

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)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом

Виконав: студент IV курсу, групи СІс-42

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Атаманчук Ю.А.</u> (підпис)	<u>Атаманчук Ю.А.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Яцишин В.В.</u> (підпис)	<u>Яцишин В.В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Луцик Н.С.</u> (підпис)	<u>Луцик Н.С.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис)	<u>Осухівська Г.М.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	<u></u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2024

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Атаманчуку Юрію Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом

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

Затверджені наказом ректора від « 26 » 04 2024 року № 4/7-468

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

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



## АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом // Кваліфікаційна робота бакалавра // Атаманчук Юрій Андрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІс-42 // Тернопіль, 2024 // с. – 56, рис. – 24, табл. – 0, аркушів А1 – 4, додат. – 3, бібліогр. – 18.

Ключові слова: комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом, мікроконтролер, stm32, програмне забезпечення.

Кваліфікаційну роботу бакалавра присвячено розробці комп'ютеризованій системи дистанційного керування акваріумом. На основі результатів огляду та аналізу аналогів розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом. Здійснено обґрунтування вибору протоколів та інтерфейсів для роботи системи та описано процес розробки. Розроблено алгоритм роботи апаратної частини системи та здійснено опис програмних функцій мікроконтролера. Розроблено програмне забезпечення для тестування системи та подальшої роботи з нею. Розглянуто основні питання безпеки життєдіяльності та основ охорони праці, стосовно проєктованої системи та її використання.

## ANNOTATION

Computerized remote control system for the aquarium // Bachelor's thesis//  
Atamanchuk Yuriy Andriyovych // TNTU , Faculty of Computer Information Systems  
and software engineering, department of computer systems and measurement, group  
SIS-42 // Ternopil, 2024 // p. – 56, fig. – 24, table. – 0, posters A1 – 4, add. – 3, ref. -  
18.

Keywords: computerized remote control system for the aquarium, stm32,  
security software.

Bachelor's thesis is dedicated to the development of a computerized remote control system for the aquarium. Based on the results of inspection and analysis of analogues, a structural diagram of a computerized system for remote aquarium care has been developed. The selection of protocols and interfaces for the robotic system has been described and the development process has been described. The algorithm of the hardware part of the system is expanded and a description of the software functions of the microcontroller is provided. The software for testing the system and further work with it has been developed. The basic nutritional security of life and the fundamentals of health protection, a well-designed system and nutritional system are examined.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ .....	10
1.1 Аналіз вимог до комп'ютерної системи дистанційного керування акваріуму.....	10
1.1.1 Призначення комп'ютерної системи дистанційного керування акваріумом.....	10
1.1.2 Вимоги до КСДКА .....	11
1.1.3 Вимоги до апаратного забезпечення КСДКА .....	12
1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання до КСДКА.....	14
1.2.1 Огляд існуючих автоматизованих засобів для догляду за КСДКА .....	14
1.2.2 Вибір апаратної платформи для КСДКА .....	16
1.2.3 Огляд мікроконтролерів STM32 .....	17
1.2.4 Вибір протоколів передачі даних для КСДКА .....	18
1.2.5 Розробка модулів зв'язку для КСДКА .....	19
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ .....	20
2.1 Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом.....	20
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення для системи дистанційного керування акваріумом.....	21
2.2.1 Мікроконтролер STM32F407.....	21
2.2.2 Датчик температури і вологості ВМЕ280 .....	22
2.2.3 Сервопривід SG90 .....	24

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ				
					Зміст				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Атаманчук Ю.А.					5		
Перевір.		Яцишин В.В.							
Рецензент									
Н. контр.		Луцик Н.С.							
Зав. каф.		Осухівська Г.М.							
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42				

2.2.4 Датчик якості повітря MQ-135 .....	25
2.2.5 LCD дисплей 1602 .....	26
2.2.6 Інфрачервоний датчик TSOP58238 та інфрачервоний пульт Ks0088 .....	27
2.3 Опис електричної схеми пристрою комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом.....	29
<b>РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ .....</b>	<b>30</b>
3.1 Опис алгоритму роботи комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом.....	30
3.2 Розробка програмного забезпечення системи дистанційного керування акваріумом .....	33
3.3 Тестування спроектованої комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом.....	45
<b>РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....</b>	<b>48</b>
4.1 Долікарська допомога при шоку .....	48
4.2 Особливості заходів електробезпеки на підприємствах .....	50
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>55</b>
Додаток А.....	57
Додаток Б.....	71
Додаток В.....	73

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КСДКА– Комп’ютеризована система дистанційного керування акваріумом

ШИМ – Широтно-Імпульсна Модуляція

АЦП – Аналого-Цифровий Перетворювач

I2C – Inter-Integrated Circuit

SPI – Serial Peripheral Interface

IDE – Integrated Development Environment

USB – Universal Serial Bus

ЦАП – Цифро-Аналоговий Перетворювач

АЦП – Аналого-Цифровий Перетворювач

МК – мікроконтролер

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



## ВСТУП

Автоматизація процесів управління стає дедалі важливішою у багатьох сферах життя, включаючи догляд за домашніми тваринами та рослинами. Однією з таких сфер є акваріумістика, де стабільні та безпечні умови проживання водних мешканців відіграють ключову роль. Зростаючий інтерес до акваріумістики серед аматорів та професіоналів стимулює розвиток нових технологічних рішень для забезпечення належного догляду за акваріумами.

Традиційно, підтримання оптимальних умов у акваріумі вимагало постійної уваги та значних зусиль з боку власника. Контроль за рівнем кисню, температурою води, чистотою та іншими параметрами часто був ручним і потребував регулярного втручання. Однак, розвиток сучасних технологій, зокрема у сфері електроніки та мікроконтролерів, відкрив нові можливості для автоматизації цих процесів.

Використання мікроконтролерів у системах управління дозволяє значно підвищити ефективність та зручність догляду за акваріумом. Мікроконтролери, такі як STM32, забезпечують високу точність вимірювань та контроль над різними параметрами акваріумного середовища, що є важливим для здоров'я та благополуччя водних мешканців.

На сучасному ринку існує багато рішень для автоматизації акваріумів, однак не всі вони відповідають вимогам зручності, доступності та функціональності. Більшість комерційних продуктів є або занадто дорогими, або складними у налаштуванні та використанні, що обмежує їх застосування серед широкого кола користувачів.

Тому актуальність розробки доступної та функціональної комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом є очевидною. Така система повинна забезпечувати автоматичний контроль ключових параметрів акваріумного середовища, таких як рівень кисню та температура води, а також дозволяти користувачеві вручну керувати цими параметрами за допомогою зручного інтерфейсу.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Важливим аспектом такої системи є її надійність та можливість безперебійної роботи протягом тривалого часу. Система повинна мати можливість інтеграції з іншими пристроями та забезпечувати зворотній зв'язок з користувачем, через дисплей. Крім того, важливим є питання енергоефективності, що дозволяє знизити витрати на утримання системи.

Враховуючи ці аспекти, розробка комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом на базі мікроконтролера STM32 є перспективним напрямом, який дозволяє вирішити низку важливих задач в області автоматизації акваріумістики. Сучасні мікроконтролери пропонують широкий спектр можливостей для реалізації складних функцій управління та моніторингу, що робить їх ідеальним вибором для даного проекту.

Таким чином, дана робота спрямована на створення ефективної, надійної та доступної системи управління акваріумом, яка може бути використана як аматорами, так і професіоналами в сфері акваріумістики.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ

## 1.1 Аналіз вимог до комп'ютерної системи дистанційного керування акваріуму

### 1.1.1 Призначення комп'ютерної системи дистанційного керування акваріумом

Комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом розроблена для автоматизації та оптимізації процесів догляду за акваріумними мешканцями. Її призначенням є забезпечення постійного моніторингу та управління основними параметрами водного середовища, що є критично важливими для здоров'я і благополуччя риб та інших акваріумних організмів.

Основною метою системи є створення та підтримання стабільних умов у акваріумі, що є важливим фактором для запобігання стресу у риб та інших водних організмів. Постійний моніторинг температури та рівня кисню у воді дозволяє забезпечити оптимальні умови для життя акваріумних мешканців.

Для моніторингу температури води допомогою датчику кисню в акваріумі вимірюється рівень розчиненого кисню. Автоматичне включення компресора для аерації води у разі зниження рівня кисню до критичних значень.

Система дозволяє автоматизувати рутинні процеси, пов'язані з доглядом за акваріумом, що значно полегшує життя власникам. Це включає в себе автоматичне керування компресором.

Система автоматично включає та вимикає компресор залежно від рівня кисню у воді.

Пристрій має працювати у двох режимах роботи ручному та автоматичному.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Атаманчук Ю.А.			Аналіз технічного завдання щодо реалізації комп'ютерної системи дистанційного керування акваріумом	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Яцишин В.В.					10	
Рецензент						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. контр.		Луцик Н.С.						
Зав. каф.		Осухівська Г.М.						

### 1.1.2 Вимоги до КСДКА

Функціональні вимоги до комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом включають різноманітні аспекти, спрямовані на забезпечення ефективної та зручної експлуатації системи. Перш за все, система повинна виконувати постійний моніторинг температури води. Це досягається за допомогою високоточних температурних датчиків, які забезпечують точні вимірювання в режимі реального часу. У разі виявлення відхилень від заданих параметрів, система автоматично вживає заходів для коригування температури, включаючи увімкнення або вимкнення нагрівача.

Крім температури, важливою функцією системи є моніторинг рівня розчиненого кисню у воді. Для цього використовуються спеціальні датчики кисню, які забезпечують точні вимірювання цього показника. У разі зниження рівня кисню до критичних значень, система автоматично активує компресор для аерації води, що дозволяє підтримувати необхідний рівень кисню.

Система також повинна мати можливість автоматичного управління компресором. Це включає в себе автоматичне вмикання та вимикання компресора залежно від рівня кисню у воді, а також можливість регулювання інтенсивності його роботи. Такий підхід забезпечує оптимальну аерацію води та запобігає надмірному енергоспоживанню.

Дистанційне керування та моніторинг є важливим аспектом функціональних вимог. Система повинна підтримувати дистанційне керування за допомогою інфрачервоного пульта, що дозволяє користувачам зручно управляти системою без необхідності безпосереднього доступу до неї.

Зручність користування є ще одним важливим аспектом функціональних вимог. Інтерфейс має повинен бути зрозумілим, що дозволяє навіть недосвідченим користувачам легко налаштувати і керувати системою. Легкість установки і налаштування також має бути на високому рівні, що дозволяє швидко і без особливих зусиль запустити систему в роботу.

Останнім, але не менш важливим, є вимога до масштабованості та можливості модернізації системи. Система повинна бути спроектована таким

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

чином, щоб її можна було легко розширювати та модернізувати в майбутньому. Це забезпечує можливість додавання нових датчиків та виконавчих пристроїв, а також оновлення програмного забезпечення без значних змін у базовій архітектурі. Такий підхід гарантує довготривалу актуальність і функціональність системи, задовольняючи потреби користувачів протягом тривалого часу.

### 1.1.3 Вимоги до апаратного забезпечення КСДКА

Апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом повинно відповідати ряду вимог, які забезпечують надійну і стабільну роботу системи, високу точність вимірювань, ефективність керування, а також безпеку експлуатації.

Основним компонентом апаратного забезпечення є мікроконтролер, на якому базується вся система. Для даного проекту обрано мікроконтролер STM32, що забезпечує високу продуктивність та багатофункціональність. Мікроконтролер повинен мати достатню обчислювальну потужність для обробки даних від датчиків в реальному часі, виконання алгоритмів керування та взаємодії з користувачем. Важливим аспектом є достатній обсяг оперативної пам'яті (RAM) та флеш-пам'яті (Flash) для зберігання програмного коду, даних конфігурації та тимчасових даних. Також мікроконтролер повинен бути енергоефективним, щоб забезпечити тривалу роботу системи, особливо у випадках, коли живлення відбувається від акумуляторів або інших автономних джерел. Необхідна також наявність достатньої кількості портів для підключення датчиків, виконавчих пристроїв та інших компонентів системи, а також вбудованих модулів для роботи з аналоговими та цифровими датчиками, інтерфейсів для зв'язку (UART, I2C, SPI тощо), PWM-каналів для керування двигунами та іншими виконавчими пристроями [7].

