

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та охоронних систем

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИН
КОРМОМ І ВОДОЮ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32**

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-41
Кізім Дмитро Олександрович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Поліщук Микола Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« ____ » червня ____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та безпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Т. Терлецький

« 23 » 12 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Кізіму Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Автоматична система забезпечення тварин кормом і водою на основі мікроконтролера ESP32

Керівник роботи к.т.н., доцент Поліщук Микола Миколайович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» грудня 2025 року № 536/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 28.05.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області, різні інтернет-ресурси технічного спрямування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Аналіз предметної області та постановка задачі

Розробка апаратної частини системи

Програмна та апаратна реалізація

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Структурна схема автоматизованої системи годування та напування тварин

Схема підключення компонентів до мікроконтролера ESP32

Принципова схема системи

Інтерфейс веб-додатку для керування системою

Зовнішній вигляд розробленого пристрою

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз предметної області та постановка задачі</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Розробка апаратної частини системи</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Програмна та апаратна реалізація</i>	<i>Поліщук М.М., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н. В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С. В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		%	
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О. І., ст. викладач</i>		

7. Дата видачі завдання 23.12.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми, аналіз предметної області та наявних рішень</i>	до 10.02.2026 р.	Виконано
2.	<i>Аналіз предметної області та постановка задачі</i>	до 02.03.2026 р.	Виконано
3.	<i>Розробка апаратної частини системи</i>	до 02.04.2026 р.	Виконано
4.	<i>Програмна та апаратна реалізація та формування додатків</i>	до 10.04.2026 р.	Виконано
5.	<i>Представлення остаточного варіанту кваліфікаційної роботи керівникові</i>	до 01.05.2026 р.	Виконано
6.	<i>Нормоконтроль</i>	до 23.05.2026 р.	Виконано
7.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 20.05.2026 р.	Виконано
8.	<i>Здача кваліфікаційної роботи та всіх супровідних документів на кафедру</i>	до 28.05.2026 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Дмитро КІЗИМ

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Микола ПОЛІЩУК

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кізім Д. О. Автоматична система забезпечення тварин кормом і водою на основі мікроконтролера ESP32. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку.

Перший розділ присвячено аналізу предметної області, у якому обґрунтовано актуальність обраної теми, розглянуто особливості автоматизації процесів годування та напування тварин, проведено огляд існуючих систем та визначено їх основні недоліки. На основі проведеного аналізу сформульовано постановку задачі розробки автоматизованої системи.

У другому розділі здійснено вибір та обґрунтування апаратних і програмних засобів розробки. Розглянуто основні компоненти системи, зокрема мікроконтролер ESP32, датчики, виконавчі механізми та засоби керування. Описано принцип роботи елементів системи, а також розроблено структурну схему пристрою та алгоритм його роботи.

Третій розділ присвячено програмній реалізації системи, налаштуванню її роботи та тестуванню. Розроблено програмне забезпечення для керування процесами годування та напування, реалізовано веб-інтерфейс для дистанційного керування, а також проведено тестування роботи пристрою та аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: ESP32, автоматична годівниця, IoT, веб-інтерфейс, датчик рівня води, Arduino IDE.

ANNOTATION

Kizim D. Automatic system for providing animals with food and water based on the ESP32 microcontroller. Manuscript.

Qualifying work of a bachelor of EP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, references, and an appendix.

The first section is devoted to the analysis of the subject area, where the relevance of the chosen topic is substantiated, the features of automation of animal feeding and watering processes are considered, existing systems are analyzed, and their main disadvantages are identified. Based on the analysis, the problem statement is formulated.

The second section presents the selection and justification of hardware and software tools. The main components of the system are considered, including the ESP32 microcontroller, sensors, actuators, and control elements. The operating principles of the system components are described, and the structural diagram and operation algorithm are developed.

The third section is devoted to the software implementation of the system, its configuration, and testing. The software for controlling feeding and watering processes is developed, a web interface for remote control is implemented, and the system operation is tested with analysis of the obtained results.

Keywords: ESP32, automatic feeder, IoT, web interface, water level sensor, Arduino IDE.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	9
1.1 Актуальність та завдання дослідження	9
1.2 Особливості автоматизації годування	11
1.3 Огляд існуючих систем	15
1.4 Недоліки існуючих рішень.....	21
1.5 Постановка задачі	23
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ	25
2.1 Загальна структура системи.....	25
2.2 Вибір мікроконтролера ESP32.....	27
2.3 Опис основних компонентів системи	30
2.3.1 Модуль реального часу DS3231	31
2.3.2 Драйвер двигуна mx1508 та механізм подачі корму.....	32
2.3.3 LCD1602 з I2C інтерфейсом	33
2.3.4 OLED дисплей SSD1306	34
2.3.5 Поворотний енкодер KY-040.....	35
2.3.6 Релейний модуль.....	36
2.3.7 Мініатюрна водяна помпа.....	36
2.3.8 Саморобний датчик рівня води	37
2.4 Розробка структурної схеми	38
2.5 Розробка електричної схеми	41
2.6 Принцип роботи пристрою	48
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ	51
3.1 Вибір середовища програмування	51
3.2 Алгоритм роботи системи.....	53
3.3 Розробка програмного забезпечення.....	59
3.4 Налаштування роботи пристрою.....	64
3.5 Тестування системи	66
3.6 Аналіз результатів роботи.....	70

ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах автоматизація побутових процесів набуває все більшого значення, зокрема у сфері догляду за домашніми тваринами. Одним із важливих аспектів є забезпечення своєчасного та дозованого годування і напування тварин. Більшість існуючих рішень або мають обмежений функціонал, або не забезпечують комплексного підходу до вирішення даної задачі. Крім того, зростання популярності технологій Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для створення інтелектуальних систем, що дозволяють дистанційно керувати процесами та контролювати стан пристроїв. У зв'язку з цим розробка автоматизованої системи годування та напування тварин на базі сучасних мікроконтролерів є актуальною та перспективною задачею.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи годування та напування тварин на базі мікроконтролера ESP32 з можливістю автоматичного та дистанційного керування.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації годування та напування домашніх тварин.

