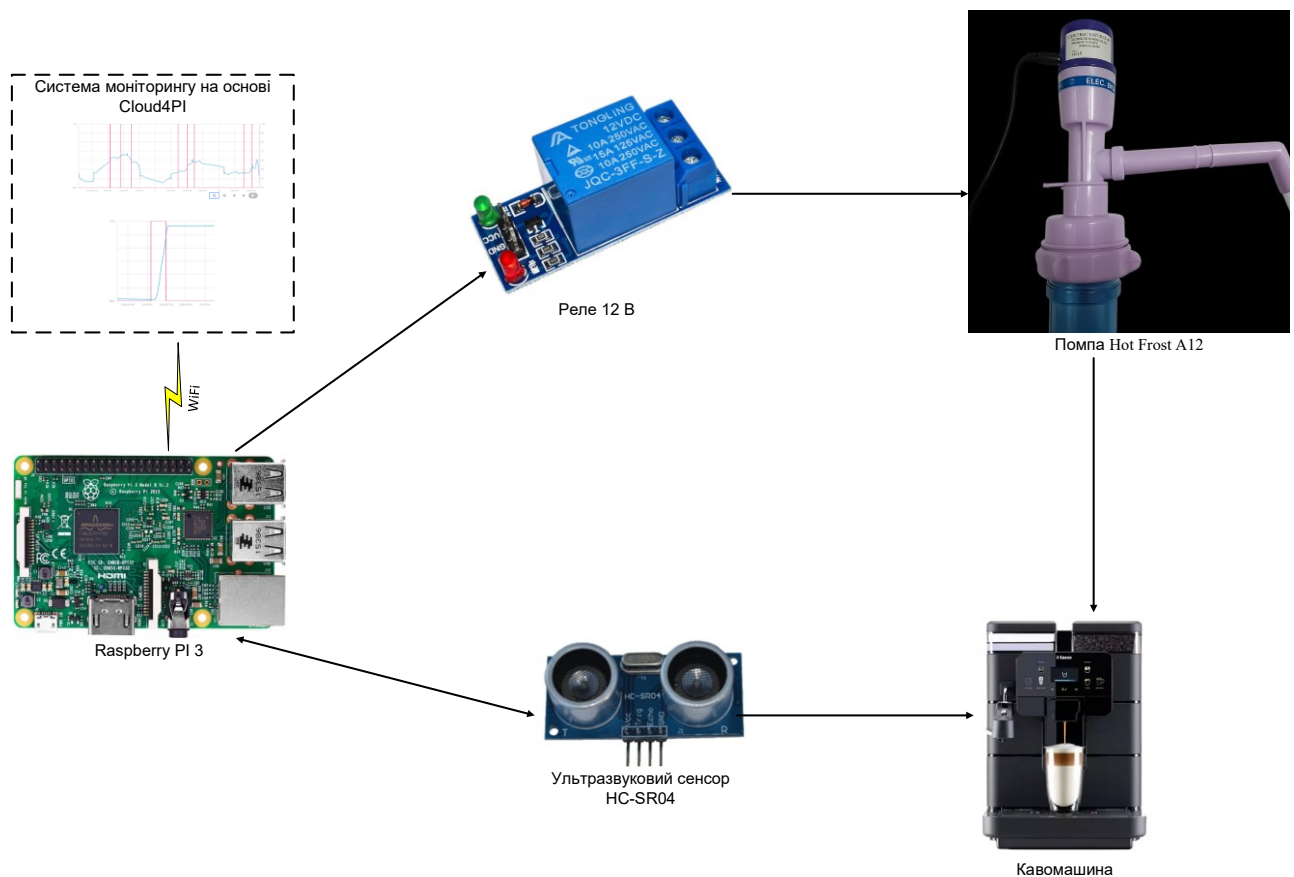


Рисунок 2.1 – Архітектура комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Як видно з діаграми (рис. 2.1), основні модулі системи з'єднані у послідовну схему: ультразвуковий сенсор → Raspberry Pi → реле → помпа → резервуар кавомашини.

У якості джерела живлення використовується стандартний блок живлення microUSB для Raspberry Pi, а помпа отримує напругу через реле безпосередньо з мережі 220В або через адаптований блок живлення 5В/USB-джерело (залежно від модифікації помпи).

Завдяки інтеграції модуля реле, система дозволяє не лише автоматично керувати помпою, але й передбачає аварійне вимкнення в разі виявлення помилок у роботі сенсора або підвищеної частоти спрацювань, що свідчить про витік або поломку.

В майбутньому архітектура системи може бути розширена за рахунок додавання апаратного Wi-Fi-модуля моніторингу, який забезпечить віддалений контроль і повідомлення через інтернет або локальну мережу. Також при

реалізації системи пропонується використати Cloud4PI, що забезпечує користувацький інтерфейс у вигляді віджетів для керування та спостереження за станом кавомашини, а також для сповіщення про помилки чи зміну рівня води.

Таким чином, розроблена система поєднує простоту реалізації, ефективність у виконанні завдань і потенціал до масштабування, що робить її універсальним рішенням для побутового використання або як модуль у складі більш складних автоматизованих платформ.

2.2 Центральний контролер управління комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Для організації системи управління комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим сервісом формування замовлень пропонується використати мікроконтролер на базі Raspberry Pi 3, а саме версії Model B. Даний контролер представляє собою компактний одноплатний комп'ютер, створений фондом Raspberry Pi Foundation, який поєднує в собі високу продуктивність і широкий спектр комунікаційних інтерфейсів. У його основі — 64-бітний процесор ARM з чотирма ядрами, що працює на частоті 1,2 ГГц, доповнений модулем бездротового зв'язку з підтримкою Wi-Fi стандарту 802.11n, Bluetooth 4.1 і BLE.

Як і попередні моделі, Raspberry Pi 3 оснащено 1 ГБ оперативної пам'яті, має чотири USB-порти, HDMI-вихід і 40 GPIO-виводів. Це робить плату універсальним рішенням для розробки інтелектуальних систем і IoT-проектів. Найбільш важливі характеристики з точки зору організації комп'ютеризованої системи моніторингу води у кавомашинах представлено у табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Деякі технічні характеристики Raspberry Pi 3

№	Компонент	Характеристика
Quad-Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU		
1.	Оперативна пам'ять	1 ГБ

№	Компонент	Характеристика
2.	Контролер мережі	BCM43438 wireless LAN and Bluetooth Low Energy (BLE)
3.	Швидкість передачі даних Ethernet	100 Мб/с
4.	Кількість виводів	40 (GPIO)
5.	Кількість USB 2.0 портів	4
6.	Кількість стерео виходів і композитних відеопортів	4 Pole
7.	Camera Serial Interface	Повнорозмірний HDMI CSI порт для підключення відеокамери
8.	Display Serial Interface	Порт для підключення сенсорних екранів
9.	Micro SD port	Можливість підтримки Micro SD карток
10.	Micro USB power port	Порт живлення зі струмом до 2.5 А
11.	Габаритні розміри	85 x 56 x 17 мм

Серцем пристрою є чип Broadcom BCM2837 — ARM Cortex-A53 на 64 біти, оснащений L2-кешем обсягом 512 КБ і графічним прискорювачем VideoCore IV (400 МГц), який підтримує OpenGL ES 2.0, OpenVG і апаратне декодування H.264.

Особливу увагу в Raspberry Pi приділено інтерфейсу GPIO. Він містить 40 універсальних виводів, більшість з яких є програмно конфігурованими. Незмінними залишаються лише деякі системні виводи: живлення 5V та 3.3V, а також заземлення (GND). GPIO-виводи можуть використовуватись як входи або виходи, з напругою до 3.3 В. Перевищення цього рівня може пошкодити плату. На рис. 2.2 представлено структуру і порти Raspberry Pi 3.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

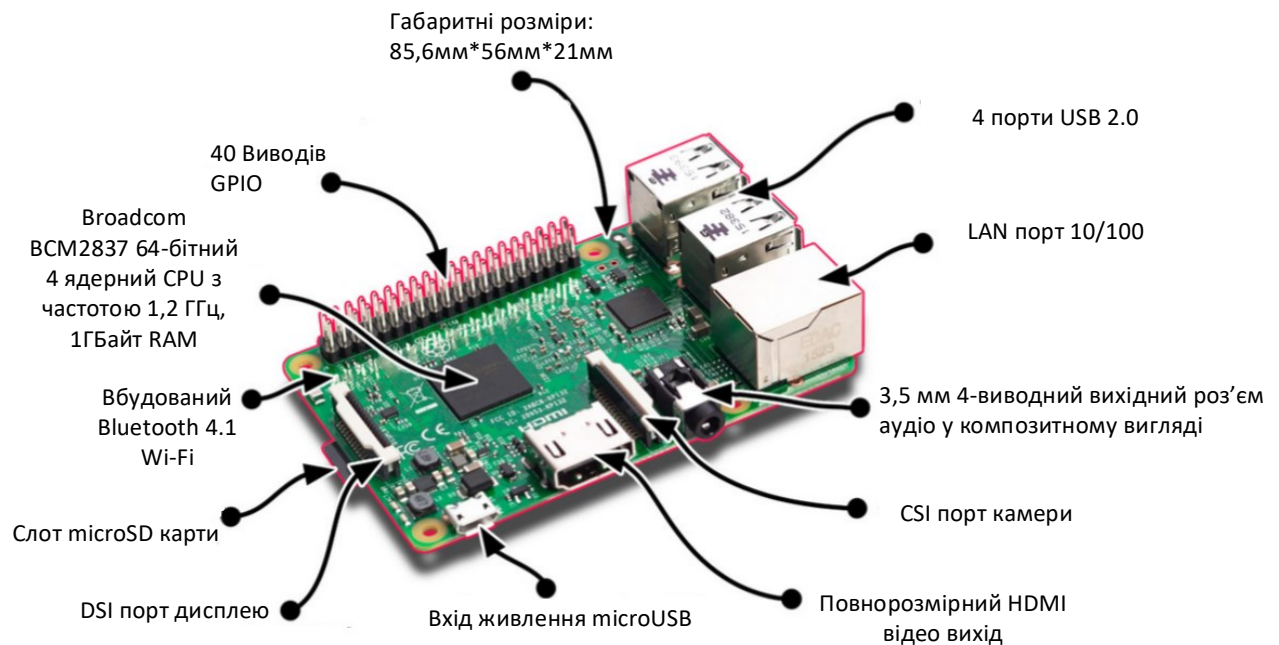


Рисунок 2.2 – Мікроконтролер Raspberry PI 3

Для зручності інтеграції з іншими модулями Raspberry Pi підтримує кілька стандартів інтерфейсів:

- I2C — двопровідний протокол, де SDA (GPIO2) передає дані, а SCL (GPIO3) забезпечує синхронізацію
- UART — асинхронна передача даних за допомогою TX (GPIO14) і RX (GPIO15), що дозволяє з'єднувати мікроконтролери та комп'ютери.

Завдяки гнучким налаштуванням GPIO Raspberry Pi 3 може ефективно працювати у ролі центру керування сенсорами, двигунами, дисплеями та іншими пристроями. Його компактність, доступна вартість і велика спільнота користувачів роблять його ідеальним вибором для навчальних, прототипувальних і побутових застосувань.

2.3 Особливості та характеристики електричної помпи Hot Frost A12

У комп'ютеризованій системі моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень необхідно застосування електричної помпи для подачі води із зовнішньої ємності у ємність машини для приготування кави.

Для реалізації системи пропонується використати готове рішення у вигляді побутової електричної помпи Hot Frost A12 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Помпа Hot Frost A12

Дана помпа спеціально розроблена для автоматизованого подавання питної води з бутлів об'ємом 18.9 л (та сумісних ємностей). Пристрій забезпечує зручність використання, простоту встановлення та надійну експлуатацію у побутових умовах. Завдяки компактному розміру, автономному живленню та електронному управлінню, ця модель ідеально підходить для домашнього, офісного та навіть мобільного використання, наприклад, у кемпінгах.

Помпа Hot Frost A12 призначена для автоматизованого перекачування води з бутля у склянку або інший посуд натисканням однієї кнопки. Вона усуває необхідність ручного натискання механічного поршня та забезпечує безперервний потік води без значних зусиль користувача.

Основні технічні характеристики Hot Frost A12 представлені у табл. 2.1

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.2 – Характеристики помпи Hot Frost A12

Параметр	Значення
Тип пристрою	Електрична помпа для бутильованої води
Тип живлення	Акумулятор Li-Ion (вбудований), USB-зарядка
Напруга живлення	5 В (від USB-порту або павербанку)
Ємність акумулятора	≈ 1200–1500 мА·год (залежно від партії)
Час заряджання	3–4 години
Тривалість роботи на одному заряді	до 5–6 бутлів по 19 л
Продуктивність	приблизно 0,8–1,0 літра/хвилина
Тип керування	Сенсорна кнопка або механічна кнопка ON/OFF
Матеріал корпусу	Пластик
Довжина шланга	55–60 см
Сумісність	бутлі з горловиною 55 мм (та інші з адаптером)
Рівень шуму	≤ 60 дБ
Вага	приблизно 300–400 г
Робоча температура	від 0°C до +40°C

Особливостями конструкції даного виду помпи є:

- інтелектуальний дозатор – після натискання кнопки помпа автоматично подає воду, що робить процес зручним навіть для дітей і літніх людей;
- автономна робота – можливість заряджання від будь-якого USB-порту (ноутбук, павербанк, зарядний пристрій);
- гігієнічність – харчовий силіконовий шланг не впливає на якість води;
- універсальність – підходить для використання в офісах, вдома, у туристичних умовах.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Помпа Hot Frost A12 може бути адаптована до інтелектуальних систем керування водопостачанням, наприклад, шляхом зовнішнього підключення до реле живлення або через контролер, що імітує натиск кнопки. При модернізації можливе створення інтерфейсу між мікроконтролером (ESP32, Raspberry Pi тощо) та елементами керування помпою через MOSFET/реле або механічний сервопривід. Структуру помпи Hot Frost A12 проілюстровано на рис. 2.4.