Для забезпечення функціональності системи необхідно використовувати різноманітні датчики та виконавчі пристрої, які відповідають певним вимогам. Датчик температури повинен бути високоточним, з можливістю безперервного вимірювання температури води, стійким до корозії та тривалого впливу водного

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

середовища. Датчик рівня кисню повинен забезпечувати точне вимірювання рівня розчиненого кисню у воді, бути стійким до впливу водного середовища та мати тривалий термін служби. Інфрачервоний датчик та пульт необхідні для забезпечення дистанційного керування системою. Вони повинні мати достатню чутливість та радіус дії для комфортного використання. Мотор для компресора повинен мати достатню потужність для забезпечення ефективної аерації води, бути енергоефективним та надійним в експлуатації.

Апаратне забезпечення повинно бути стійким до електричних та механічних впливів, що можуть виникнути під час експлуатації системи. Компоненти повинні мати вбудовані механізми захисту від перегріву та короткого замикання. Датчики та інші компоненти, які контактують з водою, повинні мати відповідний рівень захисту від проникнення води (наприклад, клас захисту IP67). Всі компоненти повинні бути міцними та стійкими до механічних пошкоджень, що можуть виникнути під час монтажу або експлуатації.

Для забезпечення ефективної роботи системи необхідно врахувати вимоги до інтерфейсів зв'язку та живлення. Система повинна підтримувати стандартні інтерфейси для підключення датчиків та виконавчих пристроїв, а також для взаємодії з іншими системами або пристроями (наприклад, UART, I2C, SPI). Система повинна мати стабільне живлення, що забезпечує безперебійну роботу всіх компонентів. Можливість роботи від автономних джерел живлення (акумулятори) є перевагою.

Апаратне забезпечення повинно бути зручним для монтажу та обслуговування. Компоненти системи повинні бути легко замінними та доступними для обслуговування. Система повинна займати мінімум простору, що дозволяє її легко інтегрувати в акваріумний комплекс. Для забезпечення легкості встановлення та обслуговування системи повинні бути надані докладні інструкції.

Таким чином, апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом повинно відповідати вимогам продуктивності, надійності, безпеки та зручності, що забезпечує ефективну та

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

стабільну роботу системи, створюючи оптимальні умови для акваріумних мешканців.

## 1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання до КСДКА

### 1.2.1 Огляд існуючих автоматизованих засобів для догляду за КСДКА

Для проведення порівняння було розглянуто кілька популярних моделей розумних акваріумів, які представлені на ринку. Серед них моделі з різними функціями та технологіями, що дозволяє побачити переваги та недоліки кожного рішення у порівнянні з розробленою комп'ютеризованою системою дистанційного керування акваріумом на базі STM32F.

Aquarium AutoFeeder by PetSafe, зображений на рисунку 1.1 пропонує автоматичний годівник для риб з можливістю контролю через мобільний додаток та підключенням до Wi-Fi. Ця модель дозволяє програмувати час годівлі риб. Однак вона сфокусована лише на автоматизації годівлі риб і не має функцій моніторингу температури та рівня кисню, які є критично важливими для підтримки здорового середовища в акваріумі. Крім того, система не забезпечує можливості управління іншими параметрами, такими як освітлення або аерація води.



Рисунок 1.1 - Aquarium AutoFeeder by PetSafe

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

GHL ProfiLux Aquarium Controller, зображений на рисунку 1.3 є більш комплексним рішенням порівняно з PetSafe AutoFeeder. Він пропонує моніторинг та керування температурою, рівнем рН, рівнем кисню та іншими параметрами. Система підключається через Wi-Fi і підтримує інтеграцію з іншими системами автоматизації, а також має підтримку мобільного додатку. Однак ця система є досить дорогою і складною у налаштуванні, що може бути недоліком для користувачів, які шукають простіше і доступніше рішення.



Рисунок 1.2 - GHL ProfiLux Aquarium Controller

Порівнюючи розроблену комп'ютеризовану систему дистанційного керування акваріумом на базі STM32F з розглянутими аналогічними моделями, можна виділити кілька значних переваг на користь розробленої системи. Перш за все, розроблена система включає моніторинг температури, рівня кисню, а також управління компресором і освітленням. Це забезпечує комплексний підхід до підтримки оптимальних умов в акваріумі, що важливо для здоров'я його мешканців. Використання мікроконтролера STM32F дозволяє легко додавати нові функції та пристрої, що може бути складно реалізувати в інших комерційних рішеннях. Це забезпечує можливість адаптації системи під конкретні потреби користувача.

Вартість компонентів для створення системи на базі STM32F є значно нижчою у порівнянні з комерційними рішеннями, такими як GHL ProfiLux, що

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



робить розроблену систему доступнішою для широкого кола користувачів. Система пропонує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача через дисплей та інфрачервоний пульт, що робить її зручною для щоденного використання. Крім того, можливість дистанційного керування спрощує процес догляду за акваріумом. Мікроконтролери STM32F відомі своїм низьким енергоспоживанням, що є важливим фактором для систем, які працюють постійно. Це дозволяє зменшити витрати на електроенергію та продовжити термін служби автономних джерел живлення.

Таким чином, розроблена система на базі STM32F пропонує більш широкий набір функцій, високу гнучкість, доступність за вартістю та простоту використання у порівнянні з аналогічними моделями на ринку. Через це STM32F є оптимальною в випадках коли користувач шукає ефективне і надійне рішення для дистанційного керування акваріумом.

### 1.2.2 Вибір апаратної платформи для КСДКА

Вибір апаратної платформи є ключовим етапом у розробці комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом. Від правильного вибору залежить ефективність роботи всієї системи, її надійність, продуктивність і можливості розширення. Основними критеріями вибору апаратної платформи є продуктивність, енергоефективність, кількість та типи доступних периферійних інтерфейсів, а також наявність підтримки необхідного програмного забезпечення.

Одним із найпопулярніших варіантів для таких завдань є платформи на основі мікроконтролерів ARM Cortex. Серед них виділяються мікроконтролери серії STM32 від компанії STMicroelectronics, які пропонують широкий вибір моделей з різними характеристиками. Мікроконтролери STM32 мають високу продуктивність, низьке енергоспоживання, великий набір периферійних модулів, потужну підтримку з боку програмних інструментів та спільноти розробників. Підсумувавши можна сказати, що STM32 на основі мікроконтролерів ARM Cortex є хорошим рішенням для розробки КСДКА.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

### 1.2.3 Огляд мікроконтролерів STM32

Мікроконтролери серії STM32 побудовані на основі ядер ARM Cortex-M і поділяються на кілька лінійок, кожна з яких має свої особливості та орієнтована на різні типи завдань. Серед найбільш відомих лінійок можна виділити такі лінійки мікроконтролерів як:

- STM32F є однією з найпопулярніших і найбільш універсальних. Вона включає мікроконтролери з різною кількістю флеш-пам'яті, оперативної пам'яті та периферійних модулів. Мікроконтролери STM32F підходять для широкого спектру застосувань, від простих пристроїв до складних систем з високими вимогами до продуктивності;

- STM32L орієнтована на енергоефективні додатки. Ці мікроконтролери відрізняються низьким енергоспоживанням і підходять для пристроїв, що працюють від батарейок або в умовах обмеженого енергопостачання. Вони ідеально підходять для застосувань, де важлива тривала автономна робота;

- STM32H призначені для високопродуктивних завдань. Вони мають потужні обчислювальні ядра, великий обсяг пам'яті і широкий набір периферійних модулів. STM32H підходять для складних систем керування, обробки сигналів та інших ресурсомістких додатків;

- STM32G об'єднує в собі переваги інших лінійок, пропонуючи хорошу продуктивність при збереженні відносно низького енергоспоживання. Ці мікроконтролери можуть бути використані в різноманітних додатках, включаючи ті, що вимагають баланс між потужністю та енергоефективністю.

Вибір конкретної моделі мікроконтролера залежить від вимог до продуктивності, енергоефективності та наявності потрібних периферійних модулів. У випадку системи дистанційного керування акваріумом доцільно обрати модель з достатньою кількістю периферійних інтерфейсів для підключення датчиків і виконавчих пристроїв, а також з можливістю роботи в режимі низького енергоспоживання для забезпечення тривалої автономної роботи.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Після детального аналізу можливих альтернативних рішень стає очевидним, що мікроконтролери серії STM32F мають кілька значних переваг, які роблять їх оптимальним вибором для системи дистанційного керування акваріумом. По-перше, STM32F пропонують високу продуктивність завдяки використанню ядра ARM Cortex-M, що дозволяє ефективно обробляти дані від численних датчиків і виконувати складні алгоритми керування в реальному часі. Ця продуктивність є критично важливою для забезпечення стабільної та точної роботи системи.

Ще однією важливою перевагою є широка підтримка з боку програмного забезпечення та спільноти розробників. Наявність потужних засобів розробки, таких як STM32CubeMX та інші, спрощує процес розробки програмного забезпечення та налаштування апаратної частини. Це дозволяє значно знизити час і витрати на розробку системи.

Враховуючи всі ці фактори, мікроконтролери STM32F є оптимальним вибором для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом. Вони забезпечують високу продуктивність, низьке енергоспоживання, гнучкість у налаштуванні та надійність, що є ключовими вимогами для даного проекту.

#### 1.2.4 Вибір протоколів передачі даних для КСДКА

Вибір протоколів передачі даних є важливим аспектом при розробці системи дистанційного керування акваріумом. Протоколи визначають, як компоненти системи будуть взаємодіяти між собою, обмінюватися даними та керувати процесами.

Основними протоколами передачі даних, які можуть бути використані в даній системі, є I2C, SPI та UART. Кожен з них має свої особливості та переваги.

I2C (Inter-Integrated Circuit) є двопровідним протоколом, який дозволяє підключати до одного мікроконтролера кілька периферійних пристроїв. Цей протокол простий у використанні і забезпечує достатню швидкість передачі

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

даних для більшості додатків. Він підходить для підключення датчиків та інших пристроїв з невисокою швидкістю передавання даних [8].

SPI (Serial Peripheral Interface) є чотирипровідним протоколом, який забезпечує високу швидкість передавання даних і дозволяє підключати кілька пристроїв до одного мікроконтролера. SPI часто використовується для підключення швидкодіючих периферійних пристроїв, таких як дисплеї або високошвидкісні датчики. Однак цей протокол вимагає більшої кількості проводів, що може ускладнювати схему з'єднань.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) є асинхронним протоколом, який використовується для серійної передачі даних. Він підходить для обміну даними між мікроконтролерами та іншими пристроями, такими як комп'ютери, модулі Bluetooth або Wi-Fi. UART забезпечує простоту реалізації та надійність передачі даних, але його швидкість може бути обмеженою.

Вибір конкретного протоколу передачі даних залежить від вимог до швидкості, надійності та складності реалізації. Для системи дистанційного керування акваріумом доцільно використовувати комбінацію протоколів, щоб забезпечити ефективну взаємодію між усіма компонентами системи.

### 1.2.5 Розробка модулів зв'язку для КСКДА

Вибір модуля зв'язку також є важливим аспектом у розробці системи. У нашому випадку, для дистанційного керування системою обрано інфрачервоні датчики та інфрачервоний пульт. Це рішення обрано з кількох причин.

Інфрачервоні пульти широко використовуються в побутових пристроях, таких як телевізори, кондиціонери тощо. Це означає, що користувачі вже знайомі з принципом їх роботи, що підвищує зручність використання системи.

Таким чином, вибір інфрачервоних датчиків та пульта є найкращим рішенням для нашої системи, оскільки вони забезпечують надійний зв'язок, простоту використання та інтеграції, економічну вигоду та високу точність передачі команд.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ

### 2.1 Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом

Основою структурної схеми комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом є мікроконтролер STM32, який виконує роль центрального процесора системи. Він обробляє дані, отримані від різних датчиків, та керує виконавчими пристроями відповідно до встановлених алгоритмів. Датчики, підключені до мікроконтролера, включають датчик температури, який вимірює температуру води в акваріумі. Цей датчик необхідний для забезпечення оптимальних умов для життя риб та інших водних організмів. Датчик рівня кисню контролює концентрацію кисню у воді, що є критично важливим для забезпечення життєдіяльності акваріумних мешканців. Інфрачервоні датчики та пульт забезпечують можливість дистанційного керування системою. Це дозволяє користувачеві зручно керувати всіма функціями акваріуму без фізичного контакту з пристроєм.