Предмет дослідження – методи та засоби побудови автоматизованої системи годування та напування тварин на базі мікроконтролера ESP32.

Завдання, які необхідно виконати:

- дослідити існуючі системи автоматичного годування та напування тварин та визначити їх основні недоліки;
- розробити структурну схему автоматизованої системи;
- спроектувати апаратну частину пристрою на базі мікроконтролера ESP32;
- реалізувати алгоритм роботи системи автоматичного годування та напування;
- розробити програмне забезпечення для керування системою;
- візуалізувати дані та реалізувати веб-інтерфейс для дистанційного керування.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Автоматизація процесів годування та напування тварин є актуальною як для промислового тваринництва, так і для домашніх умов. На великих фермах застосовуються складні автоматичні системи, що дозволяють контролювати споживання корму та води, оптимізувати продуктивність стада та зменшувати трудові витрати. У той же час власники домашніх тварин, таких як коти, собаки або дрібні птахи, стикаються з подібними проблемами у значно менших масштабах: важливість регулярного годування та контролю кількості корму і води залишається високою, проте рішення для домашнього використання повинні бути компактними, доступними і простими у використанні.

У цьому розділі розглядаються особливості автоматизації годування і напування тварин, порівнюються промислові та домашні системи, а також обґрунтовується необхідність розробки доступної та надійної системи для домашніх тварин на базі мікроконтролера ESP32.

1.1 Актуальність та завдання дослідження

Автоматизація процесів годування та напування домашніх тварин є надзвичайно актуальною проблемою, оскільки регулярне забезпечення кормом і водою безпосередньо впливає на їхнє здоров'я, розвиток та добробут. Для котів, собак та дрібних домашніх птахів правильне харчування і доступ до чистої води є критично важливими, оскільки непослідовне годування може призводити до перегодовування або недогодовування, що негативно відображається на фізичному стані тварин, їх поведінці та імунитеті [1]. Особливо це актуально для власників, які багато часу проводять поза домом, або мають нерегулярний графік роботи, що робить складним дотримання оптимального режиму годування. Недостатнє або надмірне годування може призводити до ожиріння, проблем з травленням, зниження активності, а також до зниження загального рівня здоров'я тварини [2].

У промисловому тваринництві на фермах та птахофермах застосовуються складні автоматизовані системи годування та напування, які дозволяють контролювати споживання корму, відстежувати стан здоров'я тварин, оптимізувати продуктивність та зменшувати трудові витрати [2]. Такі системи демонструють високий рівень ефективності, проте вони зазвичай є дорогими та складними у використанні, що обмежує їх застосування у побутових умовах.

Сучасні технології Інтернету речей (IoT), а також мікроконтролери, такі як ESP32, дозволяють створювати компактні автоматизовані системи годування та напування домашніх тварин, що можуть бути використані в умовах квартири або приватного будинку [1, 2].

Використання датчиків, сервомоторів та pomp для води у поєднанні з веб-застосунком дозволяє контролювати процес годування та напування в режимі реального часу.

Власник може задавати час та тривалість годування через веб-інтерфейс, після чого система автоматично виконує ці дії, забезпечуючи точне дозування корму та води незалежно від його присутності вдома [1, 2].

Такий підхід дозволяє підвищити рівень комфорту тварин, забезпечити своєчасне годування та зменшити ризики перегодовування чи недогодовування.

Метою цього дослідження є розробка автоматизованої системи годування та напування домашніх тварин на базі мікроконтролера ESP32 із живленням від мережі змінного струму та інтеграцією веб-застосунку для дистанційного керування.

Завдання дослідження включають розробку алгоритму автоматичного годування та напування, інтеграцію датчиків та механізмів керування, забезпечення віддаленого управління через веб-застосунок, а також підвищення надійності та ефективності пристрою [1, 2].

Таким чином, розробка такої системи є актуальною з практичної точки зору, оскільки дозволяє забезпечити регулярне і контрольоване годування домашніх тварин, покращити їхнє здоров'я та благополуччя, а також демонструє можливості застосування сучасних IoT-технологій у побутових умовах [1].

Використання подібних рішень не лише спрощує догляд за тваринами для власників, але й відкриває перспективи для розвитку розумних пристроїв, здатних адаптуватися до індивідуальних потреб кожної тварини, аналізувати її поведінку та покращувати ефективність процесів годування [2].

1.2 Особливості автоматизації годування

Автоматизація годування та напування домашніх тварин є сучасним підходом до догляду за вихованцями, який дозволяє підтримувати їх здоров'я, правильний режим харчування та регулярне споживання води.

Такі системи особливо актуальні для зайнятих власників, які не завжди можуть годувати тварину у потрібний час, а також для тих, хто хоче запобігти проблемам із перегодовуванням або недогодовуванням.

Автоматизовані системи зазвичай включають таймери, сенсори присутності, датчики рівня корму чи води та контролери, які керують подачею їжі або води. Вони дозволяють програмувати точний графік годування, контролювати порції та забезпечувати подачу лише за наявності тварини, що підвищує безпеку та зручність експлуатації.