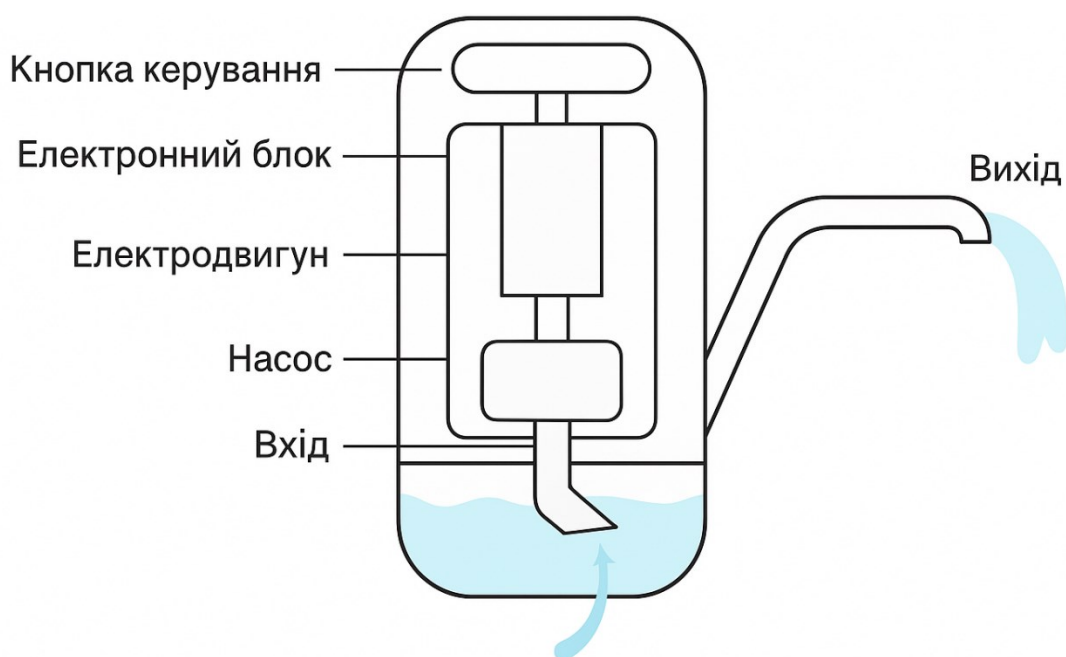


Рисунок 2.4 – Структурна схема помпи Hot Frost A12

Як видно з рис. 2.4, електрична помпа Hot Frost A12 складається з кількох основних функціональних модулів, які взаємодіють між собою для забезпечення автоматичної подачі води з бутля.

Кнопка керування розташована у верхній частині корпусу та забезпечує роль користувацького інтерфейсу. Натискання на кнопку активує або деактивує помпу. Залежно від модифікації може використовуватися механічна кнопка (з фіксацією або без) або сенсорна кнопка (ємнісного типу, без фізичного натискання).

Електронний блок обробляє сигнал з кнопки керування і подає керуючий імпульс на електродвигун. У його склад можуть входити:

- мікросхема контролю живлення;

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- стабілізатор напруги (для роботи від 5 В);
- простий контролер логіки перемикавання;
- елементи захисту від перегріву та короткого замикання.

Електродвигун живиться від вбудованого акумулятора (зазвичай Li-Ion 3.7 В) через електронний блок. Він перетворює електричну енергію на обертовий рух, який в подальшому передається на насосний механізм.

Помпа є основною функціональною частиною пристрою і, зазвичай, реалізована як центробіжний насос (для високої продуктивності) або перистальтичний насос (для кращої гігієни — вода не контактує з механізмами).

Під дією обертання двигуна насос створює знижений тиск у нижній частині системи та витягує воду з бутля.

Вхід до помпи є нижня точка всмоктування, що реалізований у вигляді гнучкого силіконового шлангу, що занурений у бутель. Він повинен бути достатньої довжини, гнучкості та діаметра для забезпечення стабільного водозабору. Зазвичай шланг змінний.

Вихід помпи — це зігнутий виливний носик, розташований у верхній частині корпусу. Вода з помпи подається вгору і виходить під тиском у склянку чи пляшку. Геометрія носика забезпечує рівномірний струмінь та запобігає розбризкуванню.

Алгоритм роботи електричної помпи передбачає виконання послідовності наступних кроків:

- користувач натискає кнопку керування.
- електронний блок подає живлення на електродвигун.
- електродвигун приводить у рух насос.
- насос створює тиск і перекачує воду від входу (з бутля) до виходу (носика).

Після повторного натискання на кнопку живлення вимикається і подача води припиняється.

Захисні особливості функціонування електричної помпи можуть бути реалізовані наступним чином:

- автоматичне відключення після фіксованого часу (наприклад, 60 с);

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- індикація рівня заряду акумулятора;
- блокування при низькому заряді або короткому замиканні;
- автоматичне вимкнення у разі тривалого навантаження.

2.4 Особливості застосування і технічні характеристики ультразвукового сенсора HC-SR04

Ультразвукові сенсори, зокрема модуль HC-SR04, є одним із найпоширеніших рішень для визначення відстані в системах автоматизації та робототехніки. Їх принцип дії базується на використанні високочастотного звуку для вимірювання часу, який проходить від моменту надсилання імпульсу до моменту отримання його відбиття від об'єкта.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 є недорогим, високоточним сенсором, який призначений для безконтактного вимірювання відстані до об'єктів. Він широко використовується у вбудованих системах, робототехніці, системах уникнення перешкод, а також у IoT проєктах на основі Raspberry Pi, Arduino, ESP32 тощо.

Як і будь-які інші ультразвукові сенсори, датчик HC-SR04 працює за принципом ехолокації. Сенсор випромінює ультразвуковий сигнал і фіксує час його повернення після відбиття від об'єкта, що дозволяє розрахувати відстань до об'єкта з високою точністю. На рис. 2.5 схематично проілюстровано принцип функціонування ультразвукового датчика.

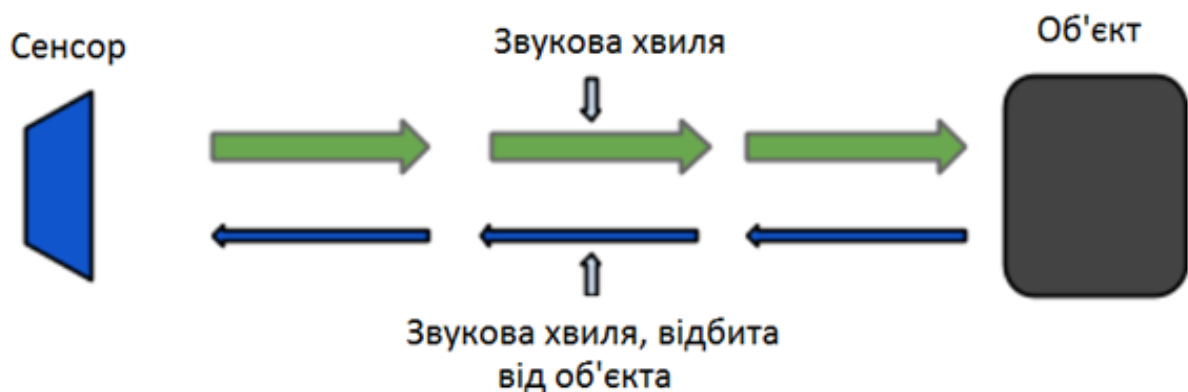


Рисунок 2.5 – Принцип функціонування сенсора HC-SR04

Згідно принципу роботи, показаного на рис. 2.10, датчик формує і посиляє звуковий імпульс (хвилю) деякої частоти до найближчого об'єкта. Після цього хвиля відбивається від поверхні та сприймається сенсором. Вимірювання відстані аналізується на основі різниці часу від надсилання та повернення звукової хвилі.

В залежності від характеристики середовища при розрахунку швидкості звуку вводяться поправки на значення температурних показників, тиску та вологості. Окрім цього, особливістю ультразвукових датчиків є те, що хвилі, які він генерує поширюється за конусною траєкторією і при цьому відбувається зміна кута поширення хвилі в залежності від відстані.

Сенсор HC-SR04 генерує ультразвукову хвилю частотою 40 кГц за допомогою передавача. Після цього сенсор очікує на відбитий сигнал, який приймається приймачем. Час, що минув між відправленням і отриманням сигналу, використовується для обчислення відстані до об'єкта. Цей метод дозволяє отримувати точні дані на відстанях до 4 метрів з роздільною здатністю до 3 міліметрів.

Основні параметри технічної специфікації ультразвукового сенсора HC-SR04 у відповідності до [11] характеризуються наступними показниками:

- напруга живлення: 5 В;
- струм споживання: ≤ 15 мА;
- частота сигналу: 40 кГц
- діапазон вимірювання: 2 см – 400 см
- точність: ± 3 мм
- кут огляду: $\sim 15^\circ$
- інтерфейс: TRIG (вхід), ECHO (вихід)
- робоча температура: -15°C до $+70^\circ\text{C}$
- розміри модуля: $45 \times 20 \times 15$ мм.

На рис. 2.6 представлено вигляд ультразвукового модуля HC-SR04.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 2.6 – Ультразвуковий модуль HC-SR04

HC-SR04 має чотири контакти: VCC, GND, TRIG та ECHO. TRIG активується коротким імпульсом тривалістю 10 мікросекунд, після чого модуль надсилає серію з восьми ультразвукових імпульсів. Вивід ECHO тимчасово переходить у стан HIGH, доки не буде зафіксовано відбитий сигнал. Вимірювання часу, протягом якого цей контакт перебуває в стані HIGH, дозволяє розрахувати відстань до об'єкта.

Типове підключення ультразвукового сенсора до контролера управління, а також призначення його виводів продемонстровано на рис. 2.7.

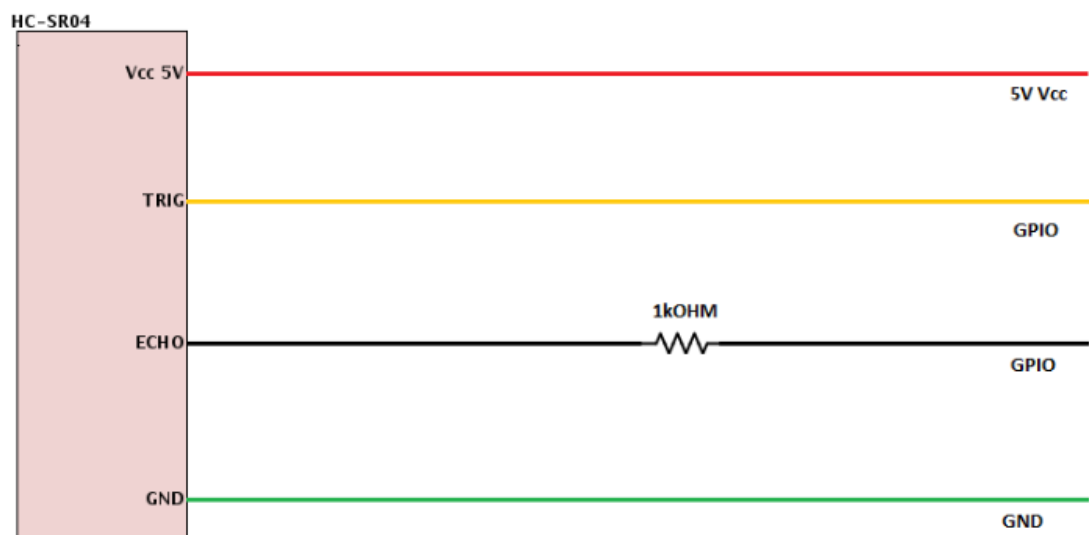


Рисунок 2.7 – Типове підключення ультразвукового сенсора до контролера керування

Як видно з рис. 2.7 для підключення джерела живлення застосовується вивід з позначенням VCC, що з'єднаний з відповідним виводом мікроконтролера на який подається напруга номіналом 5В. Як і у будь-якій електричній схемі, для ефективного функціонування пристрою генерації височастотного звуку використовується вивід заземлення GND, що підключається до однойменного виводу мікроконтролера. Схема підключення ультразвукового сенсора до Raspberry PI проілюстровано на рис. 2.8.

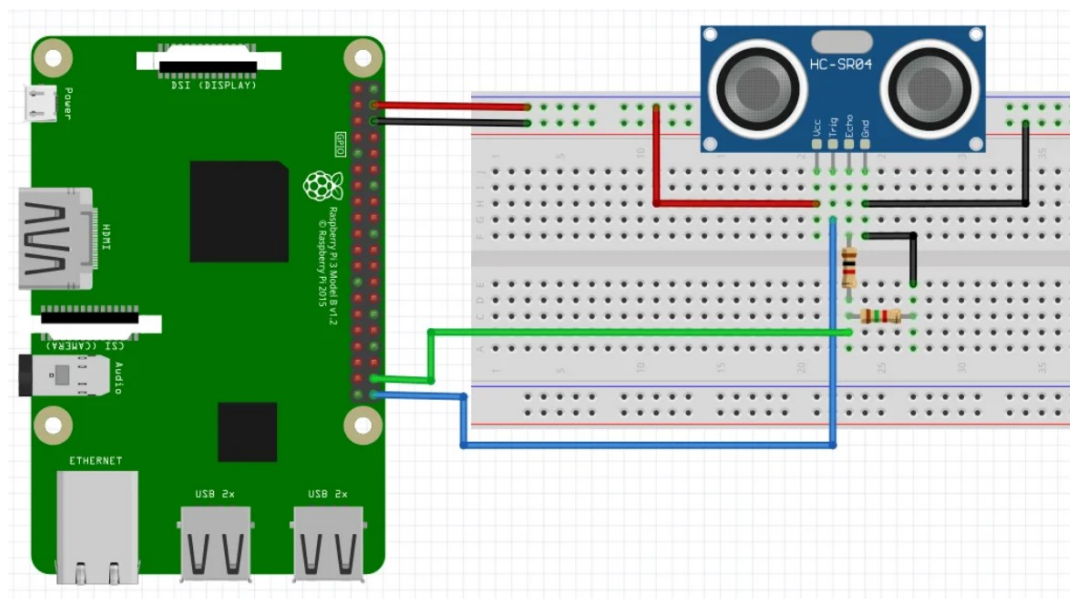


Рисунок 2.8 – Схема підключення HC-SR04 до Raspberry Pi

HC-SR04 зручно використовувати в системах із мікроконтролерами на кшталт Arduino або Raspberry Pi. У випадку підключення до Raspberry Pi важливо враховувати, що логічний рівень ЕЧО становить 5В, тому для захисту контактів варто використовувати діодник напруги або резисторний захист.