Виконавчі пристрої включають мотор для компресора, який забезпечує подачу кисню. Він підключений до мікроконтролера через вихід PWM, що дозволяє регулювати швидкість його обертання. Світлодіоди для індикації використовуються для візуального інформування користувача про стан системи. Один світлодіод інформує про роботу системи, інший – про необхідність включення компресора.

Переглянути як виглядає готова спроектована схема структури комп'ютеризованої системи можна на рисунку 2.1.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Атаманчук Ю.А.			Літ.	Арк..	Акрушів
Перевір.		Яцишин В.В.				20	
Рецензент					ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. контр.		Луцик Н.С.					
Зав. каф.		Осухівська Г.М.					
					Проектування комп'ютерної системи дистанційного керування акваріумом		

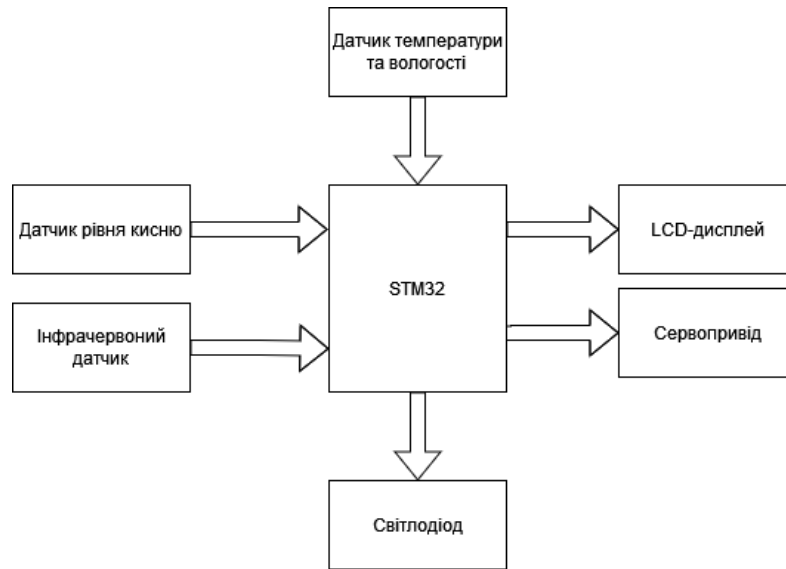


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою

## 2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення для системи дистанційного керування акваріумом

### 2.2.1 Мікроконтролер STM32F407

Мікроконтролер STM32F407, зображений на рисунку 2.2 є центральним елементом системи, який здійснює обробку даних від усіх підключених датчиків і периферійних пристроїв, керує виконавчими механізмами та забезпечує взаємодію з користувачем через дисплей і пульт дистанційного керування.

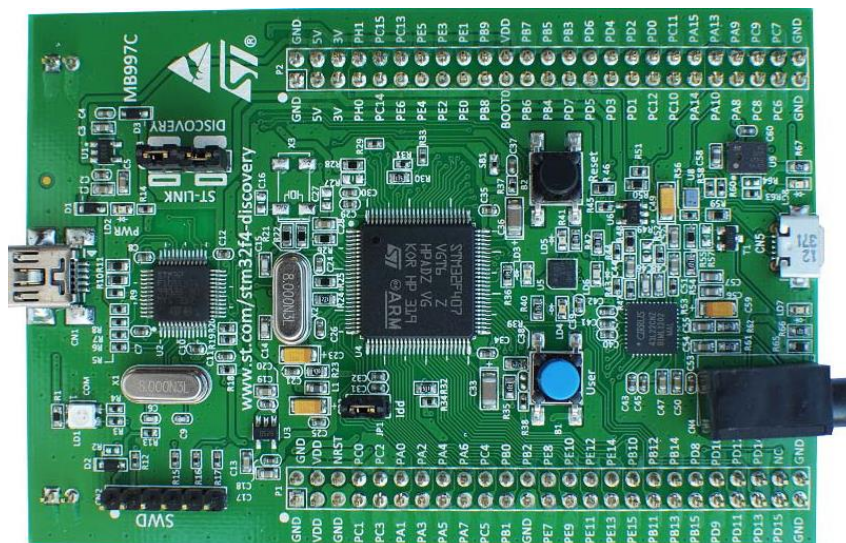


Рисунок 2.2 - STM32F407VGT6

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

STM32F407 оснащений процесором ARM Cortex-M4 з плаваючою точкою (FPU), що працює на тактовій частоті до 168 МГц. Він має 1 МБ Flash-пам'яті та 192 КБ SRAM, що забезпечує достатній обсяг пам'яті для виконання складних програмних завдань. Мікроконтролер підтримує три SPI, три I2C, чотири UART, два CAN, один USB OTG (Full/High-speed) та один Ethernet MAC, що забезпечує широкі можливості для підключення периферійних пристроїв і комунікації. Вбудовані АЦП мають 17 каналів з роздільною здатністю 12 біт та частотою до 2.4 MSPS, що дозволяє здійснювати високоточні вимірювання аналогових сигналів. Крім того, наявні два 12-бітні ЦАП, чотири таймери з режимом захоплення/порівняння та до 140 багатофункціональних GPIO портів. Мікроконтролер також підтримує різні режими енергозбереження, включаючи Stop, Standby та Sleep, що дозволяє знижувати споживання енергії в періоди низької активності.

Мікроконтролер STM32F407 має вбудований модуль плаваючої точки (FPU), що значно підвищує продуктивність при обробці складних математичних розрахунків. Це важливо для високоточних датчиків і алгоритмів керування. Мікроконтролер підтримує різні режими енергозбереження, включаючи Stop, Standby та Sleep, що дозволяє знижувати споживання енергії в періоди низької активності.

STM32F407 може бути конфігурований за допомогою спеціальних інструментів, таких як STM32CubeMX, що дозволяє розробникам налаштовувати периферійні інтерфейси, контролювати GPIO порти та оптимізувати режими роботи мікроконтролера під конкретні задачі.

Вибір мікроконтролера STM32F407 обумовлений його високою продуктивністю, великим обсягом пам'яті, широким набором периферійних інтерфейсів та можливістю енергозбереження. Це робить його ідеальним для реалізації складних завдань в системі дистанційного керування акваріумом.

### 2.2.2 Датчик температури і вологості BME280

BME280 виконує вимірювання температури та вологості в акваріумі,

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечуючи моніторинг умов навколишнього середовища для підтримки оптимальних умов для акваріумних мешканців.

ВМЕ280 є цифровим датчиком, що вимірює температуру від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  з точністю  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Він також вимірює вологість від 0% до 100% з точністю  $\pm 3\%$ , і атмосферний тиск від 300 до 1100 гПа з точністю  $\pm 1$  гПа. Датчик підтримує інтерфейси I2C та SPI, що дозволяє його легко інтегрувати з різними мікроконтролерами. Живлення датчика здійснюється в діапазоні 1.8 - 3.6 В.

Датчик ВМЕ280, зображений на рисунку 2.3, інтегрує три сенсори в одному корпусі, що дозволяє одночасно вимірювати температуру, вологість і атмосферний тиск. Це забезпечує повний моніторинг навколишнього середовища. Датчик має низьке споживання енергії, що важливо для енергоефективних систем [11].



Рисунок 2.3 – Датчик вологості та температури ВМЕ280

ВМЕ280 може бути налаштований для різних режимів роботи за допомогою програмних бібліотек. Підтримка інтерфейсів I2C і SPI забезпечує гнучкість у підключенні до мікроконтролера.

ВМЕ280 є ідеальним вибором для моніторингу умов навколишнього середовища в акваріумі. Він забезпечує високу точність і надійність вимірювань

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



температури, вологості та тиску, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для акваріумних мешканців.

### 2.2.3 Сервопривід SG90

Сервопривід SG90 використовується для запуску компресора, який регулює рівень кисню в акваріумі. Зовнішній вигляд сервопривода зображено на рисунку 2.4.

Сервопривід SG90 є компактним і легким сервомотором, який забезпечує кут повороту від 0 до 180 градусів. Робоча напруга приводу становить від 4.8 до 6.0 В, а тягове зусилля - 1.8 кг/см при напрузі 4.8 В. Привід використовує широтно-імпульсну модуляцію (PWM) для керування, з частотою сигналу 50 Гц, і має вагу всього 9 г.

Сервопривід SG90 використовує широтно-імпульсну модуляцію (PWM) для точного керування кутом повороту. Завдяки компактним розмірам та легкій вазі, він може бути використаний в різних проектах, включаючи ті, де простір обмежений. Сервопривід забезпечує стабільну роботу в діапазоні напруг від 4.8 до 6.0 В, що робить його сумісним з більшістю джерел живлення.

SG90 може бути легко налаштований для різних завдань за допомогою зміни ширини імпульсів PWM сигналу, що дозволяє керувати кутом повороту сервоприводу з високою точністю [12].



Рисунок 2.4 – Сервопривід SG90

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Сервопривід SG90 вибраний за його компактність, простоту в управлінні та доступну ціну. Він забезпечує точний контроль руху механічних елементів акваріуму, таких як клапани чи заслонки.

#### 2.2.4 Датчик якості повітря MQ-135

Датчик MQ-135 використовується для моніторингу якості повітря в, забезпечуючи вимірювання рівня кисню.

MQ-135 є газовим датчиком, чутливим до аміаку, спиртів, толуолу, диму та інших шкідливих газів. Він працює при напрузі 5 В і надає аналоговий вихідний сигнал, який може бути зчитаний мікроконтролером через АЦП. Час відгуку датчика складає від 20 до 30 секунд, а час прогріву - близько 24 годин для досягнення стабільних показань.

Датчик MQ-135 є чутливим до різних шкідливих газів, завдяки чому можна використовувати його для моніторингу якості повітря. Він забезпечує аналоговий вихід, який легко зчитується мікроконтролером для подальшої обробки. Датчик потребує певного часу для прогріву, щоб досягти стабільних вимірювань.

MQ-135 може бути налаштований для різних діапазонів чутливості за допомогою додаткових резисторів, що дозволяє адаптувати його для конкретних умов використання.

Зовнішній вигляд датчика зображено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Датчик MQ-135

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Датчик MQ-135 обраний для моніторингу якості повітря в приміщенні акваріуму. Він забезпечує високу чутливість до шкідливих газів, що дозволяє підтримувати здорове середовище для акваріумних мешканців та людей.

### 2.2.5 LCD дисплей 1602

LCD1602 використовується для відображення важливих даних про стан системи, таких як температура, вологість, концентрація газів та інша інформація, необхідна для моніторингу і керування акваріумом. Зовнішній вигляд дисплея зображено на рисунку 2.6.

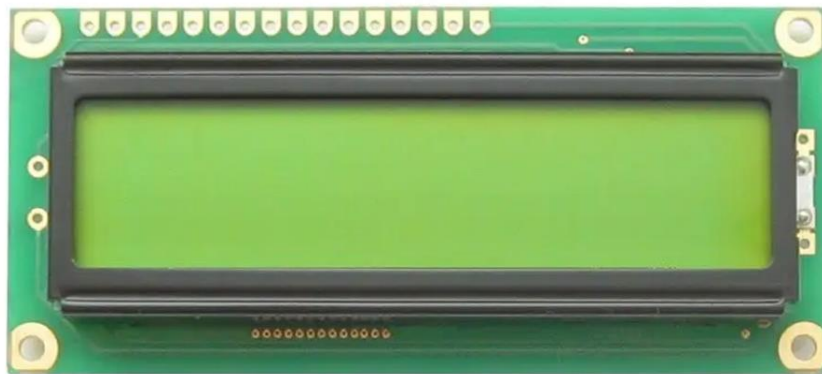


Рисунок 2.6 – LCD дисплей 1602

LCD1602 є РК-дисплеєм, що має роздільну здатність 16 символів на 2 рядки. Він підтримує паралельний (8-бітний) та I2C інтерфейси для підключення до мікроконтролера. Живлення дисплея здійснюється від джерела 5 В, а вбудована LED підсвітка забезпечує хорошу видимість інформації навіть при низькому освітленні. Контрастність дисплея можна налаштовувати за допомогою змінного резистора.

LCD1602 має два рядки по 16 символів кожен, що дозволяє відображати текстову інформацію у зручному форматі. Дисплей підтримує паралельний та I2C інтерфейси, що забезпечує гнучкість у підключенні до мікроконтролера. Вбудована LED підсвітка забезпечує хорошу видимість інформації навіть при низькому освітленні.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

LCD1602 можна налаштувати для відображення різних видів інформації, змінювати контрастність дисплея та керувати підсвіткою для економії енергії.