Додатково деякі пристрої інтегруються з мобільними додатками, що дає змогу власнику віддалено стежити за харчуванням та станом води [3].

Автоматична годівниця Petory Automatic Pet Feeder F01 поєднує сучасний дизайн і зручність, забезпечуючи контроль харчування та підтримку здоров'я домашнього улюбленця.

Завдяки автоматичному порційному поданню корму за заздалегідь встановленою програмою власник може підтримувати стабільний режим харчування, уникати перегодовування та забезпечити ситість тварини навіть під час тривалої відсутності вдома.

Для роботи достатньо насипати сухий корм у контейнер і налаштувати графік годування – усі інші функції виконує електроніка (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Автоматична годівниця Petory Automatic Pet Feeder F01 [4]

Розумна поїлка Pet Water FOUNTAIN Автоматична напувалка-фонтан забезпечує постійний доступ до свіжої води, стимулюючи тварину пити більше. Регулярне споживання води важливе для нормальної роботи нирок та зменшення ризику утворення кристалів у сечовивідних шляхах. Постійне дзюрчання води заохочує вихованця пити достатньо, підтримуючи його стан здоров'я (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Автоматична поїлка Pet Water FOUNTAIN [5]

Сучасна електронна годівниця Petrust PP005 забезпечує ефективний контроль над раціоном котів та собак. Автоматична подача порцій за встановленим графіком дозволяє підтримувати регулярність годування, запобігати надмірному харчуванню та забезпечувати ситість вихованця навіть у разі тривалої відсутності власника. Власник може дистанційно налаштовувати кількість корму та час подачі через спеціальний додаток (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Розумна годівниця Petrust PP005 [6]

Для порівняння функціональних можливостей сучасних автоматичних систем годування та напування домашніх тварин доцільно розглянути їх основні характеристики, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння автоматичних систем годування та напування домашніх тварин

Пристрій	Функції	Тип сенсорів	Особливості
Petory Automatic Pet Feeder F01	Подача корму	Таймер	Регулярне дозування порцій, просте програмування
Pet FOUNTAIN Water	Подача води	Сенсор рівня води	Постійна свіжість води, стимуляція пиття
Petrust PP005	Подача корму, дистанційне керування	Камера, таймер, сенсор присутності	Віддалене керування, контроль порцій, розумне годування

Після ознайомлення з основними характеристиками та функціями сучасних автоматизованих систем годування та напування домашніх тварин корисно розглянути загальну організацію роботи такої системи.

Схема показує, як різні компоненти взаємодіють між собою, забезпечуючи точне дозування корму та води, контроль за присутністю тварини та безпечне функціонування системи (рис. 1.4) [3].

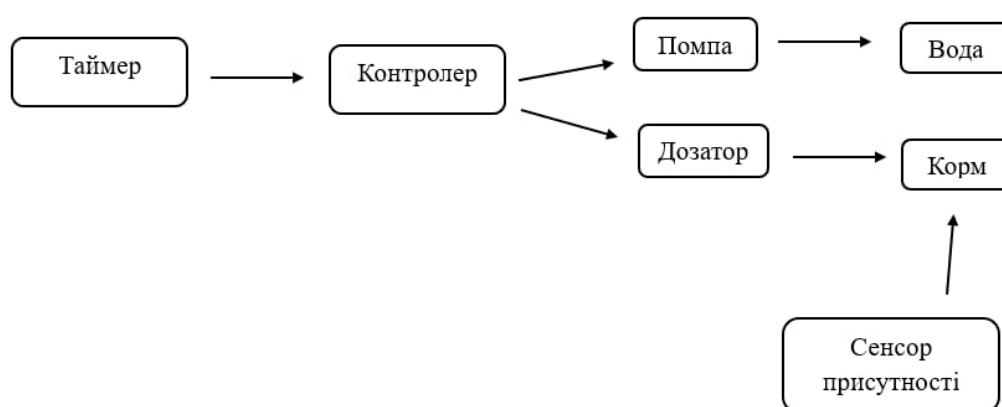


Рисунок 1.4 – Схема автоматизованої системи годування та напування домашніх тварин

Схема ілюструє, що контролер отримує сигнали від сенсорів присутності тварини та таймера і передає команди на дозатор корму та помпу для води. Сенсори забезпечують безпеку та економію ресурсів, активуючи подачу лише коли

вихованець поруч. Така організація дозволяє підтримувати регулярність годування та напування, забезпечує точність порцій і виключає ризик марнотратства корму або води.

Завдяки інтеграції електронного контролю, сенсорів і механізмів дозування система легко адаптується до різних типів корму та потреб домашніх тварин, підвищуючи ефективність і безпеку автоматизації, а також зменшуючи участь власника в рутинних процесах годування.

1.3 Огляд існуючих систем

Автоматичні системи годування та напування тварин широко застосовуються як у промисловому тваринництві, так і в побутових умовах утримання домашніх улюбленців. Їх основною метою є забезпечення регулярної, дозованої та контрольованої подачі корму і води, що підвищує ефективність утримання тварин та зменшує вплив людського фактора.

Для домашніх тварин, таких як коти, собаки та дрібні птахи, застосовуються компактні автоматичні годівниці, що забезпечують базову автоматизацію годування (рис. 1.5). Вони дозволяють програмувати час подачі корму, задавати кількість порцій та контролювати процес без участі власника [7].