Серед переваг сенсора потрібно відмітити:

- високу точність,
- простоту використання
- невисоку вартість.

До недоліків належить:

- залежність від акустичних властивостей об'єктів,
- чутливість до шумів і відлунь, особливо у закритих просторах.

Для зменшення кількості помилкових спрацьовувань можна застосовувати алгоритми фільтрації, наприклад, усереднення кількох вимірів або використання фільтрів типу Kalman. Також доцільно екранувати датчик від небажаних відбиттів або оптимізувати частоту надсилання імпульсів для уникнення накладання відлунь. Загальна схема підключення компонентів комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах представлено на рис. 2.9

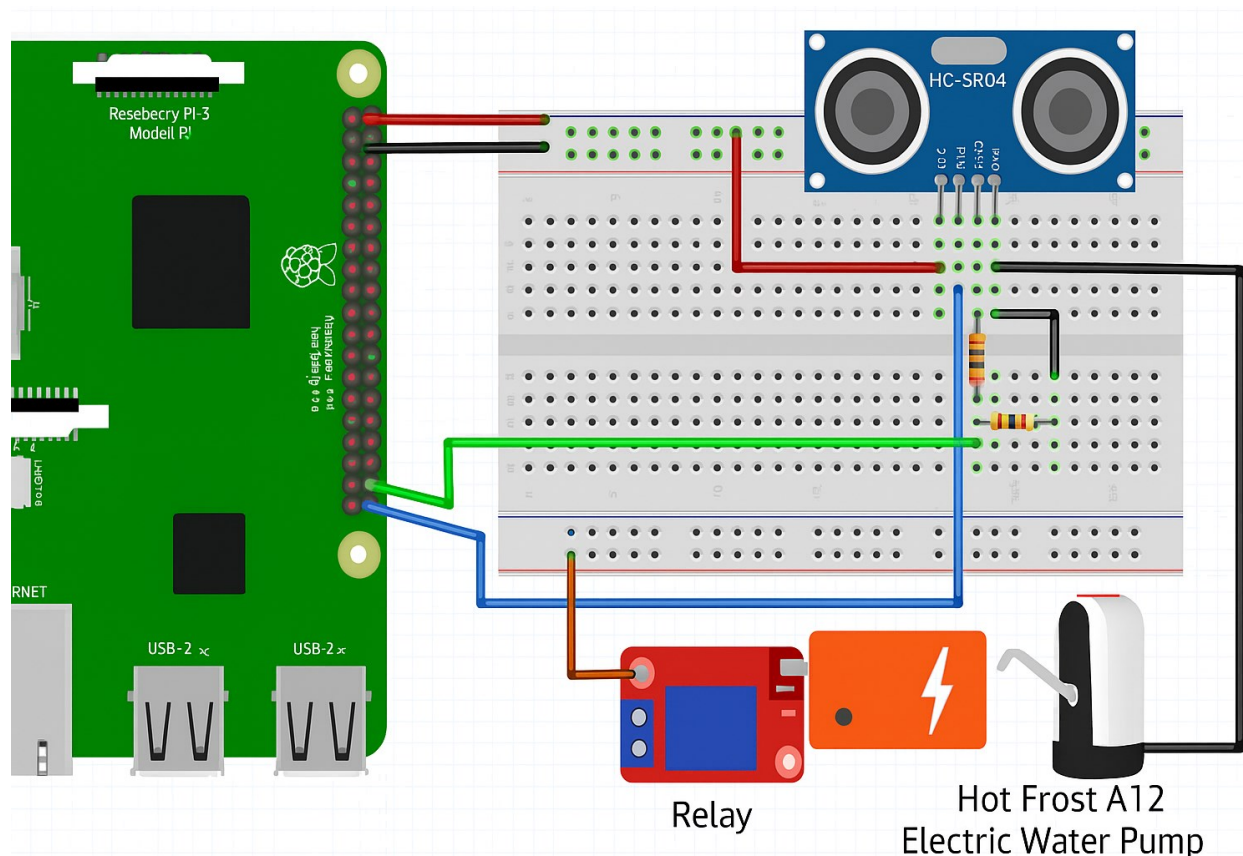


Рисунок 2.9 – Схема підключення компонентів комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Розроблена система автоматичного моніторингу та доливання води до резервуара кавомашини включає в себе чотири основні апаратні модулі:

- Raspberry Pi 3 Model B – центральний процесор керування;
- HC-SR04 – ультразвуковий сенсор для вимірювання рівня води;
- Модуль реле – електромеханічний елемент керування подачею струму;

– Електрична помпа Hot Frost A12 – виконавчий пристрій для подачі води.

Для визначення рівня води в резервуарі кавомашини використовується ультразвуковий сенсор HC-SR04. Він має чотири виводи:

- VCC – живлення 5 В;
- GND – земля;
- TRIG – вхід, який активує імпульс;
- ECHO – вихід, який генерує імпульс на основі часу відбиття.

Схема з'єднання ультразвукового сенсора HC-SR04 з Raspberry Pi показано у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Схема з'єднання Raspberry Pi 3 з HC-SR04

Вивід HC-SR04	GPIO Raspberry Pi 3	Призначення
VCC	5V (пін 2 або 4)	Живлення
GND	GND (пін 6)	Земля
TRIG	GPIO23 (пін 16)	Ініціація імпульсу
ECHO	GPIO24 (пін 18, через дільник напруги)	Зчитування результату

Вивід ECHO видає 5 В, тому потрібно використовувати дільник напруги (наприклад, 1 кОм + 2 кОм), щоб знизити рівень до 3.3 В і захистити GPIO-порт Raspberry Pi.

Модуль реле використовується для комутації живлення до електричної помпи. Реле є ключовим компонентом, що дозволяє центральному контролеру (який працює на низьких логічних рівнях 3.3 В) безпечно керувати помпою, яка вимагає вищої напруги.

У табл. 2.4 наведено схему підключення реле до Raspberry Pi 3.

Таблиця 2.4 – Схема підключення реле

Вивід реле	GPIO Raspberry Pi 3	Призначення
VCC	5V (пін 2 або 4)	Живлення логіки реле
GND	GND (пін 6)	Загальна земля
IN	GPIO17 (пін 11)	Керуючий сигнал

На виході реле використовується нормально-розімкнутий (NO) контакт для комутації живлення до помпи.

Помпа отримує живлення через реле. Вихід 220 В або 5 В (залежно від моделі помпи) підключається до контактів NO і COM модуля реле.

При використанні 220 В – потрібно дотримуватись усіх правил електробезпеки. Якщо модель з USB-інтерфейсом, то живлення можна подати через адаптер або комутоване реле.

При такому підключенні система виконує послідовність наступних дій:

- HC-SR04 із заданим інтервалом часу вимірює рівень води у резервуарі кавомашини;
- Raspberry Pi опрацьовує сигнал і визначає, чи потрібно вмикати подачу води;
- якщо рівень води нижчий за встановлений поріг – на GPIO17 подається сигнал.
- реле спрацьовує, замикаючи ланцюг живлення помпи.
- помпа Hot Frost A12 активується і подає воду до кавомашини.
- коли рівень води досягає норми – Raspberry Pi відключає реле.
- уся система працює в циклі з періодичним опитуванням датчика.

Важливими рекомендаціями при прототипуванні комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим сервісом замовлення є підключення через макетну плату (breadboard) або модульний роз'єм та забезпечення якісного живлення Raspberry Pi (не менше 2.5 А) з використанням додаткових захисних компонентів (діоди, резистори).

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНИЙ РІВЕНЬ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ У КАВОМАШИНАХ З СЕРВІСОМ ВІДДАЛЕНОГО ФОРМУВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ

3.1 Розробка алгоритму функціонування системи моніторингу рівня води у кавомашинах з віддаленим формуванням замовлення

З теоретичної точки зору, ймовірність того, що під час приготування кавового напою за допомогою кавомашини її резервуар виявиться порожнім, становить приблизно 1 до 20. Однак на практиці відчувається зовсім інше: щоразу, коли бажання випити кави є найбільшим, саме тоді система найчастіше повідомляє про необхідність наповнення резервуара. Тому рішення щодо розробки інтелектуальної IoT-системи, яка зніме з користувача виконання рутинних операцій при використанні кавомашини та забезпечить автоматичний контроль за рівнем води у кавомашині є актуальною задачею і.

В якості базової апаратної основи проєкту потрібно використовувати кавомашину. Будь-який апарат, який призначений на приготування кавових напоїв передбачає ручне заповнення резервуара водою. При цьому можуть застосовуватися механічні помпи та стандартні зовнішні ємності об'ємом 19 літрів.

Серед задач і цілей, які повинна виконувати апаратно-програмна система моніторингу за рівнем води та віддаленого формування замовлення визначено наступні:

- автоматизація подачі води у резервуар кавомашини за допомогою електричного насоса, керованого мікрокомп'ютером через реле.
- реалізація контролю рівня води з можливістю автоматичного запуску наповнення.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Олійник Б.Ю.			Програмний рівень системи моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив.		Яцишин В.В.									37	
Реценз.		.							ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.										
Затверд.		Осухівська Г.М.										

- дистанційне керування системою у режимі реального часу через мобільний пристрій.
- повідомлення користувача про критичні ситуації або збої через телеграм-бот або аналогічну хмарну службу;
- здатність формувати замовлення води через електронну пошту.

Виконавши аналіз та вибір апаратного забезпечення у попередньому розділі, застосування мікроконтролера Raspberry PI 3 з точки зору програмного рівня забезпечує повну підтримку Python для реалізації програмної логіки та надає можливість розгортання операційної системи Raspbian Buster Lite, яка забезпечує мінімальне ресурсне навантаження.

Як було зазначено раніше, керування електричною помпою здійснюється через реле потужністю 12В/2А, яке підключається до цифрового GPIO-виводу Raspberry PI. Таким чином, запуск і зупинка подачі води контролюється програмно.

Для визначення рівня води у резервуарі кавомашини використано ультразвуковий сенсор HC-SR04, який не потребує модифікації конструкції кавомашини. Сенсор можна закріпити у спеціально надруковану на 3D-принтері кришку резервуара з отворами для передавача та приймача. За допомогою модуля Python та доступної бібліотеки з GitHub можна реалізувати алгоритм визначення рівня заповнення води у резервуарі кавомашини.

При розробці алгоритму роботи комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах потрібно дотримуватися наступної логіки:

- система постійно контролює відстань між сенсором і поверхнею води;
- щоразу, коли зміна відстані перевищує встановлене порогове значення, система надсилає інформацію про свій стан до хмари;
- якщо відстань перевищує максимально допустиме значення (резервуар порожній), система активує помпу і вимикає її, коли відстань стає меншою за мінімально допустиме значення;
- кожного разу, коли змінюється стан системи (наприклад, увімкнення помпи), вона повідомляє про це хмарний сервіс.

На рис. 3.1 представлено алгоритм контролю та моніторингу за рівнем води у кавомашинах.