LCD1602 вибраний для відображення інформації про стан системи. Його розмір та інтерфейси роблять його зручним для інтеграції, а також забезпечують зручність візуального відображення даних.

### 2.2.6 Інфрачервоний датчик TSOP58238 та інфрачервоний пульт Ks0088

Інфрачервоний датчик TSOP58238 разом з пультом Ks0088 використовується для дистанційного керування системою. Це забезпечує зручність і простоту управління різними функціями акваріума з відстані.

TSOP58238 є інфрачервоним приймачем, що працює на частоті 38 кГц. Він має робочу напругу від 2.7 до 5.5 В та час відгуку менше 10 мс. Кут огляду датчика становить  $\pm 45$  градусів.

TSOP58238 є надійним інфрачервоним приймачем, який забезпечує стабільний прийом сигналів з інфрачервоного пульта дистанційного керування. Він має вузький кут огляду, що знижує ймовірність перешкод від інших джерел інфрачервоного випромінювання. Датчик швидко реагує на вхідні сигнали, що забезпечує оперативне керування системою.

TSOP58238 підтримує різні режими декодування сигналів, що дозволяє використовувати його з широким спектром інфрачервоних пультів дистанційного керування.

Як виглядає датчик зображено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - Інфрачервоний датчик TSOP58238

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Кs0088 є інфрачервоним пультом дистанційного керування, який передає сигнали на частоті 38 кГц. Діапазон дії пульта досягає 10 метрів, а кількість кнопок становить 21. Живлення пульта здійснюється від батарейки CR2025.

Інфрачервоний пульт Кs0088 зображений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 - Інфрачервоний пульт Кs0088

Кs0088 є універсальним інфрачервоним пультом, що забезпечує дистанційне керування з відстані до 10 метрів. Він має 21 кнопку, що дозволяє налаштувати різні функції системи під конкретні потреби користувача. Пульт живиться від компактної батарейки CR2025, що забезпечує тривалий термін служби.

Кs0088 можна використовувати для керування різними пристроями завдяки підтримці стандартних протоколів інфрачервоного зв'язку. Його кнопки можуть бути налаштовані для виконання різних команд.

Використання інфрачервоного датчика TSOP58238 та пульта Кs0088 забезпечує зручність дистанційного керування системою. Це рішення є надійним та простим у реалізації, дозволяючи користувачу легко контролювати систему на відстані [13].

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

## 2.3 Опис електричної схеми пристрою комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом

Електрична принципова схема пристрою дистанційного керування акваріумом наведена на рисунку 2.9. Схема містить датчик температури і вологості U1, інфрачервоний датчик U2, сервопривід U3, датчик якості повітря U4, LCD-дисплей та I2C перетворювач, датчики U1 та U4, що вимірюють умови всередині акваріуму.

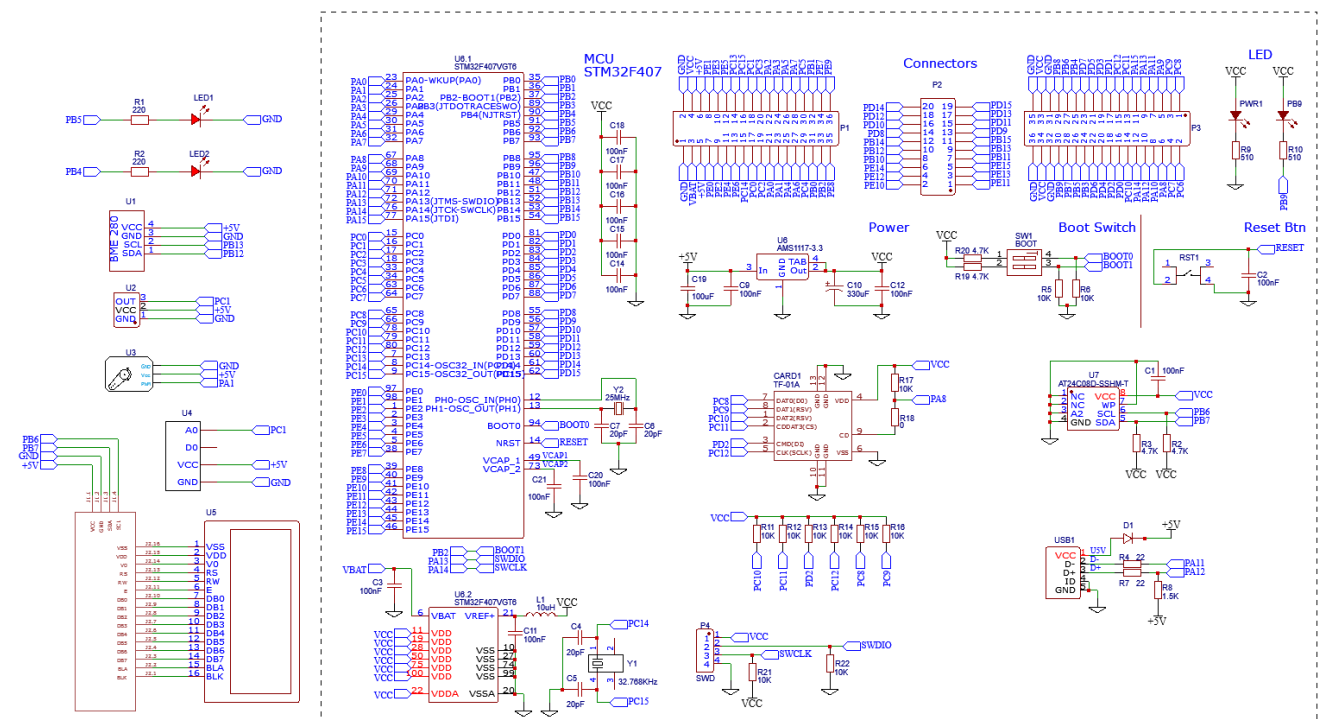


Рисунок 2.9 – Електрична -принципова схема пристрою

Для обробки сигналів з датчиків і керування системою використовується мікроконтролер STM32. Вона відповідає за опитування датчиків і обмін даними з іншими компонентами схеми. Інформація про вимірні параметри може бути виведена на символний LCD-дисплей, який має позиційне позначення U5 на схемі.

## РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АКВАРІУМОМ

### 3.1 Опис алгоритму роботи комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом

Комп'ютеризована система дистанційного керування акваріумом має виконувати зчитання даних з барометра та ПЧ-пульта, виводити дані на LCD-дисплей, працювати в автоматизованому та ручному режимах, сигналізувати користувачу про критичний рівень кисню та можливість вручну вмикати та вимикати сервопривід.

Блок-схема алгоритму роботи комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом включає наступні етапи.

Після увімкнення системи відбувається ініціалізація всіх пристроїв, включаючи мікроконтролер STM32, периферійні модулі, датчики та дисплей. Це забезпечує готовність всіх компонентів до роботи.

Першим етапом збору даних є зчитування показників вологості, температури, та якості повітря з датчика BME280 та MQ-135 відповідно.

Отримані дані виводяться на дисплей LCD1602 для інформування користувача про поточний стан акваріума. Це включає вологість, температуру та рівень шкідливих газів.

Система перевіряє, чи перевищує рівень кисню у воді допустимі норми. Якщо рівень кисню перевищує норму, відбувається перехід до наступного кроку.

Система перевіряє, чи увімкнений автоматичний режим роботи. Якщо так, то виконується автоматичне керування компресором. Якщо ні, почне світитись червоний світлодіод, що сигналізує про необхідність ввімкнення вручну.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Атаманчук Ю.А.			Реалізація програмного забезпечення та тестування комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом	Літ.	Арк..	Акрушів
Перевір.		Яцишин В.В.					30	
Рецензент						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. контр.		Луцик Н.С.						
Зат. каф.		Осухівська Г.М.						

В системі передбачено два світлодіоди, один з яких працює коли система ввімкнена, і інший, коли включений ручний режим, а не автоматичний і рівень кисню всередині акваріума, досяг критичного рівня, через що на світлодіоді з'явиться сигнал, що говорить про необхідність ввімкнення сервопривода вручну.

Залежно від отриманих даних та вибраного режиму роботи, система вмикає або вимикає сервопривід для регулювання компресора або інших механізмів акваріума.

Система зчитує дані з інфрачервоного пульта та виконує відповідні команди. Це може включати зміну режиму роботи, налаштування порогових значень або ручне керування виконавчими механізмами.

Якщо автоматичний режим не активований, система перевіряє, чи є сигнал про необхідність вимкнення сервопривода вручну. Якщо такий сигнал є, виконується відповідна дія.

Якщо користувач вирішує вимкнути систему, вона переходить у стан зупинки, припиняючи всі активні процеси.

В алгоритмі роботи пристрою забезпечено постійне зчитування сигналу з інфрачервоного датчику, завдяки чому система в будь-який момент може перейти з автоматичного в ручний режим, і навпаки.

Автоматичний режим роботи забезпечує автоматизовану роботу сервопривода, що вмикається коли рівень кисню, перевищив норму. В ручному режимі роботи пристрою користувач побачить сигнали на світлодіодах, коли необхідно включити та виключити сервопривід.

Алгоритм роботи комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом передбачає інтеграцію різних логічних блоків, що забезпечують збір, обробку та відображення даних, а також дистанційне та автоматичне керування виконавчими механізмами. Використання мікроконтролера STM32 та периферійних пристроїв дозволяє створити ефективну та надійну систему управління акваріумом.

Блок схема алгоритму роботи зображена на рисунку 3.1

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31





## 3.2 Розробка програмного забезпечення системи дистанційного керування акваріумом

Для розробки програмного забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом обрано STM32CubeIDE. Це інтегроване середовище розробки (IDE), яке надається компанією STMicroelectronics, спеціально для мікроконтролерів сімейства STM32. Як виглядає середовища розробки зображено на рисунку 3.2.

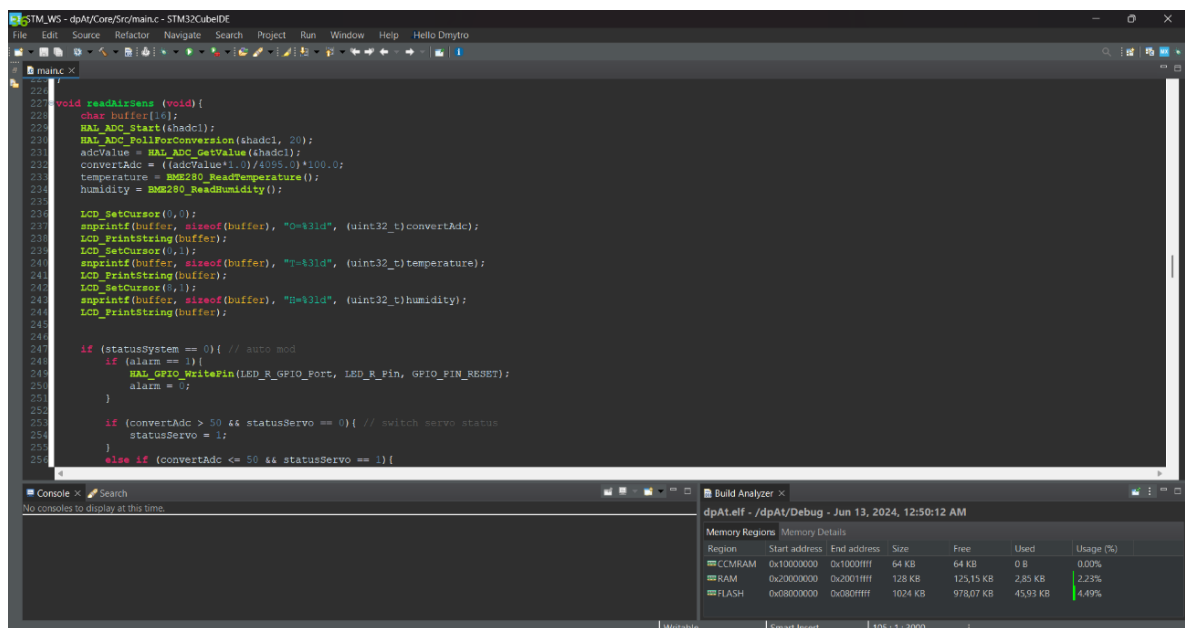


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд середовища розробки STM32CubeIDE

STM32CubeIDE повністю інтегрується з іншими інструментами та бібліотеками, які надає STMicroelectronics, такими як STM32CubeMX. Це значно полегшує процес налаштування та конфігурації апаратних компонентів мікроконтролера. Користувач може створювати, налаштовувати та відлагоджувати проекти без необхідності залучати додаткові інструменти або ПЗ сторонніх виробників.