Рисунок 1.5 – Автоматична годівниця для домашніх тварин із функцією програмування [7]

Схема показує, як контейнер з кормом через сервомотор подає корм у тарілку, датчик присутності активує процес, а контролер ESP32 керує системою. У реальному пристрої ці функції реалізовані у вигляді компактного корпусу з контейнером для корму, сервомотором та датчиками, що забезпечують точне дозування корму (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Схема автоматичної годівниці для домашніх тварин із функцією програмування

У птахівництві широко використовуються автоматичні системи годування та напування, які забезпечують безперервну подачу корму і води відповідно до потреб птиці (рис. 1.7). Вони відрізняються простотою конструкції та надійністю, зменшують втрати корму та забезпечують рівний доступ до ресурсів [8].

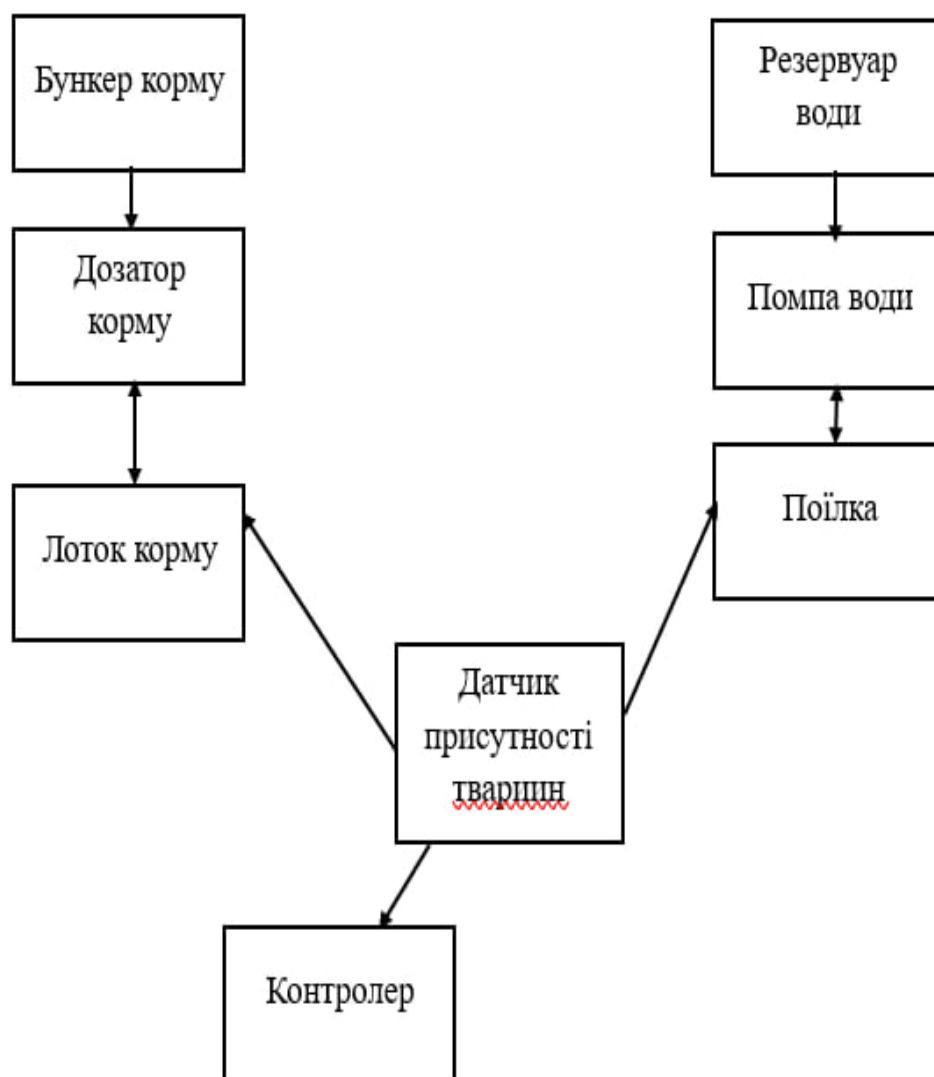


Рисунок 1.7 – Схема автоматичної годівниці та поїлки для птиці

На схемі показано рух корму та води у годівниці для птиці, а також сигнал від датчика присутності тварини до контролера. У реальному пристрої ці функції реалізовані через дозатори корму та помпи води, які активуються сигналом від сенсорів, забезпечуючи постійний доступ до корму та води (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Автоматична годівниця та поїлка для птиці [8]

У промисловому тваринництві використовуються складні автоматизовані системи годування, що дозволяють обслуговувати велику кількість тварин одночасно.

Вони включають бункери для зберігання корму, механізми дозованої подачі (шнеки або транспортери), датчики рівня корму та електронні блоки керування.

Застосування таких систем дозволяє підвищити точність розподілу корму, зменшити втрати та оптимізувати витрати на утримання господарства [9].

Використання автоматизованих систем у тваринництві дозволяє значно зменшити вплив людського фактора, забезпечити стабільність процесу годування та підвищити ефективність використання кормів.

Завдяки автоматичному керуванню зменшуються втрати корму, покращується контроль за процесом годування та підвищується продуктивність господарства. Приклад структури такої системи наведено на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Схема промислової автоматизованої системи годування

Схема показує основні елементи промислової годівниці та їх взаємодію: корм надходить з бункера через транспортер до годівниць, сенсори контролюють рівень корму, а контролер керує графіком годування. У реальному пристрої бункер подає корм у годівниці через транспортер, а сенсори сигналізують контролеру про наявність корму та його рівень, забезпечуючи точність подачі (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Промислова годівниця для великої рогатої худоби [9]

Сучасні системи на базі IoT дозволяють дистанційно керувати процесом годування через мобільний додаток або веб-інтерфейс (рис. 1.11). Контролер ESP32 отримує сигнали від сенсорів і передає дані у додаток, де власник може змінювати графік годування та дозування корму [10].