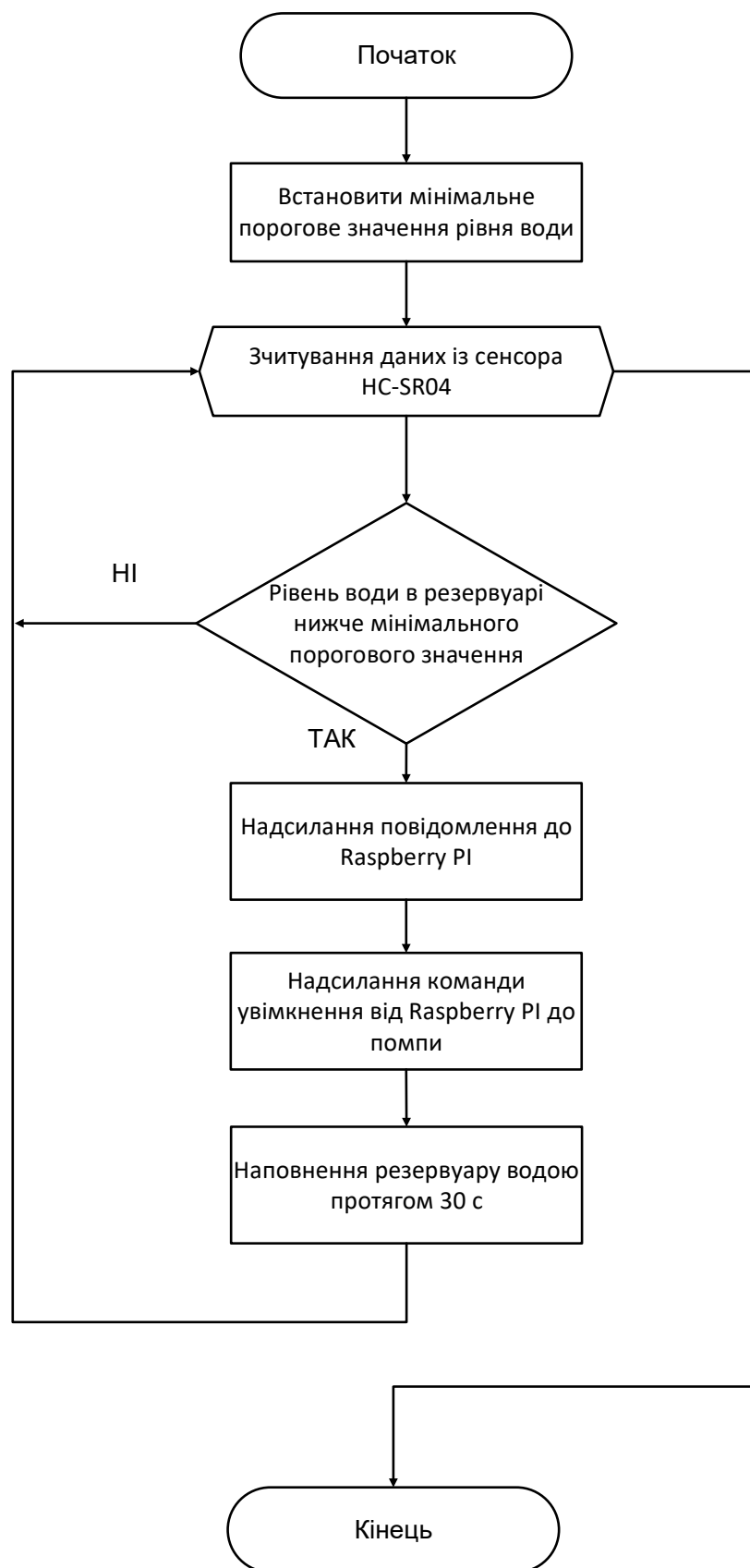


Рисунок 3.1 – Алгоритм контролю рівня води у кавомашинах

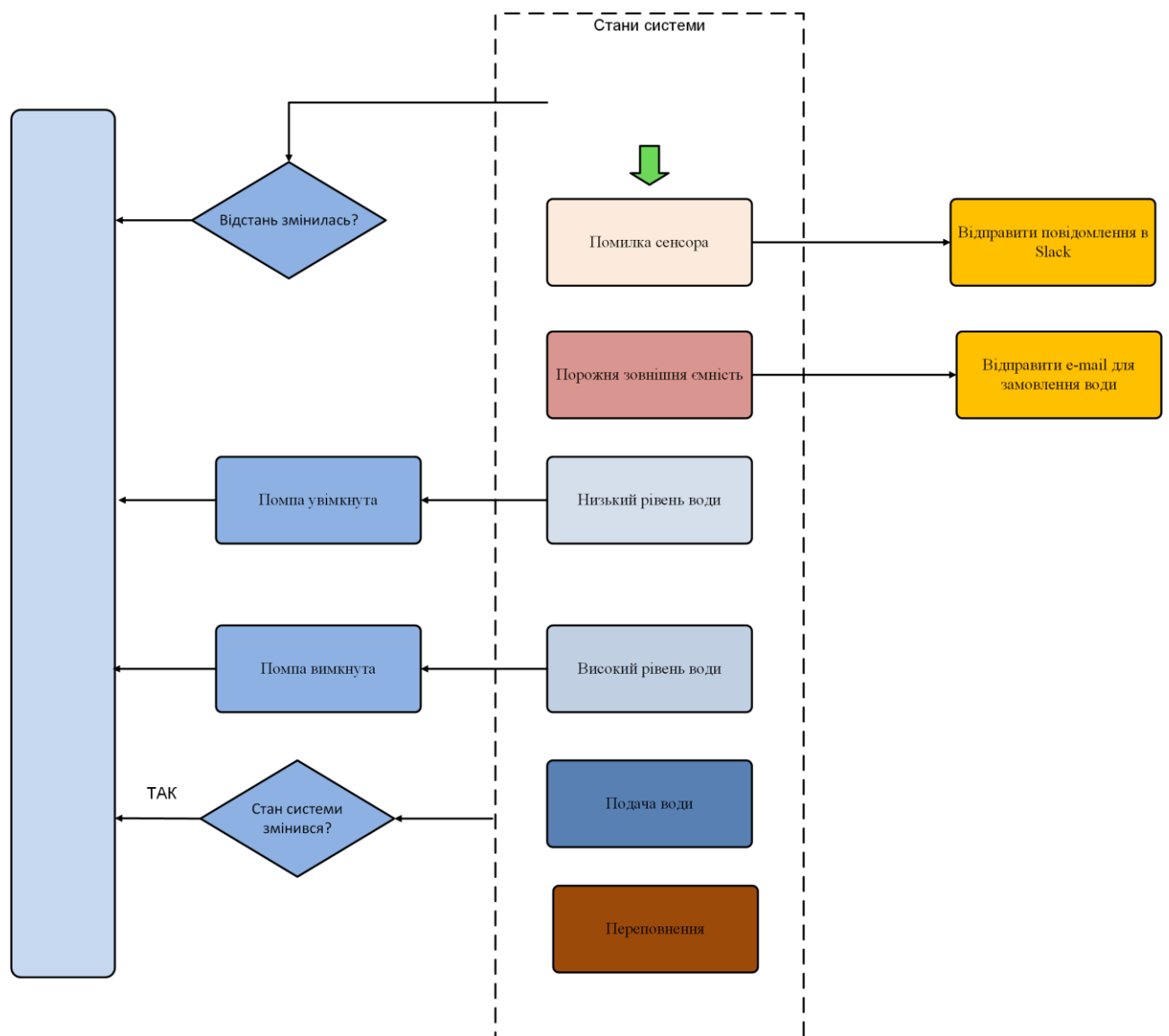


Рисунок 3.2 – Діаграма станів системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Таким чином, маючи алгоритм роботи комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах, що базується на визначенні відстані до поверхні води у резервуарі та стани у яких може перебувати системи потрібно перейти до написання програмного коду, що реалізує ці властивості.

3.2 Програмне налаштування ультразвукового сенсора HC-SR04

Найпершим кроком при реалізації комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах є реалізація безперервного вимірювання відстані між ультразвуковим сенсором та поверхнею води у резервуарі, з

виведенням результатів у користувацький інтерфейс. Це дозволить контролювати рівень води та автоматично реагувати на зміну відстані і тим самим приймати рішення щодо увімкнення або вимкнення помпи для подачі води у резервуар.

Спочатку потрібно імпортувати необхідні бібліотеки, зокрема, це бібліотека для роботи з GPIO-пінами Raspberry Pi та стандартна бібліотека Python для роботи з часом (зупинки, фіксації часу, затримки). Наступний крок передбачає встановлення режиму нумерації пінів за логікою BCM, тобто за номерами GPIO, а не фізичними номерами виводів. Далі необхідно задати GPIO17 для використання його як TRIG, що ініціює імпульс, GPIO27 як ECHO, що зчитує час повернення сигналу. TRIG повинен бути налаштований на вихід (OUT), а ECHO — на вхід (IN). На рис. 3.3 проілюстровано програмний код, який забезпечує імпорт бібліотеки і початкове налаштування пінів ультразвукового сенсора.

```
1  #Libraries
2  import RPi.GPIO as GPIO
3  import time
4
5  #GPIO Mode (BOARD / BCM)
6  GPIO.setmode(GPIO.BCM)
7
8  #set GPIO Pins
9  GPIO_TRIGGER = 17
10 GPIO_ECHO = 27
11
12 #set GPIO direction (IN / OUT)
13 GPIO.setup(GPIO_TRIGGER, GPIO.OUT)
14 GPIO.setup(GPIO_ECHO, GPIO.IN)
```

Рисунок 3.3 – Імпорт бібліотек та налаштування пінів ультразвукового сенсора

Тіло функції, що відповідає за обчислення відстані від сенсора до поверхні води у резервуарі кавомашини представлено на рис. 3.4.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

16  def distance():
17      # set Trigger to HIGH
18      GPIO.output(GPIO_TRIGGER, True)
19
20      # set Trigger after 0.01ms to LOW
21      time.sleep(0.00001)
22      GPIO.output(GPIO_TRIGGER, False)
23
24      StartTime = time.time()
25      StopTime = time.time()
26
27      # save StartTime
28      while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 0:
29          StartTime = time.time()
30
31      # save time of arrival
32      while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 1:
33          StopTime = time.time()
34
35      # time difference between start and arrival
36      TimeElapsed = StopTime - StartTime
37      # multiply with the sonic speed (34300 cm/s)
38      # and divide by 2, because there and back
39      distance = (TimeElapsed * 34300) / 2
40
41      return distance

```

Рисунок 3.4 – Функція обчислення відстані від сенсора до поверхні води

Алгоритм, реалізований у функції (рис. 3.4), передбачає генерацію короткого імпульсу тривалістю 10 мікросекунд на вивід TRIG і надсилання сенсором ультразвукової хвилі на 40 кГц. За допомогою змінних «StartTime» фіксується, коли сигнал тільки з'являється на ЕЧНО, а за допомогою змінної StopTime – фіксується, коли сигнал на ЕЧНО зникає.

Обчисливши різницю значень цих двох змінних визначається час проходження звуку. Відстань, яку проходить ультразвукова хвиля, розраховується за формулою:

$$S = (t \times V_{\text{звуку}}) / 2 \quad (2.1)$$

де S – відстань до поверхні води;

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_{\text{звуку}} = 34300 \text{ см/с}$ – швидкість звуку, що ділиться на 2, оскільки сигнал проходить дві відстані – пряме і відбите поширення хвилі.

t – часова тривалість вимірювання;

Основна частина реалізації логіки проведення вимірювання імплементована у функції `main`, програмний код якої представлено на рис. 3.5.

```
if __name__ == '__main__':
    try:
        while True:
            dist = distance()
            print ("Measured Distance = %.1f cm" % dist)
            time.sleep(1)

            # Reset by pressing CTRL + C
    except KeyboardInterrupt:
        print("Measurement stopped by User")
        GPIO.cleanup()
```

Рисунок 3.5 – Основна функція при вимірюванні відстані до поверхні води у резервуарі кавомашини

Як видно з програмного коду, представленого на рис. 3.5, програма безперервно (кожну 1 секунду) викликає функцію `distance()`, а результат виводиться у форматі «Measured Distance = XX.X cm». Далі можна перервати цикл і при цьому GPIO-піни очищаються (`GPIO.cleanup()`), щоб уникнути помилок при повторному запуску.

3.3 Написання конфігураційного файлу системи моніторингу рівня води

Файл конфігурації повинен містити налаштування параметрів системи, яка контролює рівень води за допомогою ультразвукового сенсора HC-SR04, керує електричною помпою через GPIO, та передає дані у хмарний сервіс Cloud4RPi. У разі помилки також передбачено надсилання сповіщень через вебхуки до

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Slack. Параметри доступу до хмарних сервісів програмно задаються як показано на рис. 3.6.

```
C4R_HOST = 'cloud4rpi.io'
C4R_TOKEN = '__YOUR_DEVICE_TOKEN__'
NOTIFICATION_HOOK_URL = '__YOUR_HOOK_URL__'
```

Рисунок 3.6 – Параметри доступу до хмарного сервісу Cloud4PI

На рис. 3.6 через змінну «C4R_HOST» задається адреса хмарного сервера Cloud4RPI, «C4R_TOKEN» – унікальний токен пристрою, який генерується при створенні пристрою на платформі, а «NOTIFICATION_HOOK_URL» – адреса вебхука для надсилання сповіщень через Slack. Для визначення конфігурації апаратних виводів Raspberry PI використовується фрагмент коду, представлений на рис. 3.7.

```
GPIO_PUMP = 4
GPIO_TRIGGER = 17
GPIO_ECHO = 27
```

Рисунок 3.7 – Ініціалізація виводів Raspberry PI

Призначення програмно ініціалізованих виводів наступне:

- «GPIO_PUMP» – вивід, через який керується реле, що вмикає електричну помпу;
- «GPIO_TRIGGER» – вивід TRIG сенсора HC-SR04 (ініціює імпульс);
- «GPIO_ECHO» – вивід ECHO сенсора (приймає сигнал, що відбився від поверхні води).

Встановлення допустимих меж рівня води у резервуарі кавомашини реалізується за допомогою коду, показаного на рис. 3.8.

```
MIN_DISTANCE = 2    # см – мінімальна допустима відстань (резервуар заповнений)
MAX_DISTANCE = 8    # см – максимальна відстань (резервуар порожній)
```

Рисунок 3.8 – Встановлення допустимих меж рівня води у резервуарі

Як видно з рис. 3.8, якщо виміряна відстань менше або дорівнює 2 см, вода в резервуарі в нормі, а якщо відстань більша за 8 см, резервуар вважається порожнім і необхідно активувати помпу. Гранична умова для вимкнення помпи подачі води у резервуар кавомашини із зовнішньої ємності реалізується через змінну «STOP_PUMP_DISTANCE» (рис. 3.9).

```
STOP_PUMP_DISTANCE = 3    # см
```

Рисунок 3.9 – Умова вимкнення помпи для подачі води

Значення компенсації або допустимого відхилення від порогових значень застосовується для згладжування флуктуацій рівня води, які виникають через вібрації, пульсацію рідини або ехо-сигнали.

Для відлагодження та розуміння типів помилок, які можуть виникати у системі, реалізовано два типи помилок, які показано на рис. 3.10

```
SENSOR_ERROR = 1
NO_WATER_ERROR = 2
```

Рисунок 3.10 – Визначення типів помилок у системі

Змінна «SENSOR_ERROR» використовується у логіці програми для виявлення ситуацій, коли сенсор не працює через якусь причину (відсутність сигналу, коротке замикання, обрив).

Змінна «NO_WATER_ERROR» – тип помилки, що відповідає за ситуацію, коли джерело води (бутель) порожнє, і помпа працює вхолосту або відстань

продовжує зростати, незважаючи на подачу води. Весь вміст конфігураційного файлу показано на рис. 3.11.