Однією з ключових особливостей STM32CubeIDE є можливість автоматичної генерації коду. За допомогою графічного інтерфейсу користувач може вибрати необхідні периферійні модулі, налаштовувати їх параметри, а

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

потім автоматично згенерувати код для ініціалізації цих модулів. Це суттєво зменшує кількість помилок, які можуть виникнути під час ручного написання коду, і прискорює процес розробки.

STM32CubeIDE підтримує декілька компіляторів, включаючи GCC (GNU Compiler Collection) та Keil ARM Compiler. Це забезпечує гнучкість у виборі інструментів компіляції та дозволяє розробникам використовувати ті компілятори, з якими вони знайомі або які найкраще підходять для конкретного проекту.

Вбудований відладчик у STM32CubeIDE підтримує широкий спектр відладкових плат та інструментів, таких як ST-LINK, J-Link, та інші. Він дозволяє проводити відладку на рівні вихідного коду, асемблера, а також в реальному часі. Це значно полегшує процес виявлення та виправлення помилок у програмному забезпеченні.

STM32CubeIDE є кросплатформним середовищем розробки, що підтримує операційні системи Windows, macOS та Linux. Це дозволяє розробникам працювати в зручному для них середовищі, незалежно від використовуваної операційної системи.

STM32CubeIDE підтримує всі мікроконтролери STM32, що робить його універсальним інструментом для розробки проектів на базі різних моделей мікроконтролерів цього сімейства. Це особливо корисно для проектів, які можуть вимагати переходу на іншу модель мікроконтролера без значних змін у середовищі розробки.

STM32CubeIDE надає вбудовану документацію та приклади коду для різних периферійних модулів та функцій мікроконтролера. Це значно спрощує процес навчання та дозволяє швидко розпочати розробку навіть для новачків у програмуванні мікроконтролерів STM32.

Таким чином, вибір STM32CubeIDE як середовища розробки для даного проекту обґрунтований його тісною інтеграцією з екосистемою STM32, можливістю автоматичної генерації коду, підтримкою різних компіляторів, зручним відладчиком, кросплатформністю, підтримкою широкого спектру

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

мікроконтролерів та наявністю документації та прикладів. Все це робить STM32CubeIDE ідеальним інструментом для розробки програмного забезпечення для системи дистанційного керування акваріумом на базі STM32.

На початку програми описуються змінні та константи, вони зображені на рисунку 3.3 , які будуть використовуватися для зберігання даних і керування різними аспектами роботи системи.

Змінні включають як константи для налаштування параметрів, так і змінні для зберігання тимчасових і постійних даних під час виконання програми. Ось детальніший опис деяких змінних:

- `SERVO_SPEED` – визначає швидкість руху сервопривода. Значення 10 може вказувати на затримку між кроками руху, тим самим контролюючи плавність або швидкість переміщення;

- `SERVO_MAX_L` – максимальне значення для лівого положення сервопривода. Це значення відповідає крайньому лівому положенню сервопривода;

- `SERVO_MAX_R` – максимальне значення для правого положення сервопривода. Це значення відповідає крайньому правому положенню сервопривода;

- `tempValue` – змінна для зберігання значення температури, зчитаного з відповідного датчика;

- `dataRISensor` – змінна для зберігання даних, отриманих з інфрачервоного датчика;

- `statusServo` – змінна для відстеження поточного стану сервопривода;

- `statusServoOld` – змінна для зберігання попереднього стану сервопривода, що дозволяє виявляти зміни в його стані;

- `statusIR` – змінна для відстеження стану інфрачервоного датчика;

- `alarm` – змінна для відстеження критичного стану кисню;

- `temperature` – змінна для зберігання вимірної температури;

- `humidity` – змінна для зберігання вимірної вологості.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

```

#define SERVO_SPEED 10
#define SERVO_MAX_L 2260
#define SERVO_MAX_R 420
uint32_t adcValue = 0;
uint32_t tempValue = 0;
uint32_t dataRISensor = 0;

uint8_t statusServo = 0;
uint8_t statusServoOld = 0;
uint8_t statusSystem = 0;

uint32_t data;
uint32_t oldData;
uint8_t count;
uint8_t statusIR = 0;
uint8_t alarm = 0;
uint32_t EXTI_CallbackCount = 0;

float convertAdc = 0.0F;
float temperature = 0.0F;
float humidity = 0.0F;

```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду оголошення змінних та констант

Сервопривід у цій системі виконує ключову роль у керуванні компресором акваріума, переходячи між режимами увімкнення і вимкнення залежно від режиму роботи системи – автоматичного або ручного. У автоматичному режимі система самостійно аналізує показники датчиків і приймає рішення про увімкнення або вимкнення сервопривода для підтримання оптимальних умов у акваріумі. У ручному режимі користувач самостійно керує станом сервопривода через відповідні команди, які можуть бути введені за допомогою пульта або іншого інтерфейсу. Важливим аспектом є відстежування змін стану сервопривода, що забезпечує правильне функціонування, плавне перемикання між станами, запобігання конфліктам команд і помилкам, а також надання користувачу зворотнього зв'язку через дисплей і оптимізацію енергоспоживання.

Лістинг, зображений на рисунку 3.4, зчитує дані з датчиків та відображає їх на LCD-дисплеї за допомогою мікроконтролера STM32. Спочатку створюється буфер для рядків, які будуть відображені на дисплеї. Процес аналогово-цифрового перетворення (ADC) запускається і після завершення зчитується значення adcValue, яке потім перетворюється у відсотки (convertAdc).

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Далі зчитуються значення температури (temperature) та вологості (humidity) з датчика BME280. Потім курсор дисплея встановлюється в різні позиції, і зчитані значення форматуються у рядки за допомогою sprintf та виводяться на дисплей через LCD\_PrintString.

Функція readAirSens виконує всі ці дії послідовно, забезпечуючи виведення на дисплей значень рівня кисню (в процентах), вологості та температури.

```
void readAirSens (void){
    char buffer[16];
    HAL_ADC_Start(&hadc1);
    HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, 20);
    adcValue = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
    convertAdc = ((adcValue*1.0)/4095.0)*100.0;
    temperature = BME280_ReadTemperature();
    humidity = BME280_ReadHumidity();

    LCD_SetCursor(0,0);
    sprintf(buffer, sizeof(buffer), "O=%3ld", (uint32_t)convertAdc);
    LCD_PrintString(buffer);
    LCD_SetCursor(0,1);
    sprintf(buffer, sizeof(buffer), "T=%3ld", (uint32_t)temperature);
    LCD_PrintString(buffer);
    LCD_SetCursor(8,1);
    sprintf(buffer, sizeof(buffer), "H=%3ld", (uint32_t)humidity);
    LCD_PrintString(buffer);
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг для зчитування значень з датчиків датчика якості повітря

Лістинг, що зображений на рисунку 3.5, відповідає за автоматичний режим роботи системи. На початку відбувається перевірка, чи система знаходиться в автоматичному режимі. Якщо змінна statusSystem дорівнює 0, це означає, що активований автоматичний режим роботи.

Далі здійснюється перевірка, чи рівень кисню знаходиться в межах норми. Якщо змінна alarm дорівнює 1, то вмикається червоний світлодіод, який сигналізує про тривогу. Це виконує функція HAL\_GPIO\_WritePin, яка встановлює стан піну LED\_R\_Pin на GPIO\_PIN\_RESET. Після цього змінна alarm скидається до 0, що означає що рівень кисню в межах норми.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Наступний блок коду відповідає за керування станом сервопривода. Змінна `convertAdc` містить значення, зчитане з аналогово-цифрового перетворювача (ADC), яке відповідає рівня. Якщо значення `convertAdc` перевищує 50 і сервопривід вимкнений (`statusServo` дорівнює 0), то змінна `statusServo` встановлюється в 1, що означає включення сервопривода. Якщо ж значення `convertAdc` менше або дорівнює 50 і сервопривід увімкнений (`statusServo` дорівнює 1), то змінна `statusServo` скидається до 0, що означає вимкнення сервопривода.

Таким чином, цей код є частиною автоматичного режиму керування системою. Він відслідковує стан тривоги та вимикає тривожний сигнал у випадку його активації. Крім того, він контролює стан сервопривода на основі показників з ADC, вмикаючи або вимикаючи його залежно від заданого порогового значення. Такий підхід забезпечує автоматичне керування станом сервопривода, що є важливим для підтримання оптимальних умов в акваріумі.

```
if (statusSystem == 0){
    if (alarm == 1){
        HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        alarm = 0;
    }

    if (convertAdc > 50 && statusServo == 0){
        statusServo = 1;
    }
    else if (convertAdc <= 50 && statusServo == 1){
        statusServo = 0;
    }
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг, що відповідає, за автоматичний режим роботи сервопривода

Лістинг, зображений на рисунку 3.6, відповідає за ручний режим роботи. Якщо змінна `statusSystem` дорівнює 1, то система працює в ручному режимі. В цьому режимі код виконує кілька перевірок на основі значення змінної `convertAdc`, яке представляє дані з аналогово-цифрового перетворювача (ADC).

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Якщо значення `convertAdc` перевищує 50, а змінна `statusServo` дорівнює 0 (тобто сервопривід вимкнений), то активується червоний світлодіод за допомогою функції `HAL_GPIO_WritePin`, яка встановлює стан піну `LED_R_Pin` на `GPIO_PIN_SET`. При цьому змінна `alarm` встановлюється в 1, що означає активацію сигналу.

Якщо значення `convertAdc` перевищує 50, а змінна `statusServo` дорівнює 1 (тобто сервопривід увімкнений), то червоний світлодіод вимикається, встановлюючи стан піну `LED_R_Pin` на `GPIO_PIN_RESET`. При цьому змінна `alarm` скидається до 0, що означає вимкнення сигналу тривоги.

Якщо значення `convertAdc` менше 50, червоний світлодіод також вимикається, встановлюючи стан піну `LED_R_Pin` на `GPIO_PIN_RESET`, а змінна `alarm` скидається до 0. Це означає, що сигнал тривоги вимикається, якщо рівень вимірюваного параметра (наприклад, рівень кисню або температура) стає меншим за порогове значення.

Таким чином, цей фрагмент коду відповідає за ручний режим роботи пристрою, в якому керування сигналом тривоги здійснюється залежно від значень з ADC та стану сервопривода. Якщо рівень вимірюваного параметра перевищує порогове значення, активується або вимикається сигнал тривоги та відповідний світлодіод, що забезпечує користувачу інформацію про критичні стани в системі.

```
else if (statusSystem == 1){
    if (convertAdc > 50 && statusServo == 0){
        HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_SET);
        alarm = 1;
    }
    else if (convertAdc > 50 && statusServo == 1){
        HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        alarm = 0;
    }
    else if (convertAdc < 50){
        HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        alarm = 0;
    }
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг, що відповідає за ручний режим роботи пристрою

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



Відстежування змін стану сервопривода в цій системі необхідне для забезпечення коректного функціонування та плавного перемикавання між станами увімкнення і вимкнення, що запобігає різким рухам і підвищує надійність пристрою. Це дозволяє уникати конфліктів команд та помилок, забезпечуючи правильне виконання команд у різних режимах роботи, таких як автоматичний і ручний. Оновлення стану сервопривода на дисплеї дає користувачу зворотній зв'язок, дозволяючи контролювати поточний стан системи. Контроль стану також сприяє оптимізації енергоспоживання, що є важливим для автономних пристроїв, які працюють від батарей. Лістинг, що відслідковує, зміну стану сервоприводу зображено на рисунку 3.7.

Код перевіряє, чи змінна `statusServoOld` відрізняється від `statusServo`. Якщо так, то це означає, що статус сервоприводу змінився, і система повинна відповідним чином оновити стан сервоприводу і відобразити це на дисплеї.

Якщо `statusServo` дорівнює 0, то це означає, що сервопривід потрібно вимкнути. Код виконує цикл, де змінна `x` зменшується від значення `SERVO_MAX_L` до значення `SERVO_MAX_R` з кроком, визначеним `SERVO_SPEED`. У кожній ітерації функція `__HAL_TIM_SET_COMPARE` встановлює нове значення порівняння для каналу 2 таймера `htim2`, що відповідає за керування сервоприводом. Це дозволяє плавно змінювати положення сервопривода. Після завершення циклу курсор на дисплеї встановлюється на позицію (11,0), і в цій позиції виводиться рядок "S OFF", що вказує на вимкнений стан сервопривода.

Якщо `statusServo` дорівнює 1, то це означає, що сервопривід потрібно увімкнути. Код виконує цикл, де змінна `x` збільшується від значення `SERVO_MAX_R` до значення `SERVO_MAX_L` з кроком `SERVO_SPEED`. У кожній ітерації функція `__HAL_TIM_SET_COMPARE` знову встановлює нове значення порівняння для каналу 2 таймера `htim2`, дозволяючи плавно змінювати положення сервопривода. Після завершення циклу курсор на дисплеї встановлюється на позицію (11,0), і в цій позиції виводиться рядок "S ON", що вказує на увімкнений стан сервопривода.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після оновлення стану сервопривода змінна statusServoOld оновлюється до поточного значення statusServo, щоб система могла відслідковувати зміни в майбутньому.