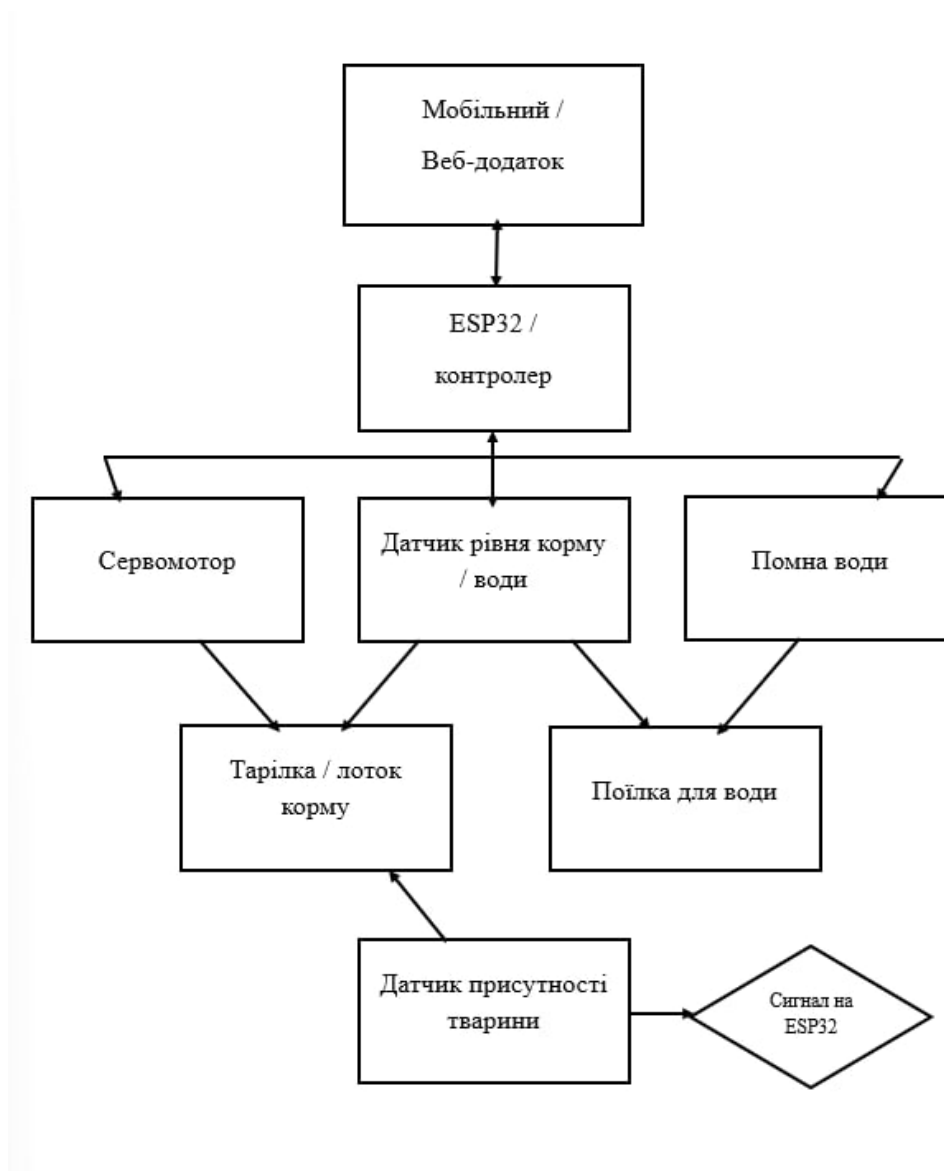


Рисунок 1.11 – Схема IoT-годівниці на ESP32

Схема показує роботу IoT-годівниці: ESP32 керує подачею корму та води, отримує сигнали від сенсорів та передає інформацію у мобільний додаток. Реальний пристрій інтегрує всі ці функції у компактну конструкцію з датчиками та дозаторами, що дозволяє власнику віддалено керувати (рис. 1.12). Використання IoT-технологій у системах годування домашніх тварин дозволяє значно підвищити

зручність керування та контролю за процесом годування. Завдяки інтеграції веб-або мобільного застосунку власник може дистанційно змінювати параметри роботи системи та контролювати її стан у режимі реального часу.



Рисунок 1.12 – Розумна IoT-годовниця для домашніх тварин [2]

Таким чином, сучасні автоматичні системи годування охоплюють широкий спектр рішень – від складних промислових установок до компактних домашніх пристроїв. Вони відрізняються рівнем автоматизації, функціональністю та сферою застосування, що створює основу для подальшого вдосконалення та розробки універсальних систем для домашніх умов.

1.4 Недоліки існуючих рішень

Незважаючи на значний розвиток автоматизованих систем годування та напування тварин, існуючі рішення мають ряд недоліків, які обмежують їх ефективність, функціональність та можливість широкого застосування, особливо в домашніх умовах.

Промислові автоматизовані системи, що використовуються у тваринництві, забезпечують високу продуктивність та точність дозування корму. Вони здатні обслуговувати велику кількість тварин і працювати у безперервному режимі. Однак такі системи є складними, дорогими та потребують спеціалізованого

обслуговування [9]. Крім того, вони мають великі габарити, що робить їх непридатними для використання в умовах житлових приміщень.