```
C4R_HOST = 'cloud4rpi.io'
C4R_TOKEN = '__YOUR_DEVICE_TOKEN__'

NOTIFICATION_HOOK_URL = '__YOUR_HOOK_URL__'

# GPIO Pins (BCM)
GPIO_PUMP = 4
GPIO_TRIGGER = 17
GPIO_ECHO = 27

# Distance from the sensor to the water level
# based on the coffee-machine's water tank
MIN_DISTANCE = 2 # cm
MAX_DISTANCE = 8 # cm

# Consider the water inertia after the pump is off
STOP_PUMP_DISTANCE = 3 # cm

# Calibrate depending on the water level fluctuation
DISTANCE_DELTA = 0.4 # cm
|
# Error codes
SENSOR_ERROR = 1
NO_WATER_ERROR = 2
```

Рисунок 3.11 – Файл конфігурації системи моніторингу рівня води у кавомашинах

Таким чином, файл конфігурації задає усі ключові параметри взаємодії з апаратною частиною (GPIO, рівні відстаней), забезпечує зв'язок із хмарною платформою Cloud4RPi та виконує опрацювання типових сценаріїв збоїв, які є критичними для автоматичних систем.

3.4 Програмний код управління помпою подачі води із зовнішнього резервуару

Логіка керування електричною помпою базується на алгоритмі роботи системи і станах, у яких система моніторингу рівня води може перебувати. Коли кавоварка не використовується, контролер управління щохвилини надсилає діагностичні дані до хмарного сервісу. Крім того, Raspberry PI транслює дані про стан системи до хмари кожні 5 хвилин. Коли помпа перебуває в активному режимі, то контролер надсилає дані частіше, але не більше, ніж раз на півсекунди. На рис. 3.12 представлено функцію, що відповідає за надсилання даних у хмару.

```
def send(cloud, variables, dist, error_code=0, force=False):
    pump_on = is_pump_on()
    percent = calc_water_level_percent(dist)
    variables['Distance']['value'] = dist
    variables['WaterLevel']['value'] = percent
    variables['PumpRelay']['value'] = pump_on
    variables['Status']['value'] = calc_status(error_code, percent, pump_on)

    current = time()
    global last_sending_time
    if force or current - last_sending_time > MIN_SEND_INTERVAL:
        readings = cloud.read_data()
        cloud.publish_data(readings)
        last_sending_time = current
```

Рисунок 3.12 – Функція надсилання даних у хмарний сервіс

Функція, показана рис. 3.12, виконує збір, обробку та надсилання даних про стан системи: відстань до рівня води, відсоток заповнення бака, статус реле та загальний статус роботи. Ці дані передаються у хмару для моніторингу та подальшої візуалізації або сповіщення користувача.

Для ефективного функціонування помпи подачі води у резервуар кавомашини потрібно оголосити константи як показано на рис. 3.13.

Якщо використовується «Pin 4», то необхідно вимкнути опцію 1-Wire raspi-config, щоб уникнути конфліктів.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
# GPIO Pins (BCM)
GPIO_PUMP = 4
GPIO_TRIGGER = 17
GPIO_ECHO = 27# Pump
START_PUMP = 1
STOP_PUMP = 0
PUMP_BOUNCE_TIME = 50 # milliseconds
PUMP_STOP_TIMEOUT = 5 # secs
```

Рисунок 3.13 – Оголошення констант для роботи з помпою

Під час запуску програми реєструється зворотний виклик та встановлюється початковий стан «ВИМКНЕНО» (рис. 3.14).

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(GPIO_PUMP, GPIO.IN)
GPIO.add_event_detect(GPIO_PUMP, GPIO.BOTH,
callback=pump_relay_handle, bouncetime=PUMP_BOUNCE_TIME)
toggle_pump(STOP_PUMP)
```

Рисунок 3.14 – Початкове налаштування стану помпи

Фрагмент, наведений на рис. 3.14, є критичним для початкової ініціалізації системи моніторингу рівня води у кавомашинах, оскільки це забезпечує безпечний старт, дозволяє реагувати на зміну стану реле помпи в режимі реального часу і забезпечує зменшення помилкових спрацьовувань завдяки параметру bouncetime. Функції, яка виконує перемикання помпи проілюстрована на рис. 3.15.

```
def toggle_pump(value):
    if pump_disabled:
        return
    if is_pump_on() != value:
        log_debug("[x] %s" % ('START' if value else 'STOP'))
        GPIO.setup(GPIO_PUMP, GPIO.OUT)
        GPIO.output(GPIO_PUMP, value) # Start/Stop pouring
```

Рисунок 3.15 – Функція перемикання помпи

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Як визначено у коді запуску помпи (рис. 3.14), коли реле вмикається, викликається наступна функція зворотного виклику, яка показана на рис. 3.15.

```
pump_on = False
def pump_relay_handle(pin):
    global pump_on
    pump_on = GPIO.input(GPIO_PUMP)
    log_debug("Pump relay changed to %d" % pump_on)
```

Рисунок 3.15 – Функція зворотного виклику при зверненні до помпи

У функції зворотного виклику зберігається поточний стан помпи у глобальній змінній. У головному циклі програми можна визначити момент перемикавання помпи, як показано нижче на рис. 3.16.

```
def is_pump_on():
    global pump_on
    return pump_on if GPIO.event_detected(GPIO_PUMP):
    is_pouring = is_pump_on()
    # ...
    log_debug('[!] Pump event detected: %s' % ('On' if is_pouring else 'Off'))
    send(cloud, variables, distance, force=True)
```

Рисунок 3.16 – Встановлення момент перемикавання помпи через реле

Як було показано раніше, досить легко виміряти відстань до поверхні води за допомогою ультразвукового датчика наближення.

У реальних проєктах покази сенсора можуть коливатися через ефект похибки датчика та коливання води. У деяких випадках покази можуть бути повністю відсутніми. При реалізації програмного забезпечення комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах імплементовано клас BounceFilter, який накопичує N останніх значень, відкидає піки та обчислює середнє значення решти вимірювань. Процес вимірювання реалізовано за допомогою асинхронного алгоритму, який представлено на рис. 3.17.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

# Keeps the last sensor measurements
readings = BounceFilter(size=6, discard_count=1)

reading_complete = threading.Event()

def wait_for_distance():
    reading_complete.clear()
    thread = threading.Thread(target=read_distance)
    thread.start()

    if not reading_complete.wait(MAX_READING_TIMEOUT):
        log_info('Reading sensor timeout')
        return None
    return readings.avg()

def read_distance():
    try:
        value = hcsr04.raw_distance(sample_size=5)
        rounded = value if value is None else round(value, 1)
        readings.add(rounded)
    except Exception as err:
        log_error('Internal error: %s' % err)
    finally:
        reading_complete.set()

```

Рисунок 3.17 – Асинхронний алгоритм вимірювання рівня води

Фільтрація, наведена на рис. 3.17 допомагає більш точно визначати рівень води у резервуарі кавомашини та забезпечує менше зношування помпи, шляхом оптимізації її увімкнення.

3.5 Програмне виявлення та фіксація збоїв у роботі системи

При функціонуванні будь-якої комп'ютерної системи можливе виникнення нетипових ситуацій, які необхідно фіксувати у журналі подій. Не винятком є і комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з сервісом віддаленого формування замовлень. Тобто потрібен спосіб повідомляти про небезпечні випадки, щоб можна було вживати заходів усувати їх в ручному режимі. Однією з таких є ситуація, коли ультразвуковий датчик не надає показників відстані. Тоді система повинна надсилати змінений статус до хмари та генерувати відповідне сповіщення, як показано на рис. 3.18.

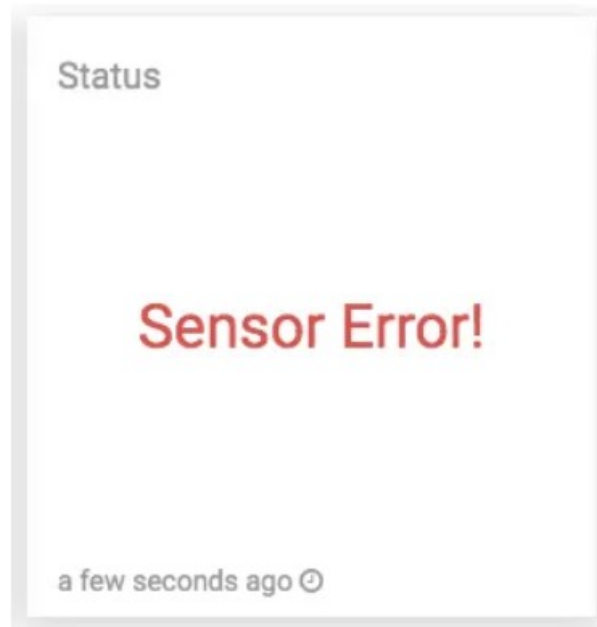


Рисунок 3.18 – Сповіщення про проблему з ультразвуковим сенсором

Логіку формування сповіщень (рис. 3.18) ілюструє фрагмент коду, який наведений на рис. 3.19.

```
distance = wait_for_distance() # Read the current water depth if distance is None:
    log_error('Distance error!')
    notify_in_background(calc_alert(SENSOR_ERROR))
    send(cloud, variables, distance, error_code=SENSOR_ERROR, force=True)
```

Рисунок 3.19 – Сповіщення про проблему з ультразвуковим сенсором

Перевірка поточного рівня води на відповідність належності заданому діапазону продемонстровано на рис. 3.20. Це важливо з точки зору дотримання робочого діапазону рівня води, коли датчик знаходиться на своєму місці.

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```
# Distance from the sensor to the water level
# based on the coffee-machine's water tank
MIN_DISTANCE = 2 # cm
MAX_DISTANCE = 8 # cm# Distance is out of expected range: do not start pouring
if distance > MAX_DISTANCE * 2:
    log_error('Distance is out of range: %.2f' % distance)
    continue
```

Рисунок 3.20 – Перевірка належності рівня води робочому діапазону

При виникненні небезпечних ситуацій потрібно вимкнути помпу, якщо вона була активна при виникненні помилки (рис. 3.21).

```
if is_pump_on() and prev_distance < STOP_PUMP_DISTANCE + DISTANCE_DELTA:
    log_error('[!] Emergency stop of the pump. No signal from a distance sensor')
    toggle_pump(STOP_PUMP)
```

Рисунок 3.21 – Вимкнення помпи при виникненні небезпечних ситуацій

Окрім цього, необхідно опрацьовувати випадок, коли в пляшці (зовнішній ємності) закінчується вода. У цьому випадку, потрібно виконувати перевірку, чи рівень води не змінюється під час роботи насоса. Якщо рівень змінюється, то система чекає 5 секунд, а потім перевіряє, чи вимкнувся насос. Якщо ні, то система здійснює аварійне вимкнення насоса та надсилає повідомлення про помилку. Програмний код опрацювання такої ситуації представлено на рис. 3.22.