```
if (statusServoOld != statusServo){
    if (statusServo == 0){
        for(uint16_t x=SERVO_MAX_L; x>SERVO_MAX_R; x=x-SERVO_SPEED) {
            __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2, x);
            //HAL_Delay(3);
        }
        LCD_SetCursor(11,0);
        LCD_PrintString("S OFF");
    }
    else if (statusServo == 1){
        for(uint16_t x=SERVO_MAX_R; x<SERVO_MAX_L; x=x+SERVO_SPEED) {
            __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2, x);
            //HAL_Delay(3);
        }
        LCD_SetCursor(11,0);
        LCD_PrintString("S ON ");
    }
    statusServoOld = statusServo;
}
```

Рисунок 3.7 – Лістинг коду, що відслідковує зміну стану сервоприводу

Лістинг, що зображений на рисунку 3.8, обробку команд з інфрачервоного пульта для керування режимами роботи системи і станом сервопривода. Це дозволяє користувачу легко перемикає систему між автоматичним і ручним режимами, а також керувати сервоприводом у ручному режимі.

Ця функція convert\_code приймає код команди, отриманий від інфрачервоного пульта, і виконує відповідні дії залежно від значення цього коду. Вона використовує оператор switch для визначення дії, яку потрібно виконати для кожного можливого коду команди.

Якщо отриманий код дорівнює цифрі 1 на інфрачервоному пульті, то це означає, що система повинна перейти в автоматичний режим. У цьому випадку курсор дисплея встановлюється на позицію (8,0) і на дисплеї виводиться символ "A", що вказує на автоматичний режим роботи. Змінна statusSystem встановлюється на 0, що означає автоматичний режим роботи системи.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Якщо отриманий код дорівнює цифрі 2 на інфрачервоному пульті, то система повинна перейти в ручний режим. Курсор дисплея встановлюється на позицію (8,0) і на дисплеї виводиться символ "R", що вказує на ручний режим роботи. Змінна `statusSystem` встановлюється на 1, що означає ручний режим роботи системи.

Якщо отриманий код дорівнює цифрі 3 на інфрачервоному пульті і система знаходиться в ручному режимі (`statusSystem == 1`), то необхідно змінити стан сервопривода. Якщо сервопривід увімкнений (`statusServo == 1`), то він вимикається (`statusServo` встановлюється на 0). Якщо сервопривід вимкнений (`statusServo == 0`), то він увімкнеться (`statusServo` встановлюється на 1).