Системи, що застосовуються у птахівництві, є більш простими за конструкцією, однак вони орієнтовані на групове утримання тварин і не забезпечують індивідуального контролю харчування. У таких системах зазвичай відсутній механізм точного дозування корму для окремої особини, що є важливим фактором для домашніх тварин [8].

Автоматичні годівниці для домашніх тварин є більш компактними та доступними, проте мають обмежений функціонал. Більшість таких пристроїв працює лише за таймером і не враховує фактичну присутність тварини або її поведінку [7]. Крім того, у багатьох моделях відсутні датчики рівня корму, що може призводити до ситуацій, коли корм закінчується, а система продовжує працювати без фактичної подачі.

Важливим недоліком є відсутність зворотного зв'язку в системі, що не дозволяє контролювати фактичне споживання корму або води. У результаті власник не має можливості оцінити, чи була виконана функція годування належним чином. Також у деяких пристроях спостерігається похибка дозування корму, що може негативно впливати на режим харчування тварини.

Окрему увагу слід приділити системам напування. У багатьох випадках відсутній контроль рівня води, що може призводити до її нестачі. Крім того, вода може застоюватися, що погіршує її якість та може негативно впливати на здоров'я тварини. Відсутність фільтрації або оновлення води також є суттєвим недоліком сучасних рішень.

Сучасні IoT-системи частково вирішують проблему автоматизації, забезпечуючи можливість дистанційного керування та моніторингу [2, 10]. Однак вони також мають ряд обмежень, серед яких складність налаштування, залежність від стабільного інтернет-з'єднання та підвищена вартість [2, 10]. Крім того, не всі системи забезпечують автономність роботи у разі втрати зв'язку або перебоїв у живленні.

Ще одним важливим недоліком є відсутність універсальних рішень, які поєднують функції автоматичного годування та напування в одному пристрої.

Більшість існуючих систем реалізують лише одну з цих функцій, що змушує користувача використовувати декілька окремих пристроїв. Навіть у випадках, коли обидві функції об'єднані, вони часто працюють незалежно одна від одної і не мають єдиного контролера керування.

Крім технічних аспектів, слід відзначити і питання зручності використання. Частина пристроїв має обмежений або складний інтерфейс налаштування, що ускладнює їх використання для пересічного користувача. Водночас більш функціональні системи мають значно вищу вартість, що обмежує їх доступність для широкого кола користувачів.

Таким чином, аналіз існуючих рішень показує, що на сьогодні відсутня система, яка одночасно поєднує компактність, доступність, надійність, автоматичну подачу корму та води, а також можливість дистанційного керування і моніторингу. Це обумовлює необхідність розробки нової автоматизованої системи, яка усуває зазначені недоліки та відповідає сучасним вимогам до функціональності, зручності та ефективності.

1.5 Постановка задачі

Проведений аналіз існуючих систем автоматичного годування та напування тварин показав наявність ряду недоліків, серед яких відсутність комплексних рішень для одночасної подачі корму і води, обмежений функціонал більшості пристроїв для домашніх умов, а також недостатній рівень автоматизації та зручності керування. Виявлені проблеми обумовлюють необхідність створення нової системи, яка поєднує основні функції годування і напування та забезпечує ефективну взаємодію з користувачем.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою на основі мікроконтролера ESP32, яка дозволяє здійснювати автоматичне та дистанційне керування процесами годування і напування. Для досягнення поставленої мети передбачено виконання ряду завдань, серед яких аналіз існуючих технічних рішень у сфері автоматизації годування та напування тварин, розробка структурної схеми системи, вибір апаратних

компонентів, розробка алгоритму роботи пристрою, реалізація програмного забезпечення для керування процесами годування та напування, а також забезпечення можливості дистанційного керування системою за допомогою веб-інтерфейсу та проведення тестування для оцінки ефективності її роботи.

Об'єктом дослідження є процес автоматизації годування та напування домашніх тварин, а предметом дослідження – методи та засоби побудови автоматизованих систем на базі мікроконтролера ESP32. Реалізація поставленої мети дозволить створити компактну, доступну та функціональну систему, що усуває недоліки існуючих рішень та відповідає сучасним вимогам до автоматизованих пристроїв. Запропонований підхід дозволяє інтегрувати функції подачі корму та води в одному пристрої, забезпечити зручність керування та підвищити рівень автоматизації процесів догляду за домашніми тваринами.

Таким чином, розробка даної системи є актуальним та перспективним напрямом, що поєднує сучасні технології мікроконтролерів, сенсорних систем та Інтернету речей, і може бути використана як основа для подальшого розвитку інтелектуальних пристроїв у сфері догляду за тваринами.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

2.1 Загальна структура системи

Автоматизована система забезпечення тварин кормом і водою призначена для своєчасного годування домашніх тварин, подачі питної води, контролю стану пристрою та зручної взаємодії з користувачем. Використання подібної системи дозволяє підтримувати стабільний режим харчування тварини, зменшити участь власника у щоденних рутинних процесах та підвищити комфорт догляду за домашнім улюбленцем.

Основним керуючим елементом системи є мікроконтролер ESP32, який координує роботу всіх модулів, здійснює обробку сигналів від датчиків, формує керуючі команди для виконавчих механізмів та забезпечує роботу бездротового зв'язку через Wi-Fi. Завдяки цьому користувач може керувати пристроєм не лише локально, а й дистанційно через веб-додаток.