```
PUMP_STOP_TIMEOUT = 5 # secs
emergency_stop_time = None
def set_emergency_stop_time(now, is_pouring):
    global emergency_stop_time
    emergency_stop_time = now + PUMP_STOP_TIMEOUT if \
        is_pouring else None
def check_water_source_empty(now):
    return emergency_stop_time and now > emergency_stop_time# ----- main loop -----
if GPIO.event_detected(GPIO_PUMP):
    is_pouring = is_pump_on()
    set_emergency_stop_time(now, is_pouring)
    # ... global pump_disabled
if check_water_source_empty(now):
    log_error('[!] Emergency stop of the pump. \
        Water source is empty')
    toggle_pump(STOP_PUMP)
    pump_disabled = True
```

Рисунок 3.22 – Опрацювання ситуації відсутності води у зовнішній ємності

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

У цьому випадку, сповіщення надсилається у хмару в журнал логування, у месенджер Slack та на електронну пошту компанії з доставки води. Повідомлення у Slack виглядає таким чином, як показано на рис. 3.23.



coffee-pump-bot APP 12:42 PM

ACTION REQUIRED! Replace a water bottle and enable the pump by adding water manually.

Рисунок 3.23 – Сповіщення про порожню зовнішню ємність

У результаті імплементації програмного коду, наведеного у даному підрозділі, забезпечено управління помпою з врахуванням станів, у яких може перебувати система та формування сповіщень – у випадку виникнення нетипових ситуацій, в тому числі і віддаленого формування замовлень води при її відсутності у зовнішній ємності.

3.6 Панель керування системи моніторингу рівня води

Для забезпечення зручності використання та візуального відображення поточного стану системи використано Cloud4RPi для реалізації панелі керування. Спочатку додано віджети для відображення важливих параметрів системи. На рис. 3.24 показано віджети щодо стану системи.

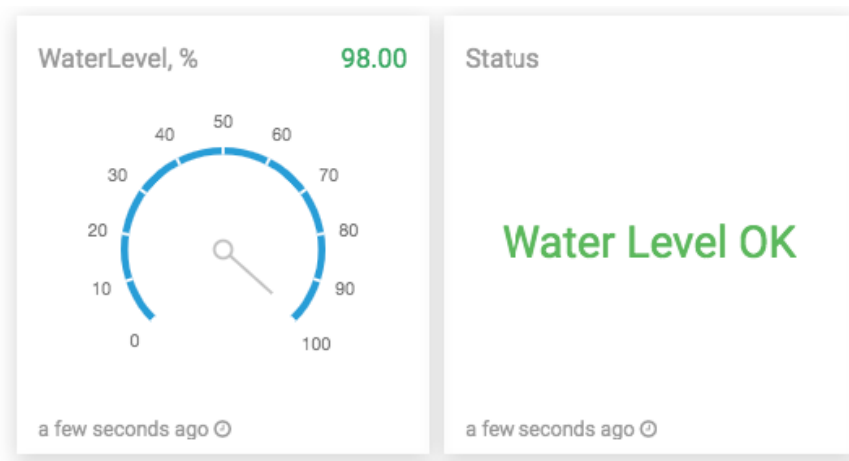


Рисунок 3.24 – Віджети рівня води і стану системи моніторингу

					КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Віджет для змінної, що відповідає за стан комп'ютеризованої системи може використовувати різні колірні схеми залежно від її значення. Відображення реалізованих станів системи показано на рис. 3.25.

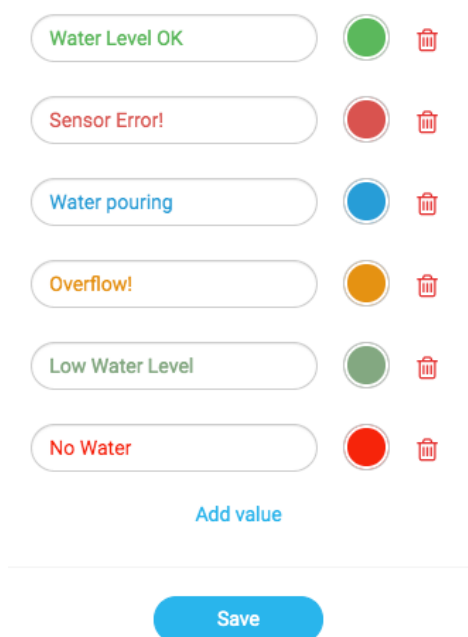


Рисунок 3.25 – Відображення станів системи

Окрім цього, до інтерфейсу системи моніторингу рівня води додано віджет графіків для відображення динамічних даних. На рис. 3.26 та рис. 3.27 можна побачити момент увімкнення та вимкнення помпи, а також відповідні рівні води.

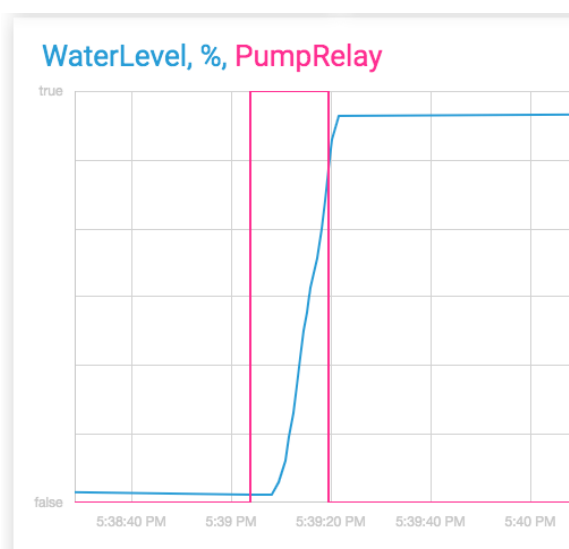


Рисунок 3.26 – Віджет з графіком

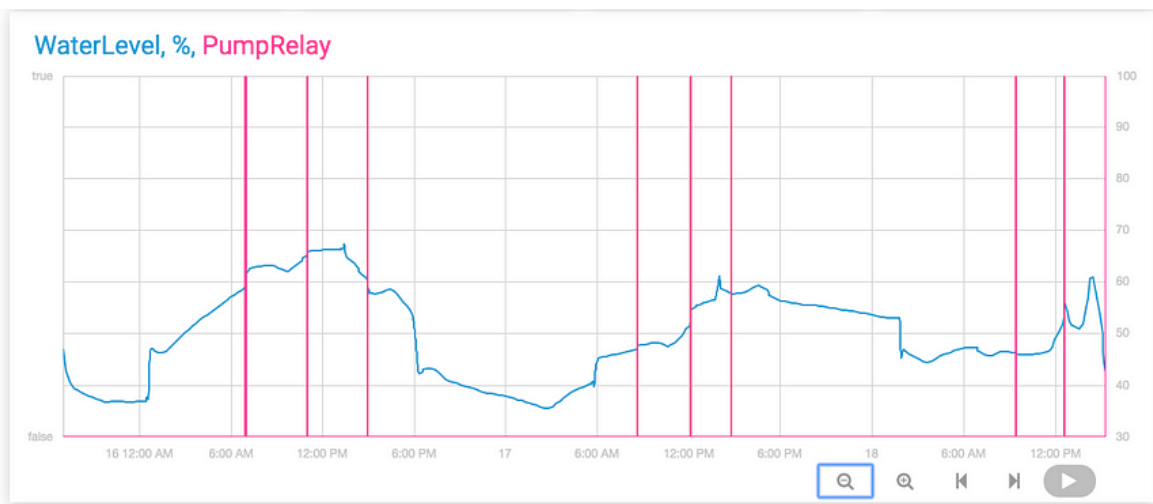


Рисунок 3.27 – Графік функціонування помпи

Сукупність усіх віджетів, які розроблено для візуалізації процесу моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень показано на рис. 3.28.

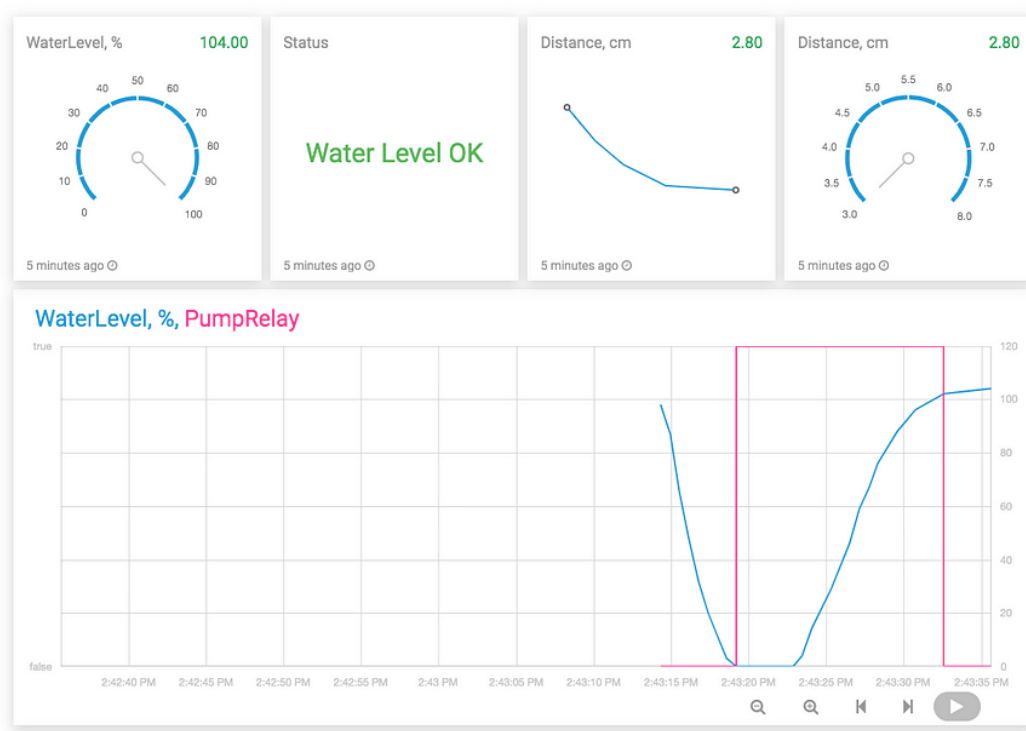


Рисунок 3.28 – Віджети системи моніторингу рівня води у кавомашинах

У результаті реалізації програмного забезпечення комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води повністю забезпечено логіку та заданий рівень продуктивності системи у відповідності до технічного завдання.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ

Широке промислове та побутове використання ПК актуалізувало питання охорони праці користувачів. Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення вимог з охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98 [21].

Дотримання вимог цих правил значно знижує наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними терміналами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань [21]. Виходячи з цього, роботодавець забезпечує гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації ВДТ, робочого середовища, робочих місць з ВДТ, режиму праці і відпочинку при роботі з ВДТ. Природне освітлення в приміщеннях з ВДТ здійснюється через вікна, орієнтовані переважно на північ або північний схід і забезпечують коефіцієнт природної освітленості не нижче, ніж 1,5 %. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, при цьому вікна обладнуються жалюзями або шторами [20]. Основні вимоги до виробничого приміщення для експлуатації ВДТ:

- заборона розташування у підвалах та цокольних поверхах;
- площа на одне робоче місце повинна становити не менше 6,0 м², а об'єм не менше 20,0 м³;
- наявність природного та штучного освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28 : 2018. „Природне і штучне освітлення”;

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>		
Розроб.		Олійник Б.Ю.					
Перевірив.		Яцишин В.В.					
Консульт.		Пилипець М.І.					
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						56	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		

- наявність шафи для зберігання документів, магнітних дисків, полиці, стелажі, тумби, з урахуванням вимог до площі приміщення;

- щоденне проведення вологого прибирання;

Поруч з приміщенням для роботи з ВДТ мають бути обладнані:

- побутова кімната для відпочинку під час роботи;

- кімната психологічного розвантаження.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць під час роботи з ВДТ:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення - найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;

- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;

- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;

- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);

- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;

- слід обирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний склад світла.

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґратів заборонено [20].

Виходячи з проведеного аналізу вимог до приміщень з експлуатації ПК можна зробити висновок про необхідність дотримання відповідних вимог регламентуючих документів. Це дозволить забезпечити умови праці зменшить негативний вплив на людину як біологічний об'єкт, при проектуванні та експлуатації комп'ютеризованих систем.

4.2 Надзвичайні ситуації, викликані вибухами і способи захисту від них

Вибух – це вивільнення значної кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. Вибух здійснюється частіше за все за рахунок вивільнення хімічної енергії вибухових речовин [23].

Вибухові речовини (ВР) – це порох, динаміт, тротил, нітрогліцерин та інші хімічні речовини, їх сполуки або суміші, здатні вибухнути без доступу кисню.

За складом ВР поділяються на вибухові хімічні сполуки і вибухові суміші, а за призначенням – на ініціювальні (первинні) та бризантні (вторинні). Ініціювальна ВР (азид свинцю, гримуча ртуть, тетразен тощо) - високочутлива до найпростіших імпульсів маса (удар, тертя, наколювання, електрична іскра тощо), яка застосовується для збудження вибухових перетворень у зарядах вторинних ВР. Бризантні ВР мають велику швидкість детонації, тобто швидкість вибухового перетворення - до 8 км/сек; серед них можна виділити гексоген, октоген, тротил, тетрил [23].

Під вибуховими пристроями (ВП) розуміють саморобні чи виготовлені промисловим способом вироби одноразового застосування, спеціально підготовлені і за певних обставин спроможні за допомогою використання хімічної, теплової, електричної енергії або фізичного впливу (вибуху, удару) створити вражаючі ефекти - спричинити смерть, тілесні ушкодження, істотну матеріальну шкоду шляхом вивільнення, розсіювання або впливу ударної хвилі, спалаху світла, теплової енергії, осколків, токсичних речовин, радіоактивних матеріалів, біологічних агентів. ВП можуть бути штатні та виготовлені з використанням побутових предметів – портфелів, іграшок, пакетів, електроприладів. Вони можуть спрацьовувати від натискування, падіння, піднімання, впливу радіохвиль певної частоти [23].

Основними елементами ВП є заряд ВР або вибухонебезпечної суміші, засоби ініціювання (підричник, детонатор), обладнання для приведення ВП у дію та корпус ВП, хоч останній може бути й безоболонковим.

Підриг вибухового пристрою може здійснюватись механічним, електричним або вогневим способами. Для першого використовують механічний

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підрильник – детонатор, ударник, пружину та запобіжну чеку. Для другого способу підриву застосовують електродетонатори, електробатарії або інше джерело живлення: ініціювання підриву відбувається шляхом замкнення електромережі і підриву детонатора (дистанційно або за допомогою проводів). Третій спосіб підриву передбачає для ініціювання детонатора використання вогнепровідного шнура.

Вибух – це процес надзвичайно швидкого горіння, що супроводжується швидким зростанням тиску і має велику руйнівну силу.

Якщо у повітряному середовищі виникає така концентрація пилу, парів або газів, яка досягає межі вибуху, то при наявності відкритого джерела вогню відбудеться вибух (табл.4.1).

Таблиця 4.1. – Концентраційні межі вибуху (займання) деяких горючих газів і парів, легкозаймистих і горючих рідин

Речовина	Нижня межа		Верхня межа	
	% за об'ємом	г/м ³ при 20 ⁰ С	% за об'ємом	г/м ³ при 20 ⁰ С
Метиловий спирт	6,7	46,5	38,5	512,0
Етиловий спирт	3,61	50,0	19,0	363,0
Бутан	1,8	37,4	8,5	204,8
Метан	5,28	16,66	15,4	102,6
Пропан	2,31	36,6	9,5	173,8
Ацетилен	2,50	16,5	82,0	885,6
Пропілен	2,30	34,8	11,1	169,0
Етилен	3,11	35,0	35,0	406,0
Бензол	1,43	42,0	9,5	308,0
Ксилол	1,0	44,0	7,6	34,0
Толуол	1,25	38,2	7,0	268,0
Ацетон	2,91	38,6	13,0	314,0
Аміак	17,0	112,0	27,0	189,0
Сірководень	4,0	61,0	44,5	628,0
Бензин паливний	2,4	137,0	4,9	281,0
Бензин розчинник	1,9	-	5,1	-
Водень	4,09	3,4	80,0	66,4

Пил деяких речовин має такі значення нижньої межі вибуху (г/м³): цукор - 8,9; торф - 10,1; сіно - 20,2; тирса - 65,0.

Найбільш небезпечним є високодисперсний пил, бо він має велику сумарну поверхню, що створює підвищену хімічну активність.

Вибухи та пожежі можуть виникати за таких обставин:

- у початковий період експлуатації виробництва — період притирання елементів технологічного обладнання (недоліки допущенні у процесі проектування, неякісне виконання монтажних робіт);
- в основний період експлуатації виробництва (через несправність контрольно-вимірювальних приладів та елементів обладнання, порушення вимог безпеки, недостатній нагляд і контроль, незадовільні планово-профілактичні ремонти);
- у період так званого "старіння" елементів технологічного обладнання (через корозію матеріалів, зношеність деталей, відсутність капітальних і поточних ремонтів).

Причинами виникнення пожеж можуть бути конструктивні недоліки та порушення експлуатації пічного опалення, електрообладнання та електроустаткування, інженерних комунікацій, дефекти обладнання; організаційні порушення режимів технологічних процесів, похибки при виконанні технологічних процесів, необережні дії персоналу та низький рівень їх кваліфікації, порушення правил при поводженні з вогнем.

Всі різноманітні причини пожеж можна об'єднати у дві великі групи, що пов'язані:

- I група - з недопустимою, з точки зору пожежної безпеки, появою горючого середовища в умовах, де є джерело вогню (розрив трубопроводів в котельнях, що працюють на рідкому паливі, підтікання паливних ліній, аварійний стан обладнання, викиди бітуму при варінні);
- II група - з недопустимою появою джерел вогню при наявності горючої суміші і окисника.

Сюди відносяться пожежі обумовлені такими чинниками як:

- порушення режимів роботи технологічного та інженерно-технічного обладнання;

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- недоліки монтажу та порушення експлуатації електрообладнання, електропроводки, електроапаратури (коротке замикання, іскріння, перевантаження проводів);
- недоліки при облаштуванні та експлуатації опалювальних систем та установок;
- недопустиме підвищенням температури при адіабатичному стисненні (робота компресорного устаткування);
- перегрів речовин, що обробляються, коли їх температура досягає температури самозаймання;
- порушення режиму зберігання та обробки самозаймистих речовин і матеріалів;
- необережне поводження з вогнем, незнання правил та норм пожежної безпеки, недбале ставлення до своїх обов'язків, навмисний підпал, накопичення електростатичних розрядів.

Безпосередньо причиною пожежі може стати у непередбачений час, у непередбаченому місці, з точки зору пожежної безпеки, поява того чи іншого компоненту, який бере участь в процесі горіння, а відтак, з метою профілактики, недопустимими є такі умови, що можуть призводити до неконтрольованих процесів горіння [23].

Основними вражаючими факторами вибухів є:

- повітряна ударна хвиля (ПУХ), що виникає при ядерних вибухах, вибухах детонуючих та ініціюючих речовин, при вибухових перетвореннях хмар паливно-повітряних сумішей, вибухів резервуарів з перегрітої рідиною і резервуарів під тиском;
- осколкові поля, створювані уламками різного роду об'єктів.

Основними параметрами вражаючих факторів є:

- повітряна ударна хвиля – надлишковий тиск в її фронті;
- осколкове поле – кількість осколків, їх кінетична енергія і радіус розльоту.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті дії вражаючих факторів вибуху відбувається руйнування або пошкодження будівель, споруд, обладнання, елементів комунікації, і загибель людей і тварин.

Вторинними наслідками вибухів є ураження об'єктів, які знаходяться всередині приміщень, уламками завалених конструкцій будівлі. У результаті вибухів можуть виникнути пожежі, витік небезпечних речовин з пошкодженого обладнання. При пожежах і вибухах люди отримують термічні і механічні травми. Характерні опіки верхніх дихальних шляхів, тіла, черепно-мозкові травми, множинні переломи і удари, комбіновані ушкодження [23].