```
void convert_code (uint32_t code)
{
    switch (code)
    {
        case (0xff6897):
        case (0xc03fda25):
        case (0xed12ff80):
        case (0xf00ff689): {
            LCD_SetCursor(8,0);
            LCD_PrintString("A ");
            statusSystem = 0;
            break;
        }
        case (0xff9867):
        case (0xc03fe619):
        case (0xfc03fe61):
        case (0xf00ff986):{
            LCD_SetCursor(8,0);
            LCD_PrintString("R ");
            statusSystem = 1;
            break;
        }
        case (0xffb04f):
        case (0xb04ff00f):
        case (0xc03fec13):
        case (0xf00ffb0):{
            if (statusSystem == 1){
                if (statusServo == 1)
                    statusServo = 0;
                else if (statusServo == 0)
                    statusServo = 1;
            }
            break;
        }
        case (0xFF22DD):
            break;
    }
}
```

Рисунок 3.8 – Лістинг коду, що відповідає за обробку сигналів в ІЧ пульта

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Лістинг коду, зображений на рисунку 3.9, виконує зчитування температури з датчика BME280, коригування з урахуванням калібрувальних даних, обчислення і повернення температури у вигляді значення з плаваючою комою.

Ця функція `BME280_ReadTemperature` призначена для зчитування температури з датчика BME280 та обчислення її значення у вигляді змінної з плаваючою комою. Ось детальний опис роботи цієї функції:

Спершу ініціалізується змінна `temper_float` з початковим значенням `0.0f`, яка буде використовуватись для зберігання обчисленої температури. Змінні `temper_raw`, `temper_int`, `val1` та `val2` використовуються для проміжних обчислень.

Функція `BME280_ReadReg_S24` читає необроблене значення температури з реєстра `BME280_REGISTER_TEMPDATA` датчика BME280 і зберігає його в змінній `temper_raw`. Це значення зсувається праворуч на 4 біти (`temper_raw >>= 4`) для правильного масштабування.

Перший проміжний результат обчислюється як `val1`. Воно визначається шляхом зміщення і коригування необробленого значення температури на основі калібрувальних даних `dig_T1` і `dig_T2`, які зберігаються в структурі `CalibData`. Це обчислення допомагає компенсувати можливі відхилення у вимірюванні температури.

Другий проміжний результат обчислюється як `val2`. Воно визначається шляхом подальшого зміщення та коригування необробленого значення температури з використанням калібрувальних даних `dig_T1` і `dig_T3`. Це ще один крок компенсації для забезпечення точнішого вимірювання.

Значення `temper_int` обчислюється як сума `val1` і `val2`. Потім це значення перетворюється у вигляд з плаваючою комою і зберігається у змінній `temper_float`. Для цього значення `temper_int` множиться на 5, додається 128, а потім зсувається праворуч на 8 бітів для правильного масштабування. Отримане значення ділиться на `100.0f`, щоб отримати температуру в градусах Цельсія.

Змінна `t_fine` оновлюється значенням `temper_int`, що дозволяє використовувати це значення для подальших обчислень інших параметрів, таких як тиск і вологість, з урахуванням температури.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Після розробки програмного забезпечення системи перейдемо до кінцевого завдання, а саме тестування.

### 3.3 Тестування спроектованої комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом

На рисунку 3.11 зображений прототип комп'ютеризованої системи дистанційного управління акваріумом. З'єднання між компонентами системи виконані відповідно до електричної схеми із застосуванням провідників і макетних плат. Прототип надає змогу перевірити основні функції системи детекції плісняви, а саме зчитування і відображення показників з сенсорів.

Датчики для вимірювання вологості та температури (DHT22) і рівня кисню (MQ-135) підключені до мікроконтролера, встановленого на платі STM32. Мікроконтролер збирає дані з датчиків, обробляє їх і приймає рішення щодо регулювання рівня кисню. Результати вимірювань відображаються на LCD-дисплеї, дозволяючи користувачу спостерігати за температурою, вологістю, рівнем кисню та станом компресора в акваріумі.

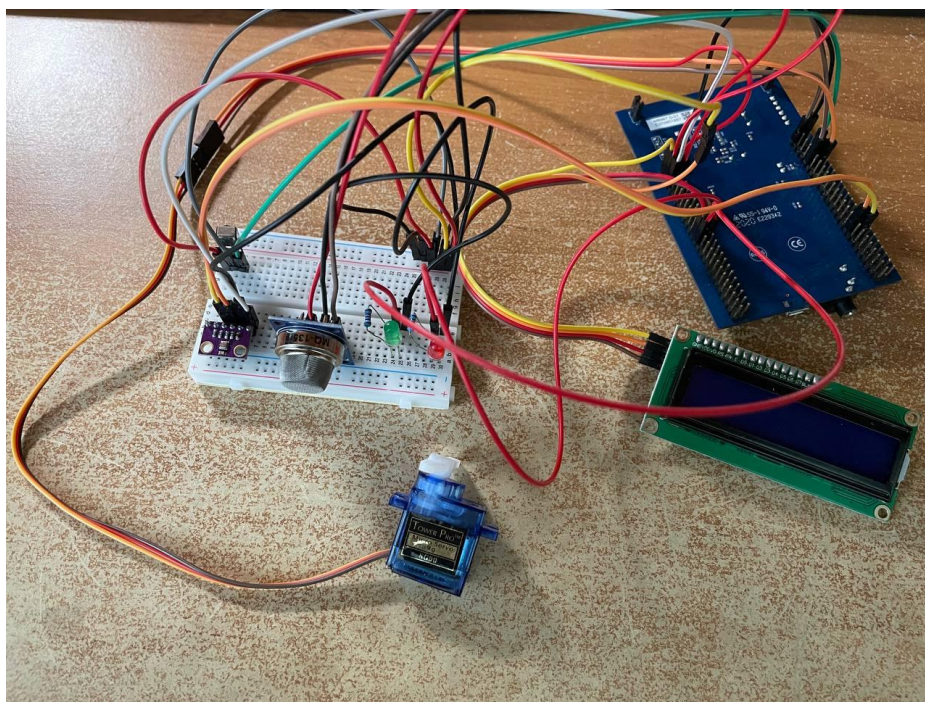


Рисунок 3.11 – Прототип системи дистанційного управління акваріумом

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

На рисунку 3.12 зображено, що на LCD-дисплеї будуть відображатись дані, і в ручному режимі роботи сервопривід буде вмикатись в залежності і вимикатись від даних які він отримав від датчика рівня кисню. Це дозволить підтримувати необхідний рівень кисню в акваріумі.



Рисунок 3.12 – Відображення результатів вимірювання на LCD-дисплеї

В ручному режимі, коли рівень кисню вийде за норму сервопривід не включиться. Натомість тільки включиться світлодіод, що сигналізує, про критичний стан рівня кисню. На рисунку 3.13 зображено, що пристрій не включить сервопривід.



Рисунок 3.13 – Реакція пристрою, на критичний рівень кисню, при ручному режимі

При тестуванні пристрою потрібно перевірити стабільність системи а саме:

- перевірка роботи системи при різних температурах води та довкілля;
- необхідно тестувати систему в умовах високої вологості, типових для акваріумного середовища;
- необхідно оцінити вплив електромагнітних перешкод на стабільність роботи системи, особливо на датчики та мікроконтролер;

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

– випробування безперервної роботи системи протягом тривалого часу для перевірки надійності та стійкості до зносу.

Після всіх перевірок важливо знову виконати калібрування датчиків та інших компонентів за допомогою відповідних інструментів, щоб гарантувати точність їх роботи в майбутньому.

Аспекти функціонування інфрачервоного зв'язку:

- перевірка функціонування пульта на різних відстанях від інфрачервоного датчика, щоб визначити максимальний діапазон;
- оцінка реакції системи на випадкові або некоректні команди з пульта;
- перевірка роботи з різними моделями пультів, які підтримують протокол nes;
- стабільність зв'язку: перевірка на стабільність передачі команд у різних умовах, включаючи наявність перешкод між пультом та датчиком;
- швидкість обробки команд: оцінка часу від натискання кнопки до виконання відповідної дії сервоприводом.

Тестування датчика температури в різних умовах:

- перевірка точності вимірювання температури води;
- тестування швидкості реакції датчика на раптові зміни температури;
- перевірка стабільності вимірюваних показників протягом часу.

Тестування компресора в різних умовах:

- оцінка роботи компресора під різними навантаженнями;
- випробування компресора на здатність працювати безперервно протягом тривалого часу.

Комплексне тестування дозволить забезпечити високу якість та надійність системи автоматизації акваріума, що є ключовим для забезпечення комфортних умов для водних мешканців та зручності для користувача. Важливо регулярно проводити калібрування датчиків та перевірку системи для підтримання її ефективності та точності.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Долікарська допомога при шоку

Перша допомога при травматичний шоці на догоспітальному етапі:

- зупинка кровотечі;
- забезпечення прохідності дихальних шляхів і адекватна вентиляція легень;
- знеболення;
- замісна трансфузійна терапія;
- іммобілізація при переломах;
- транспортування потерпілого.

Важкий травматичний шок часто супроводжується порушенням дихання, нудотою, блювотою. У цих випадках необхідно повернути голову потерпілого набік і очистити порожнину рота. Потім необхідно відхилити голову назад, вивести нижню щелепу і ввести S-подібну трубку, при наявності.

При зовнішній кровотечі необхідна її зупинка шляхом накладання джгута, тугої пов'язки, перетискання судини пальцем або накладанням затискача на судину. При наявності клініки внутрішньої кровотечі необхідно хворого необхідно швидко госпіталізувати в хірургічну клініку для оперативного лікування.

Одночасно зупинкою кровотечі необхідно поповнити об'єм циркулюючої крові. Для цієї мети необхідно використати протишоківі кровозамінники: реополіглюкін, желатиноль, поліфер, реоглюман. Можна застосовувати кристалоїдні речовини (розчин Рінгера, 0,9 % розчин натрія хлорида, лактасол), 5 % розчин глюкози. При відсутності інфузійних посередників хворого необхідно укласти в положення Тенделенбурга (з опущеним головним кінцем).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ			
Розроб.		Атаманчук Ю.А.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк..	Акрушів
Перевір.		Яцишин В.В.					48	
Консульт.		Пилипець М. І.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. контр.		Луцик Н.С.						
Зав. каф.		Осухівська Г.М.						

Знеболення необхідно провести перед накладанням іммобілізаційних шин, транспортуванням хворого. Для цього використовують наркотики (омнопон, промедол, морфій), слід пам'ятати, що морфій пригнічує функцію дихального центру, а також анагетика (аналгін, баралгін). Всі препарати при шоці необхідно вводити внутрішньовенно, оскільки порушений кровообіг і всмоктування медикаментів з тканин йде сповільнено.

Надзвичайно важливе значення має іммобілізація пошкоджених кінцівок і обережне транспортування хворих. Неадекватне транспортування посилює біль і погіршує протікання шоку. При пошкодженні і кровотечі з носа і рота хворого необхідно перевозити в положенні на животі, повернувши голову набік. При відсутності свідомості з метою профілактики западання язика, затікання в дихальні шляхи крові, блювотних мас хворого краще вкласти набік.

В стаціонарі ворого поміщають в протишокову палату. Основною метою стаціонарного лікування хворих з опіковим шоком є:

- а) відновлення показів гемодинаміки;
- б) поновлення втраченої рідини.

Ефективність лікування контролюється на основі клінічної картини показників гемоглобіну, гематокритного числа, почасового діурезу. При геморагічному шоці, інфузійно-трансфузійна терапія проводиться після зупинки кровотечі або одночасно з нею (під час операції). Інфузію проводять через 2-3 вени. Проводять пункцію периферичної вени, налагоджують систему і проводять катетеризацію великих вен (підключичної, яремної, великої підшкірної вени нижніх кінцівок). Масивна інфузійна терапія проводиться під контролем центрального венозного тиску. Всі розчини повинні бути теплими. Поновлення крововтрати донорською кров'ю за принципом "крапля за краплю" зараз не практикується.

Лікування анафілактичний шоку проводиться по загальним принципам лікування шоку. Відновлення гемодинаміки, нормалізація об'єм циркулюючої крові і мікроциркуляції. Можна застосовувати речовини, що інактивують антиген в організмі людини (пеніциліназу або беталактамузу) при

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

антибіотиковому шоці, або антигістамінні препарати, глікокортикоїди, 0,1 % розчин адреналіну. Їх вводять внутрішньовенно.

При анафілактичному шоці, що виник внаслідок введення медикаментозних препаратів, необхідно:

- негайно припинити введення лікарського препарату;
- покласти хворого на спину, закинути голову, висунути нижню щелепу вперед для запобігання западання язика і проводити серцево-легеневу реанімацію;
- якщо шок розвинувся внаслідок введення медикаменту або укусу комахи в кінцівку, необхідно накласти джгут і міхур з холодом;
- потім необхідно розчинити 1 мл 1 % розчину адреналіна гідрохлорида в 10 мл ізотонічного розчину хлориду натрію і ввести струйно внутрішньовенно;
- ввести суміш: 75-150 мл преднізолону або 200-250 мл гідрокортизону в комбінації з антигістамінними препаратами (1 мл 1 % розчину дімедрола або 2 мл 2 % розчину супрастину, або 2 мл 2,5 % розчину пікольфену).

В умовах фельдшерсько-акушерського пункту гормональні і антигістамінні препарати допускається вводити внутрішньом'язево, краще внутрішньовенно.

При наявності бронхоспазму необхідно ввести внутрішньовенно 10 мл 24 розчину еуфіліну на 500 мл 0,9 % розчині хлориду натрію зі швидкістю 40-60 крапель за 1 хвилину. Поряд з цим необхідно проводити оксигенотерапію. При набряку гортані в умовах стаціонару необхідно проводити інтубацію трахеї, трахеостомію.

При стійких гемодинамічних розладах необхідно внутрішньовенно ввести 5 мл 0,5 % розчину дофаміну на 250 мл 0,9 % розчину натрію хлориду, 400 мл реополіглюкіну [17].

#### 4.2 Особливості заходів електробезпеки на підприємствах

Працівники, що обслуговують розмний акваріум повинні знати, що виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки:

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- система технічних засобів і заходів;
- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки поділяються на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блоківки безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів[18].

Ізоляція струмовідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність потраплянь людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови відсутності фаз із пошкодженою ізоляцією. Розрізняють такі види ізоляції:

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

– робочу — забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження електричним струмом;

– додаткову — забезпечує захист від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції;

– подвійну — складається з робочої і додаткової;

– підсилену — поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий рівень захисту як і подвійна.

Застосування блоківки безпеки. Блоківки безпеки застосовуються в електроустановках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмовідних частин (випробувальні і дослідні стенди, установки для випробування ізоляції підвищеною напругою), в комутаційних апаратах, помилки в оперативних переключеннях яких можуть призвести до аварії і нещасних випадків, в рубильниках, пусковій апаратурі, автоматичних вимикачах, які працюють в умовах підвищеної небезпеки.

Призначення блоківки безпеки: унеможливити доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допустити порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього відключення його від джерела живлення. Основними видами блоківки безпеки є механічні, електричні і електромагнітні.

Механічні блоківки безпеки виконуються, переважно, у вигляді механічних конструкцій (стопори, замки, пружинно-стержневі і гвинтові конструкції), які не дозволяють знімати захисні огороження електроустановок, відкривати комутаційні апарати без попереднього зняття з них напруги. Електромагнітні блоківки безпеки вимикачів, роз'єднувачів, заземлюючих ножів використовуються на відкритих і закритих розподільних пристроях з метою забезпечення необхідної послідовності вмикання і вимикання обладнання. Вони виконуються, переважно, у вигляді стержневих електромагнітів. Стержень електромагніта при знеструмленні його обмотки під дією пружини заходить у

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

гніздо корпусу органа управління електроустановки, що не дозволяє маніпулювати цим органом. При подачі напруги на обмотку електромагніта осердя останнього втягується в котушку електромагніта, що забезпечує розблокування органа управління електроустановкою і можливість необхідних маніпулювань цим органом.

Засоби орієнтації в електроустановках дають можливість персоналу чітко орієнтуватись при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям. До засобів орієнтації в електроустановках належать: маркування частин електрообладнання, проводів і струмопроводів (шин), бирки на проводах, кольорові рішення неізолюваних струмовідних частин, ізоляції, внутрішніх поверхонь електричних шаф і щитів керування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, комутаційні схеми, знаки високої електричної напруги, знаки постійно попереджувальні.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи було розроблено комп'ютеризовану систему дистанційного керування акваріумом на базі мікроконтролера STM32. Дана система забезпечує автоматичний моніторинг та регулювання ключових параметрів акваріумної води, таких як температура та рівень кисню, що є критично важливим для підтримання здорового середовища для мешканців акваріуму.

В ході роботи було проведено детальний аналіз технічного завдання, визначено основні вимоги до системи, включаючи функціональні та апаратні характеристики, а також вимоги до програмного забезпечення. На основі цього аналізу було обрано оптимальні компоненти, такі як датчики температури та кисню, інфрачервоний датчик та пульт, мотор для компресора, а також індикаторні світлодіоди. Вибір мікроконтролера STM32 обумовлено його високою продуктивністю, низьким енергоспоживанням та багатим набором периферійних пристроїв.

У процесі розробки було створено програмне забезпечення для мікроконтролера, що забезпечує зчитування даних з датчиків, аналіз отриманих даних та прийняття рішень щодо увімкнення чи вимкнення компресора. Програмне забезпечення також включає можливість дистанційного керування системою за допомогою інфрачервоного пульта, що забезпечує зручність та простоту використання.

Таким чином, поставлене завдання було успішно вирішено, що підтверджує можливість створення ефективних та надійних систем автоматизації на базі сучасних мікроконтролерів. Отримані результати можуть бути використані для подальших досліджень та розробок у сфері автоматизації акваріумів, а також можуть бути основою для створення комерційних продуктів з покращеними характеристиками та додатковими функціями.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ARM Cortex-M4 Processor Technical Reference Manual. ARM, 2020. URL: <https://developer.arm.com/documentation/ddi0439/b/> (дата звернення: 15.06.2024).
2. BME280 with STM32. URL: <https://controllerstech.com/bme280-with-stm32/> (дата звернення: 18.06.2024).
3. Getting Started with STM32 - I2C. URL: <https://www.digikey.be/en/maker/projects/getting-started-with-stm32-i2c-example/ba8c2bfef2024654b5dd10012425fa23> (дата звернення: 15.06.2024).
4. Interfacing 16x2 LCD Display With STM32. URL: <https://www.instructables.com/Interfacing-16x2-LCD-Display-With-STM32-Board/> (дата звернення: 18.06.2024).
5. Ks0088 New Infrared IR Wireless Remote Control Module. URL: [https://wiki.keyestudio.com/Ks0088\\_New\\_Infrared\\_IR\\_Wireless\\_Remote\\_Control\\_Module\\_Kits\\_for\\_Arduino](https://wiki.keyestudio.com/Ks0088_New_Infrared_IR_Wireless_Remote_Control_Module_Kits_for_Arduino) (дата звернення: 20.06.2024).
6. MQ-135 Gas Sensor. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/MQ-135\\_Gas\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/MQ-135_Gas_Sensor) (дата звернення: 15.06.2024).
7. STM32F407 - Servo Motor (SG90). URL: <https://community.st.com/t5/stm32-mcus-motor-control/stm32f407-servo-motor-sg90-is-not-work-pwm-output-and-motor-seem/td-p/110743> (дата звернення: 15.06.2024).
8. TSOP58238 Datasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/252395/VISHAY/TSOP58238.html> (дата звернення: 19.06.2024).
9. 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.
10. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskyi R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.

11. Yatsyshyn V., Kharchenko O., Lutsiv A. Maturity Requirements Model for Software Requirements with the Implementation of ISO/IEC 25010 Recommendations. International Journal "Information Models and Analyses" Volume 9, Number 2, 2020 p. 126-143.

12. Yatsyshyn V. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Galay I. An Optimal Trade-off Solution of the Software Architecture Choice Problem// Journal of Information and Computing Science. 2016. Vol 11. No 4. P. 281-290.

13. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Halay I., Yatsyshyn V. The method for comparative evaluation of software architecture with accounting of trade-offs/ // American Journal of Information Systems. Vol. 2. No 2. 2014. P. 20-25

14. Pastukh O., Yatsyshyn V. Brain-computer interaction neurointerface based on artificial intelligence and its parallel programming using high-performance calculation on cluster mobile devices. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU. 2023. Vol 112. No 4. P. 26–31.

15. Pastukh O., Yatsyshyn V. Development of software for neuromarketing based on artificial intelligence and data science using high-performance computing and parallel programming technologies. Scientific Journal of TNTU. Vol 113. No 1. 2024. pp. 143–149.

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

17. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. Київ: Кондор, 2009. 286 с.

18. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. К.: Каравела, 2007. 408 с.

					КС КРБ 123.309.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Додаток А  
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС \_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРВАННЯ  
АКВАРІУМОМ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ на \_\_\_ листках

На здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр

Напрямок 123 Комп'ютерна інженерія

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент

Яцишин В.В.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-42

\_\_\_\_\_ Атаманчук Ю.А.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

Тернопіль 2024

1. Назва та підстава для виконання роботи.

1.1. Комп'ютеризована система дистанційного кервання акваріумом.

1.2. Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ) є Наказ по Університету (№ 4/7-468 від 26.04.2024 р.).

2. Виконавець.

2.1. Студент групи СІс-42 кафедри КС Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя, Атаманчук Юрій Андрійович.

3. Мета роботи.

3.1. Метою роботи є розробити структуру та апаратне забезпечення комп'ютеризована система дистанційного кервання акваріумом.

4. Склад виробу.

4.1. До складу виробу повинні входити:

- мікроконтролер;
- датчик температури та вологості;
- датчик якості кисню;
- сервопривод;
- LCD-дисплей
- інфрачервоний датчик.

5. Технічні вимоги.

5.1. Вимоги по призначенню.

5.1.1. Вбудована система повинна забезпечувати наступні функції:

- моніторинг параметрів акваріума;
- дистанційне керування;
- регулювання параметрів;
- можливість роботи в двох режимах;
- індикація стану системи.

5.1.2. Система повинна живитись напругою постійного струму 5 В через USB порт та/або 12 В.

5.2. Вимоги до умов експлуатації.

5.2.1. По умовам експлуатації виріб повинен відповідати наступним вимогам:

- робочий температурний діапазон: від -20°C до +85°C;
- відносна вологість: до 95% без конденсації;
- витримка впливу електромагнітних завад.

5.3. Конструктивні вимоги.

5.3.1. Конструювання корпусу приладу в КРБ не передбачено.

5.3.2. Для побудови системи мають бути використані сучасні компоненти з можливістю поверхневого монтажу друкованого вузла.

5.3.3. При побудові системи необхідно передбачити наявність роз'ємів живлення і обміну даними.

5.4. Вимоги до надійності.

5.4.1. Система повинна відповідати вимогам ДСТУ 2862-94.

5.4.2. Наробка на відмову, не менше 30000 год.

5.5. Вимоги метрології.

5.5.1. Вимірювання параметрів системи при моделюванні повинно виконуватись на універсальних вимірювальних приладах.

6. Економічні показники.

6.1. Собівартість системи повинна бути не більше 1500 грн.

7. Вимоги до документації.

7.1. Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

7.2. До складу документації повинно входити:

- ПЗ;
- термінал для тестування роботи системи;
- функціональна схема ЕЗ;
- блок схема алгоритму роботи КС.

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

8. Стадії та етапи розробки КРБ

8.1 Стадії та етапи виконання КРБ наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	<i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>	<i>01.02 – 09.02</i>
2	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>05.02 – 11.02</i>
3	<i>Аналіз вимог та принципів організації комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом</i>	<i>26.04 – 03.05</i>
4	<i>Проектування комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом</i>	<i>04.05 – 13.05</i>
5	<i>Розробка програмного забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного керування акваріумом</i>	<i>14.05 – 25.05</i>
6	<i>Розробка інструкцій з використання системи</i>	<i>26.05 – 09.06</i>
7	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>10.06 – 15.06</i>
8	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>16.06 – 20.06</i>
9	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>14.06</i>
10	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.06 – 28.06</i>

У дане ТЗ можуть вноситись зміни по узгодженню сторін

## Додаток Б

### Перелік елементів електрично-принципової схеми





## Додаток В

### Лістинги програмного забезпечення КС

#### Лістинг файла main.c