Автоматична подача корму реалізується за допомогою механізму дозування на основі гвинта Архімеда. Для обертання гвинта використовується електродвигун постійного струму, який підключений через драйвер двигунів mx1508. Застосування драйвера необхідне для узгодження роботи двигуна з мікроконтролером, оскільки ESP32 не може безпосередньо живити двигун через вихідні контакти. Модуль mx1508 дозволяє керувати увімкненням, напрямком обертання та режимом роботи двигуна за допомогою сигналів від контролера. Під час роботи двигун приводить у рух гвинт, який переміщує корм із накопичувального контейнера до миски тварини. Такий принцип забезпечує рівномірну та дозовану подачу корму.

Подача води у системі здійснюється за допомогою електричної помпи, яка транспортує воду з резервуара до поїлки. Керування помпою виконується через релейний модуль, що дозволяє безпечно вмикати та вимикати навантаження за командою мікроконтролера. Для контролю наявності води використовується

датчик рівня води. У разі зниження рівня нижче допустимого значення система може повідомляти користувача або тимчасово блокувати запуск помпи.

Для локального керування параметрами системи застосовується енкодер. За його допомогою користувач може переміщуватися по меню, змінювати налаштування, встановлювати графік годування та керувати окремими функціями пристрою. Такий спосіб введення є зручним та компактним.

Для роботи за розкладом використовується модуль годинника реального часу DS3231. Він забезпечує точне збереження поточного часу навіть у разі вимкнення основного живлення, що дозволяє системі стабільно виконувати задані часові режими годування та напування. Використання окремого модуля реального часу підвищує точність і надійність роботи системи.

Відображення інформації про роботу пристрою реалізовано за допомогою LCD-дисплея 16×2 та OLED-дисплея 128×32. На дисплеї можуть виводитися поточний час, режими роботи, стан підключення до мережі, рівень води, повідомлення користувачу та інші службові параметри. Наявність двох засобів індикації підвищує зручність користування системою.

Живлення системи здійснюється від побутової електричної мережі через блок живлення, який перетворює напругу мережі у стабілізовані 5 В, необхідні для роботи електронних модулів пристрою. Такий спосіб живлення забезпечує безперервну роботу системи в домашніх умовах без необхідності заміни автономних джерел живлення.

Однією з важливих переваг системи є можливість дистанційного керування через веб-додаток. Користувач може за допомогою смартфона, планшета або комп'ютера переглядати стан системи, запускати подачу корму чи води вручну, змінювати налаштування та контролювати графік роботи пристрою. Це робить систему більш гнучкою, сучасною та зручною у використанні.

Таким чином, загальна структура системи включає мікроконтролер ESP32, механізм дозованої подачі корму на основі гвинта Архімеда з керуванням через драйвер mx1508, систему подачі води, датчики контролю, засоби індикації, локальне та дистанційне керування, а також стабільне живлення.

Сукупність зазначених елементів дозволяє створити функціональний автоматизований пристрій для догляду за домашніми тваринами, який відповідає сучасним вимогам надійності, зручності та ефективності.

2.2 Вибір мікроконтролера ESP32

Одним із найважливіших етапів розробки автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою є вибір мікроконтролера, який виконуватиме функції центрального керуючого вузла. Саме мікроконтролер забезпечує обробку даних від датчиків, керування виконавчими механізмами, взаємодію з користувачем та реалізацію алгоритмів автоматичної роботи пристрою. Для даного проєкту було обрано мікроконтролер ESP32, який поєднує високу продуктивність, широкий функціонал та доступну вартість.

ESP32 є сучасним 32-бітним мікроконтролером, розробленим компанією Espressif Systems. Контролер побудований на базі двоядерного процесора з тактовою частотою до 240 МГц, що забезпечує достатню обчислювальну потужність для одночасного виконання кількох задач: керування двигуном подачі корму, контролю помпи води, роботи дисплеїв, обробки сигналів датчиків та підтримки веб-інтерфейсу користувача [11]. Зовнішній вигляд модуля ESP32 наведено на рисунку 2.2.

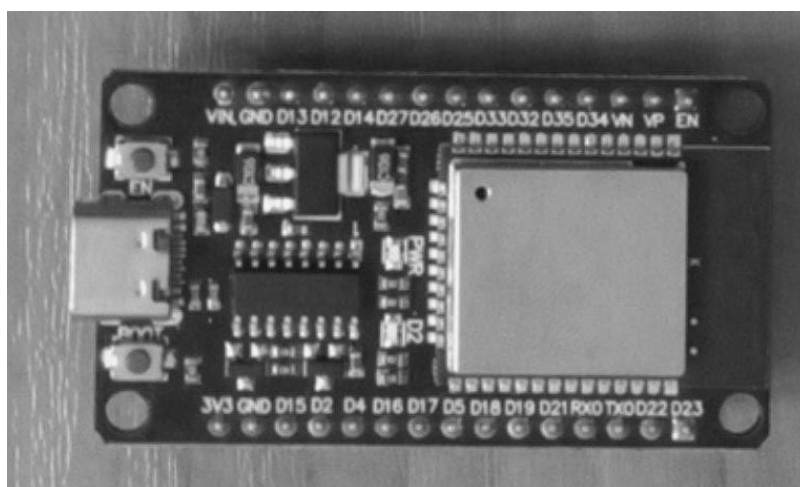


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд модуля ESP32

Мікроконтролер має компактні розміри та зручне розташування контактів, що значно спрощує його використання під час створення прототипу та монтажу готового пристрою.

Наявність USB-інтерфейсу дозволяє швидко завантажувати програмний код і виконувати налагодження системи.

Однією з головних переваг ESP32 є наявність вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє реалізувати бездротовий зв'язок без використання додаткових зовнішніх пристроїв.

У межах даного проєкту використання Wi-Fi є особливо важливим, оскільки саме через нього реалізується дистанційне керування системою за допомогою веб-додатку.