Для запобігання пожеж і вибухів необхідно виключити можливість утворення горючого і вибухонебезпечного середовища, а також запобігти появі в цих середовищах джерел загоряння.

Уражаюча дія вибуху, незалежно від його природи, може призводити до значних матеріальних і людських втрат. Особливо актуальним є питання збереження життя людей і забезпечення функціонування підприємств стратегічного значення в Україні в умовах війни на сході.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі реалізовано проєкт повноцінної комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у резервуарі кавомашини з можливістю дистанційного формування замовлень. Запропоноване рішення демонструє ефективну інтеграцію апаратних компонентів та програмного забезпечення, орієнтованого на безперервне вимірювання рівня рідини, автоматичне керування насосом та інформування користувача про стан системи.

Під час реалізації проєкту забезпечено вирішення таких задач:

- проаналізовано принципи роботи кавомашин та обґрунтовано необхідність автоматизації контролю рівня води;
- розроблено архітектуру системи, яка включає Raspberry Pi, ультразвуковий сенсор, електричне реле та помпу;
- запрограмовано логіку автоматичного контролю рівня води, реалізовано обмін даними з хмарним сервісом Cloud4RPi;
- забезпечено можливість віддаленого інформування та моніторингу в реальному часі;
- проведено тестування працездатності системи, з урахуванням аварійних сценаріїв.

Результати роботи свідчать про доцільність застосування IoT-технологій у побутовому середовищі з метою зниження впливу людського фактору, підвищення комфорту та функціональної надійності систем обслуговування. Запропоноване рішення може бути масштабованим і адаптованим для інших потреб, а також слугувати основою для подальших досліджень у галузі автоматизації процесів із використанням доступних платформ на базі мікроконтролерів.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Романчук В. М. Вбудовані системи в реальному часі: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2021. 172 с.
2. Raspberry Pi Documentation. 2025. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/> (дата звернення: 02.06.2025 р.)
3. Saeco Aulika Focus User Manual. Saeco Professional. 2020.
4. HC-SR04 Ultrasonic Sensor Datasheet. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> (дата звернення: 05.06.2025 р.)
5. MQTT Protocol Specification. OASIS Standard. 2024. URL: <https://mqtt.org> (дата звернення: 06.06.2025 р.)
6. Cloud4RPi Documentation [Електронний ресурс]. 2025. URL: <https://cloud4rpi.io/docs/> (дата звернення: 06.06.2025 р.)
7. Яворський Ю. В. Інтернет речей: архітектура, протоколи, безпека. Київ: КНУ, 2020. 212 с.
8. Алгоритми обробки сигналів у вбудованих системах / За ред. І. М. Смірнова. Харків: ХНУРЕ, 2021. 240 с.
9. Yatsyshyn V., Pastukh O., Lutsiv A., Tsymbalistyy V., Martsenko N. A Risks management method based on the quality requirements communication method in agile approaches. Information technologies: theoretical and applied problems, 2022. P. 1-10.
10. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyi R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU.Tern.: TNTU. 2023. Vol 109. No 1. P. 54–65.
11. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskyi R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17
12. Плахтій О.С. Проєктування систем автоматизації з використанням Arduino. Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Центр учбової літератури», 2020. 168 с.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

13. Войцеховський А.А. Мікроконтролери та периферійні пристрої: проектування та програмування. Львів: Афіша, 2019. 284 с.
14. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для розроблені у відповідності з освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології». Тернопіль, ТНТУ. 2024. 39 с.
15. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
16. Range finder. URL: <https://www.britannica.com/technology/range-finder> (дата звернення: 26.04.2024).
17. Electronic Range Finder Technology Application Essay. URL: <https://ivypanada.com/essays/electronic-range-finders/> (дата звернення: 28.04.2024).
18. Muzal M., Wojtanowski J., Mierczyk Z., Zygmunt M. Laserowy miernik prędkości pojazdów. Elektronika, 57. 2016. PP. 38–40.
19. IEC 60825–1 “Safety of Laser Products—Part 1: Equipment Classification and Requirements”. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/3587> (дата звернення: 08.05.2024).
20. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.
21. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.
22. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 20 с.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

23. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / Т.Є. Стиценко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. Харків: ХНРУЕ, 2018. 336 с.

					<i>КС КРБ 123.218.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						66
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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.

“___” _____ 2025 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ВОДИ У
КАВОМАШИНАХ З СЕРВІСОМ ВІДДАЛЕНОГО ФОРМУВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 15 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.

«___» _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-41

_____ Олійник Б.Ю.

«___» _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.218.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Олійник Богдан Юрійович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 16.06.2025 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'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень може розглядатися та бути реалізована як частина сучасного комплексу «розумної кухні». Дана система є прикладом впровадження концепції Інтернету речей (IoT) у сфері обслуговування офісів, коворкінгів, а також у домашніх умовах. Основна мета розробки полягає у підвищенні рівня автоматизації процесу приготування кави, зменшенні втручання людини у технічне обслуговування обладнання та запобіганні випадків, пов'язаних з нестачею води в резервуарі кавомашини.

Система забезпечує безперервний моніторинг рівня води у внутрішньому баку кавомашини шляхом використання ультразвукового сенсора HC-SR04, що підключений до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi. На основі аналізу даних про рівень рідини система здатна виявляти ситуації, коли необхідне поповнення води, та активує електричну помпу через реле для автоматичного доливання з зовнішньої ємності. У разі виникнення аномальних ситуацій або збоїв (наприклад, відсутності сигналу сенсора, сухого запуску помпи), система генерує повідомлення та передає їх користувачу за допомогою хмарного сервісу.

Окрім локального автоматичного керування, система підтримує функціонал віддаленого моніторингу та взаємодії із користувачем через вебінтерфейс або мобільний додаток, що дає змогу контролювати стан кавомашини, переглядати рівень

води та формувати замовлення на її обслуговування чи поповнення ресурсу. Таким чином, інтеграція IoT-рішень в процес функціонування кавового обладнання підвищує ефективність, зменшує людський фактор і забезпечує передбачуваність в обслуговуванні.

Комп'ютеризована система орієнтована на офісні простори з високим навантаженням на кавомашину, де важливо забезпечити безперебійну роботу техніки без втрати часу на ручне обслуговування. Завдяки модульному підходу, система може бути адаптована до різних моделей кавових апаратів і легко масштабована під потреби організації. У перспективі можливе розширення функціональності системи, зокрема, моніторинг залишків кавових зерен, інтеграція з CRM-системами, ведення статистики споживання води та звітності щодо поповнень.

Таким чином, призначення системи полягає у створенні сучасного рішення для автоматизації процесу моніторингу, керування та віддаленого адміністрування кавомашини, що забезпечує стабільне функціонування обладнання, економію ресурсів та підвищення зручності для користувачів і персоналу.

2.2 Мета створення системи

Метою створення комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах із сервісом віддаленого формування замовлень є забезпечення безперебійної роботи кавового обладнання за рахунок автоматизації контролю рівня води та інтеграції можливостей дистанційного адміністрування. Система покликана знизити ймовірність зупинки кавомашини через відсутність води, оптимізувати технічне обслуговування та забезпечити комфорт для користувача шляхом мінімізації ручного втручання.

Досягнення зазначеної мети можливе за умови вирішення комплексу наступних задач:

- здійснити аналітичний огляд існуючих рішень для автоматизованого моніторингу стану кавового обладнання, а також інструментів IoT-інтеграції для побутових приладів;

- спроектувати загальну структурну та функціональну архітектуру комп'ютеризованої системи з урахуванням вимог до точності, надійності та масштабованості;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи для реалізації системи, а також електричних і виконавчих компонентів;
- реалізувати програмне забезпечення для зчитування даних з датчика, обробки вимірювань, логіки вмикання помпи та взаємодії з хмарним сервісом для віддаленого моніторингу;
- розробити механізм сповіщення про помилки (наприклад, виявлення відсутності води, збій сенсора) через вебінтерфейс або месенджери;
- провести тестування працездатності системи та оцінити її ефективність за критеріями точності вимірювання, швидкодії реагування та стабільності в довготривалому використанні.

2.3 Характеристика об'єкту

Комп'ютеризована система, яка проектується в межах цієї кваліфікаційної роботи, є прикладом сучасного інтелектуального рішення, спрямованого на автоматизацію моніторингу рівня води у побутових та професійних кавомашинах. Проєкт реалізує концепцію Інтернету речей (IoT) у поєднанні з технологіями сенсорного вимірювання, мікроконтролерного керування, бездротового зв'язку та хмарної аналітики, що дозволяє класифікувати систему як «розумний» пристрій дистанційного керування і діагностики.

Головною функціональною перевагою системи є її здатність у реальному часі визначати рівень води в резервуарі кавомашини без необхідності фізичного втручання з боку користувача. Для цього використовується ультразвуковий сенсор, який встановлюється безпосередньо над резервуаром і вимірює відстань до поверхні води. Обробка отриманих даних здійснюється на мікрокомп'ютері, який, окрім керування сенсором, забезпечує зв'язок із виконавчими елементами системи, зокрема електрпомпою, що подає воду з зовнішнього джерела.

На основі визначеного рівня води система приймає рішення про необхідність наповнення резервуара. У випадку виявлення нестачі води, активується електропомпа, підключена через реле. Наповнення виконується до досягнення заданого мінімального рівня. Стан пристрою, а також усі зміни (виявлення порожнього резервуара, запуск/зупинка помпи, помилки сенсора) фіксуються та передаються у хмарний сервіс для подальшого моніторингу.

Для підвищення зручності взаємодії користувача з системою передбачена можливість перегляду поточного стану системи через мобільний застосунок або браузер. Окрім цього, повинна бути реалізована функція відправлення сповіщень (наприклад, через Slack), що інформує користувача про несправності чи потребу технічного втручання.

Мікрокомп'ютер повинен забезпечувати достатню обчислювальну потужність для одночасної обробки сенсорних даних, управління периферією та підтримки мережових інтерфейсів. Його інтерфейси повинні забезпечити простоту підключення додаткових датчиків (наприклад, рівня кавових зерен, температури або тиску), що відкриває перспективи подальшого розширення функціональності системи.

Живлення пристрою може здійснюватися як від стандартного мережевого адаптера, так і від зовнішнього акумулятора або безперебійного джерела живлення, що дозволяє розгортання системи в автономному режимі. Конструктивно необхідно передбачити мінімальний набір елементів керування для спрощення експлуатації системи навіть у непрофесійних користувачів.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги, що висуваються до комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах із сервісом віддаленого формування замовлень, можна умовно поділити на функціональні та нефункціональні. Функціональні вимоги визначають перелік задач, які повинна виконувати система, включаючи зчитування рівня води, керування подачею води за допомогою помпи, формування звітів та повідомлень, а

також взаємодію з користувачем у віддаленому режимі. Нефункціональні вимоги стосуються таких аспектів, як надійність, автономність, адаптивність, масштабованість та енергоефективність системи.

Основні функціональні вимоги до системи:

- забезпечення безперервного зчитування рівня води за допомогою ультразвукового датчика;
- аналіз поточних даних та прийняття рішення про запуск помпи у разі досягнення критичного рівня води;
- автоматичне вмикання/вимикання електропомпи через реле за командою з Raspberry Pi;
- передача інформації про стан резервуара у хмарну платформу моніторингу;
- генерація повідомлень у разі аварійних ситуацій (відсутність сигналу датчика, відсутність змін рівня при роботі помпи тощо);