```
#include "main.h"
#include "adc.h"
#include "i2c.h"
#include "tim.h"
#include "gpio.h"

#include <LCD1602_config.h>
#include <LCD1602.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
#include "dwt_stm32_delay.h"
#include "bmpBme280.h"

#define SERVO_SPEED 10
#define SERVO_MAX_L 2260
#define SERVO_MAX_R 420

uint32_t adcValue = 0;
uint32_t tempValue = 0;
uint32_t dataRISensor = 0;

uint8_t statusServo = 0;
uint8_t statusServoOld = 0;
uint8_t statusSystem = 0;

uint32_t data;
uint32_t oldData;
uint8_t count;
uint8_t statusIR = 0;
uint8_t alarm = 0;
uint32_t EXTI_CallbackCount = 0;

float convertAdc = 0.0F;
float temperature = 0.0F;
float humidity = 0.0F;
void SystemClock_Config(void);

uint8_t I2C_Scan(I2C_HandleTypeDef *hi2c);
```

```

uint32_t receive_data (void);
void convert_code (uint32_t code);

void readRISens (void);
void readAirSens (void);

int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_I2C1_Init();
    MX_TIM2_Init();
    MX_ADC1_Init();
    MX_I2C2_Init();
    DWT_Delay_Init ();
    HAL_GPIO_WritePin(LED_G_GPIO_Port, LED_G_Pin, GPIO_PIN_SET);
    HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(2000);
    HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_2);
    for(uint16_t x=SERVO_MAX_L; x>SERVO_MAX_R; x=x-SERVO_SPEED) {
        __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2, x);
        //HAL_Delay(3);
    }
    BME280_Init();
    LCD_Init();
    LCD_SetCursor(8,0);
    LCD_PrintString("A ");
    LCD_SetCursor(11,0);
    LCD_PrintString("S OFF");
    HAL_Delay(500);
    while (1)
    {
        readAirSens();
        if (oldData != data){
            convert_code (data);
            statusIR = 0;
            oldData = data;
        }
        if (EXTI_CallbackCount > 12)
            statusIR = 0;
    }
}

```

```

}
void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};
    __HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE();
    __HAL_PWR_VOLTAGESCALING_CONFIG(PWR_REGULATOR_VOLTAGE_SCALE1);
    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.HSISState = RCC_HSI_ON;
    RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = RCC_HSICALIBRATION_DEFAULT;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 8;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 64;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV2;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 4;
    if (HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }

    RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK
        |RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
    RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
    RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV4;
    RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;
    RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;

    if (HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_0) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
}

uint8_t I2C_Scan(I2C_HandleTypeDef *hi2c) {
    for (uint8_t address = 1; address < 128; address++) {
        if (HAL_I2C_IsDeviceReady(hi2c, address << 1, 1, HAL_MAX_DELAY) ==
HAL_OK) {
            return address;
        }
    }
    return 0;
}

```

```

void readAirSens (void){
    char buffer[16];
    HAL_ADC_Start(&hadc1);
    HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, 20);
    adcValue = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
    convertAdc = ((adcValue*1.0)/4095.0)*100.0;
    temperature = BME280_ReadTemperature();
    humidity = BME280_ReadHumidity();
    LCD_SetCursor(0,0);
    snprintf(buffer, sizeof(buffer), "O=%3ld", (uint32_t)convertAdc);
    LCD_PrintString(buffer);
    LCD_SetCursor(0,1);
    snprintf(buffer, sizeof(buffer), "T=%3ld", (uint32_t)temperature);
    LCD_PrintString(buffer);
    LCD_SetCursor(8,1);
    snprintf(buffer, sizeof(buffer), "H=%3ld", (uint32_t)humidity);
    LCD_PrintString(buffer);
    if (statusSystem == 0){ // auto mod
        if (alarm == 1){
            HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
            alarm = 0;
        }
        if (convertAdc > 50 && statusServo == 0){ // switch servo status
            statusServo = 1;
        }
        else if (convertAdc <= 50 && statusServo == 1){
            statusServo = 0;
        }
    }
    else if (statusSystem == 1){
        if (convertAdc > 50 && statusServo == 0){
            HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_SET);
            alarm = 1;
        }
        else if (convertAdc > 50 && statusServo == 1){
            HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
            alarm = 0;
        }
        else if (convertAdc < 50){
            HAL_GPIO_WritePin(LED_R_GPIO_Port, LED_R_Pin, GPIO_PIN_RESET);
            alarm = 0;
        }
    }
}

```

```

if (statusServoOld != statusServo){
    if (statusServo == 0){
        for(uint16_t x=SERVO_MAX_L; x>SERVO_MAX_R; x=x-SERVO_SPEED) {
            __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2, x);
            //HAL_Delay(3);
        }
        LCD_SetCursor(11,0);
        LCD_PrintString("S OFF");
    }
    else if (statusServo == 1){
        for(uint16_t x=SERVO_MAX_R; x<SERVO_MAX_L; x=x+SERVO_SPEED) {
            __HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim2,TIM_CHANNEL_2, x);
            //HAL_Delay(3);
        }
        LCD_SetCursor(11,0);
        LCD_PrintString("S ON ");
    }
    statusServoOld = statusServo;
}
}

#define TIMEOUT 10000
uint32_t receive_data (void)
{
    uint32_t code = 0;
    uint32_t timeout;
    timeout = TIMEOUT;
    while (!(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_1)) && --timeout); // wait for
the pin to go high.. 9ms LOW
    if (timeout == 0) return 0xFFFFFFFF; // timeout error

    timeout = TIMEOUT;
    while ((HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_1)) && --timeout); // wait for the
pin to go low.. 4.5ms HIGH
    if (timeout == 0) return 0xFFFFFFFF; // timeout error
    for (int i = 0; i < 32; i++)
    {
        uint32_t count = 0;
        timeout = TIMEOUT;
        while (!(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_1)) && --timeout); // wait for
pin to go high.. this is 562.5us LOW
        if (timeout == 0) return 0xFFFFFFFF; // timeout error
        timeout = TIMEOUT;
        while ((HAL_GPIO_ReadPin(GPIOC, GPIO_PIN_1)) && --timeout)

```

```

    {
        count++;
        DWT_Delay_us(100);
    }
    if (timeout == 0) return 0xFFFFFFFF; // timeout error

    if (count > 12) // if the space is more than 1.2 ms
    {
        code |= (1UL << (31 - i)); // write 1
    }
    else
    {
        code &= ~(1UL << (31 - i)); // write 0
    }
}
return code;
}

void convert_code (uint32_t code)
{
    switch (code)
    {
        case (0xff6897):
        case (0xc03fda25):
        case (0xed12ff80):
        case (0xf00ff689): {
            LCD_SetCursor(8,0);
            LCD_PrintString("A ");
            statusSystem = 0;
            break;
        }
        case (0xff9867):
        case (0xc03fe619):
        case (0xfc03fe61):
        case (0xf00ff986):{
            LCD_SetCursor(8,0);
            LCD_PrintString("R ");
            statusSystem = 1;
            break;
        }
        case (0xffb04f):
        case (0xb04ff00f):
        case (0xc03fec13):
        case (0xff00ffb0):{

```

```

        if (statusSystem == 1){ // manual mode
            if (statusServo == 1) // switch servo status
                statusServo = 0;
            else if (statusServo == 0)
                statusServo = 1;
        }
        break;
    }
    case (0xFF22DD):
        break;
    case (0xFF02FD):
        break;
    case (0xFFC23D):
        break;
    case (0xFFE01F):
        break;
    case (0xFFA857):
        break;
    case (0xFF906F):
        break;
    case (0xFF38C7):
        break;
    case (0xFF18E7):
        break;
    case (0xFF10EF):
        break;
    case (0xFF5AA5):
        break;
    case (0xFF4AB5):
        break;
    default :
        break;
}
}

void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin){
    if (GPIO_Pin == GPIO_PIN_1 && statusIR == 0){
        data = receive_data ();
        statusIR = 1;
        EXTI_CallbackCount = 0;
    }
    EXTI_CallbackCount++;
}

void HAL_TIM_PeriodElapsedCallback(TIM_HandleTypeDef *htim)

```

```

{
    /* USER CODE BEGIN Callback 0 */

    /* USER CODE END Callback 0 */
    if (htim->Instance == TIM1) {
        HAL_IncTick();
    }
    if (htim->Instance == TIM4) {
    }
    /* USER CODE END Callback 1 */
}

void Error_Handler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN Error_Handler_Debug */
    /* User can add his own implementation to report the HAL error return state */
    __disable_irq();
    while (1)
    {
    }
}

#ifdef USE_FULL_ASSERT
void assert_failed(uint8_t *file, uint32_t line)
{
    /* USER CODE BEGIN 6 */
    /* User can add his own implementation to report the file name and line
number,
ex: printf("Wrong parameters value: file %s on line %d\r\n", file, line) */
    /* USER CODE END 6 */
}
#endif /* USE_FULL_ASSERT */

```