- підтримка віддаленого керування та формування замовлення води на заміну через інтегрований веб-інтерфейс або мобільний застосунок;
- логування змін стану системи для подальшого аналізу (включення/вимкнення помпи, помилки сенсорів, час реагування тощо);
- можливість ручного перезапуску системи або її окремих компонентів (помпа, сенсор, модуль зв'язку);

Вимоги до системи з програмної точки зору:

- точність визначення рівня води не нижче 95% за стандартних умов експлуатації;
- максимальний час затримки між зміною рівня води та реакцією системи — не більше 2 секунд;
- інтервал між запитами до хмарного сервісу не перевищує 5 хвилин у режимі очікування та 0,5 секунди у активному режимі;
- формування сповіщень про зміну стану у форматі, сумісному зі Slack, або подібними сервісами;
- підтримка аварійного завершення роботи з подальшим збереженням стану системи;

- реалізація модуля самодіагностики з перевіркою працездатності сенсора, помпи, реле та з'єднання з мережею при кожному запуску;
- підтримка динамічного оновлення програмного забезпечення та конфігурацій (наприклад, порогів рівня води);
- забезпечення безпеки передачі даних шляхом автентифікації пристрою в хмарному середовищі;
- мінімальне енергоспоживання у режимі очікування (наприклад, переведення в енергозберігаючий режим з періодичним пробудженням для зчитування показників).

Нефункціональні вимоги:

- надійність: система повинна продовжувати роботу без збоїв протягом тривалого часу (від тижня до місяця) без перезавантаження;
- відмовостійкість: у разі втрати зв'язку з мережею система має зберігати поточний стан та повторити передачу даних при відновленні;
- масштабованість: система повинна легко адаптуватися для керування кількома кавомашинами або групою пристроїв;
- енергоефективність: особливо в автономному режимі при використанні акумулятора або павербанку;
- простота встановлення та конфігурації: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс налаштування та мінімальна потреба у втручанні користувача.

Таким чином, сформульовані вимоги забезпечують основу для проектування та реалізації надійної, ефективної та розширюваної системи моніторингу води у кавомашинах з можливістю її подальшого вдосконалення.

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

Для забезпечення коректного функціонування комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води необхідна чітко структурована комунікаційна взаємодія між основними апаратними модулями. Основу інформаційного обміну становить одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3 Model B, який виконує функції керування всіма процесами – від зчитування даних з сенсора до управління електропомпою і передавання інформації у хмарну платформу моніторингу.

Фізичні з'єднання між компонентами реалізуються через високошвидкісні GPIO-інтерфейси, які забезпечують стабільну і малозатратну в енергетичному сенсі комунікацію. Передбачаються такі ключові з'єднання:

- ультразвуковий сенсор HC-SR04 підключається до GPIO-портів (TRIG – вихід, ECHO – вхід), що забезпечує безперервне вимірювання рівня води у резервуарі;
- модуль реле взаємодіє з Raspberry Pi через цифровий вихід, отримуючи сигнал для активації або деактивації електропомпи HotFrost A12, яка виконує подачу води в бак кавомашини;
- Wi-Fi-модуль, вбудований у Raspberry Pi, відповідає за віддалену комунікацію з хмарним сервісом (наприклад, Cloud4RPi) для передачі стану пристрою, а також отримання або надсилання повідомлень через сторонні сервіси (наприклад, Telegram, Slack);
- кнопка керування або індикатор може бути підключена до вільного GPIO-виводу для реалізації ручного перезапуску системи або індикації помилок.

Уся внутрішня логіка системи працює у синхронізації з таймерами та обробкою подій (event-based triggers), що дозволяє мінімізувати навантаження на процесор і скоротити час реакції системи при зміні рівня води.

Для можливого розширення функціональності в подальших версіях системи можуть бути використані інші засоби зв'язку:

- I2C — для підключення додаткових датчиків (температури, вологості, потоку води);
- UART — для під'єднання зовнішнього модуля GSM або модему для автономного підключення до інтернету;
- SPI — для роботи з дисплейними модулями або зовнішніми мікроконтролерами;
- Bluetooth Low Energy (BLE) — для швидкого з'єднання з мобільними додатками без підключення до загальної мережі.

3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностика комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашині повинна забезпечувати своєчасне виявлення несправностей ключових апаратних та

програмних компонентів як під час початкового завантаження системи, так і в процесі її безперервної роботи. Діагностика передбачає перевірку працездатності сенсора рівня води, коректності функціонування Raspberry Pi, наявності зв'язку з реле та помпою, а також за доступність підключення до хмарного сервісу для віддаленого моніторингу. Результати перевірок фіксуються у лог-файлах і можуть передаватися у вигляді повідомлень адміністратору через відповідний інтерфейс (наприклад, Slack).

На етапі ініціалізації система повинна автоматично протестувати ультразвуковий сенсор (перевірка сигналу відображення та стабільності вимірювань), мікрокомп'ютер Raspberry Pi, зокрема, щодо доступності GPIO-портів і основних бібліотек. Перевірка реле є реакцією на тестовий імпульс увімкнення/вимкнення, а помпа перевіряється на можливість подачі живлення і зворотної індикації через датчики струму або напруги (за наявності).

На програмному рівні виконується перевірка стабільності з'єднання з хмарним сервером та відправка контрольного пакета даних, а також правильність обробки логіки при аварійному спрацюванні системи (наприклад, при втраті зв'язку або збої у живленні).

3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

У контексті подальшого розвитку та модернізації комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах доцільно передбачити впровадження додаткових функцій, які забезпечать гнучкість, масштабованість та зручність у використанні. Одним із перспективних напрямів є розширення інтерфейсу користувача за рахунок мобільного застосунку з можливістю віддаленого перегляду стану системи, зміни порогів рівня води, увімкнення/вимкнення помпи, а також інтеграції з внутрішньою системою обліку замовлень або CRM-рішенням. Таке розширення дозволить обслуговуючому персоналу своєчасно реагувати на сигнали системи, а в корпоративному середовищі – автоматизувати облік споживання води та формування графіку поповнення.

Ще одним вектором вдосконалення є інтеграція системи з модулем моніторингу рівня кавових зерен або інших витратних матеріалів, що дозволить створити комплексну IoT-систему обслуговування кавомашини. Окрім цього, можлива

реалізація голосового інтерфейсу керування, повідомлень про статус та помилки, підключення модулів самообслуговування користувачів (наприклад, підтвердження замовлення через QR-код або NFC). Такі покращення сприятимуть повній автоматизації процесів поповнення, підвищенню ефективності обслуговування кавових станцій у громадських місцях та офісах, а також зменшенню участі людини у рутинних операціях.

3.1.4 Вимоги до надійності системи

Комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах повинна відповідати високим вимогам до надійності, оскільки її основне призначення – автоматичне забезпечення безперебійної роботи кавомашини. Це має ключове значення для якості обслуговування користувачів та стабільності сервісних процесів. Система повинна функціонувати у безперервному режимі, своєчасно фіксуючи критичні зміни рівня води в резервуарі та гарантовано активувати помпу у разі потреби. У випадку збою, перезапуску або короткочасного відключення живлення, повинна забезпечуватися повна відновлюваність роботи без втрати попереднього стану або налаштувань.

Надійність має також охоплювати апаратні компоненти, зокрема, стабільність з'єднання між Raspberry Pi, ультразвуковим сенсором, модулем реле та електричною помпою. Надзвичайно важливо забезпечити стійкість передавання сигналів у разі використання безпроводних модулів керування або хмарної синхронізації. Програмне забезпечення має включати механізми обробки помилок, тайм-аутів, та повторного з'єднання з хмарними платформами у разі порушення комунікації. Надійне функціонування в режимах пікового навантаження або за наявності збоїв дозволяє гарантувати безпечне та своєчасне формування замовлень, а також мінімізувати ризик простоїв чи ручного втручання.

3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Вимоги до функцій і задач, які має реалізовувати комп'ютеризована система моніторингу рівня води у кавомашинах, зумовлені потребою в автоматичному управлінні станом водяного резервуара та інтеграцією з платформами дистанційного

замовлення. Основною функцією системи є безперервний контроль рівня води у баку за допомогою ультразвукового сенсора та активація електричної помпи при досягненні критично низького рівня. Додатково система повинна синхронізуватись із зовнішнім інтерфейсом керування (наприклад, мобільним додатком або хмарним сервісом), де відображається стан системи та надсилаються повідомлення у разі несправностей або потреби втручання.

Серед ключових задач, що виконує система:

- зчитування поточних значень відстані між поверхнею води і сенсором за допомогою модуля HC-SR04;
- обчислення відсоткового рівня заповнення резервуара та ухвалення рішення щодо необхідності ввімкнення або вимкнення помпи;
- передавання статусу системи до хмарного сервісу або на локальний інтерфейс користувача;
- реєстрація помилок, таких як відсутність сигналу з датчика або збої в роботі помпи;
- виконання віддалених команд (за наявності мережевого з'єднання) для ручного запуску або зупинки помпи.

3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

Основні вимоги до апаратних компонентів включають сумісність, простоту інтеграції, енергоефективність та стійкість до умов експлуатації в побутовому середовищі. Усі елементи системи повинні забезпечувати точне вимірювання рівня води, автоматичне керування помпою та передачу даних на зовнішні платформи для віддаленого моніторингу або сповіщення користувача.

До складу апаратної частини системи входять такі основні компоненти:

- Raspberry Pi 3 Model B – центральний керуючий модуль, що виконує обчислення, управління периферією та взаємодію з хмарним сервісом;
- ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 – пристрій для визначення рівня води на основі принципу вимірювання часу проходження звукового імпульсу;
- реле – модуль для комутації електроживлення до помпи, керований сигналом з GPIO Raspberry Pi;

- електрична помпа Hot Frost A12 – пристрій для автоматичного наповнення резервуара водою з зовнішньої ємності;
- джерело живлення (адаптер або мобільний акумулятор) – забезпечує живлення Raspberry Pi та периферійних пристроїв;
- проводове з'єднання – для підключення сенсора, реле, та помпи до відповідних пінів мікрокомп'ютера.

3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення розроблюваної комп'ютеризованої системи повинно забезпечувати безперебійну інтеграцію між усіма апаратними модулями, виконання алгоритмів вимірювання рівня води, автоматичне керування електричною помпою та можливість взаємодії з хмарними сервісами для віддаленого моніторингу. Основною вимогою до ПЗ є його стабільність, точність вимірювань і здатність до масштабування з урахуванням потреб користувача.

До ключових вимог належать:

- сумісність з операційною системою Raspbian Buster Lite, встановленою на Raspberry Pi 3 Model B;
- реалізація програмної логіки керування сенсорами та помпою мовою Python 3, з використанням бібліотек RPi.GPIO, time, requests тощо;
- інтеграція модуля вимірювання відстані на основі ультразвукового сенсора HC-SR04 з алгоритмом обчислення глибини резервуара;
- реалізація логіки виявлення критичного рівня води та автоматичне вмикання/вимикання помпи через реле;
- формування віддалених сповіщень при аварійних ситуаціях через REST-запити або WebHook-сервіси (Slack, Cloud4RPi тощо);
- підтримка логування даних та подій системи (активація помпи, зміни рівня води, діагностика помилок);
- оптимізація споживання ресурсів та мінімізація затримки обробки сигналу.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
- 1 Архітектура системи моніторингу рівня води у кавомашинах..
- 2 Структура типової кавомашини.
- 3 Блок-схема алгоритму моніторингу рівня води у кавомашинах.
- 4 Діаграма станів системи моніторингу рівня води у кавомашинах.

*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 технічного завдання	27.01 – 02.02.2025
2.	Аналіз принципу функціонування кавомашин та вимог до процесу моніторингу за рівнем води	03.02-04.03.2025
3.	Проектування архітектури комп'ютеризованої системи моніторингу рівня води у кавомашинах на концептуальному та апаратному рівні	05.03-27.04.2025
4.	Програмний рівень системи моніторингу рівня води у кавомашинах з сервісом віддаленого формування замовлень	28.04-20.05.2025
5.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	20.05-30.05.2025
6.	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	30.05-08.06.2025

№ Етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06 – 15.06.2025
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06 – 20.06.2025
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06.2025 р.

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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