Користувач може зі смартфона, планшета або комп'ютера переглядати стан системи, змінювати налаштування та запускати окремі функції віддалено [11].

Ще однією перевагою ESP32 є достатня кількість входів та виходів загального призначення (GPIO), що дозволяє підключати значну кількість периферійних модулів.

У розроблюваній системі до мікроконтролера підключаються драйвер двигуна mx1508, релейний модуль, датчик рівня води, енкодер, LCD-дисплей 16×2, OLED-дисплей 128×32 та модуль годинника реального часу DS3231. Це дає змогу реалізувати всі необхідні функції без використання додаткових розширювачів портів [11].

Важливою особливістю ESP32 є структура та функціональне призначення його виводів. Контакти мікроконтролера можуть використовуватися як цифрові входи та виходи, аналогові входи, PWM-виходи, а також лінії інтерфейсів UART, SPI та I2C.

Така універсальність значно спрощує підключення периферійних пристроїв та дає можливість гнучко конфігурувати систему відповідно до поставлених задач. Схема призначення виводів мікроконтролера ESP32 наведена на рисунку 2.3.

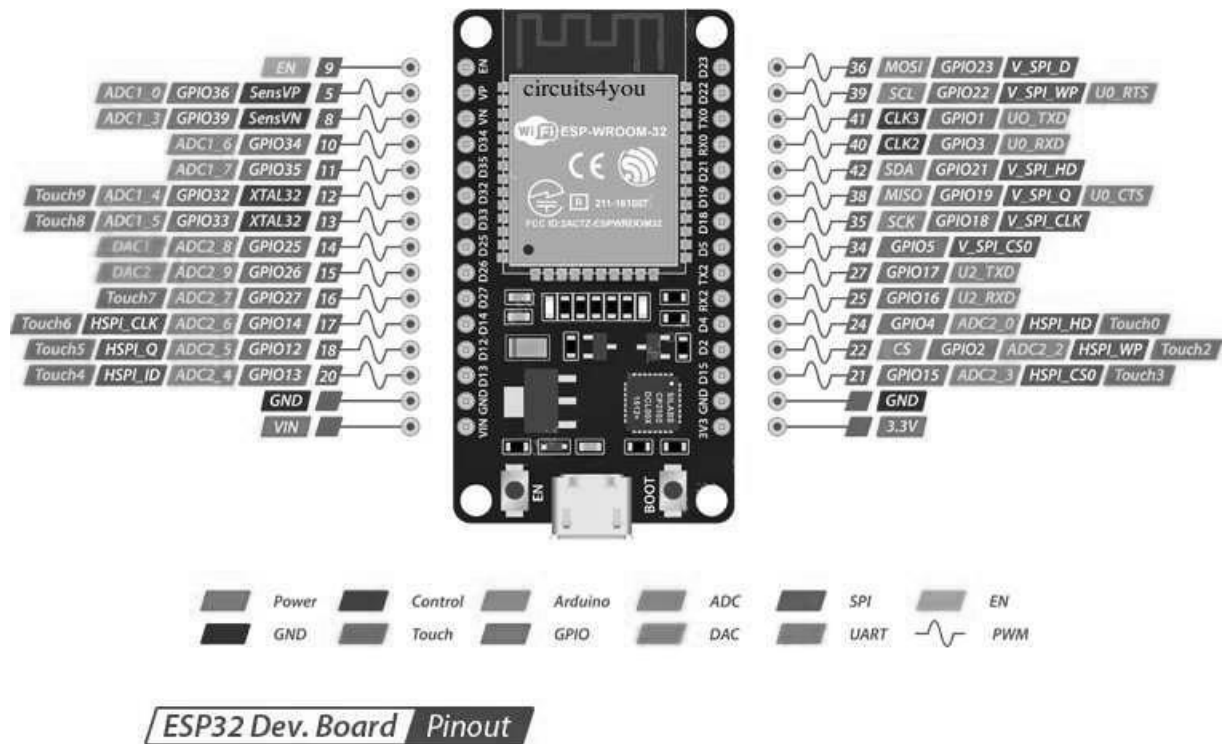


Рисунок 2.3 – Схема призначення виводів мікроконтролера ESP32 [12]

З наведеної схеми видно, що мікроконтролер має велику кількість універсальних контактів, які можуть використовуватися для підключення різних модулів системи. Це дозволяє одночасно підключати дисплеї, датчики, драйвер двигуна, реле та інші елементи без ускладнення електричної схеми пристрою.

Мікроконтролер підтримує популярні інтерфейси зв'язку UART, SPI та I2C, що значно спрощує підключення периферійних пристроїв. Наприклад, модуль годинника реального часу DS3231 та дисплеї можуть працювати через інтерфейс I2C, що дозволяє зменшити кількість задіяних контактів та спростити монтаж системи [11].

Важливим фактором при виборі ESP32 стала також зручність програмування. Контролер підтримується популярними середовищами розробки Arduino IDE та PlatformIO. Наявність великої кількості готових бібліотек для роботи з дисплеями, датчиками, мережевими сервісами та веб-серверами дозволяє скоротити час створення програмного забезпечення та спростити процес налагодження пристрою [13].

Для автоматизованих систем важливим показником є енергоспоживання. ESP32 підтримує режими енергозбереження, що дозволяє знижувати споживання електроенергії у режимі очікування.

Хоча у даному проєкті система живиться від зовнішнього блока живлення 5 В, можливість енергоощадної роботи є додатковою перевагою контролера [11].

Суттєвим фактором вибору стала також доступність модулів ESP32 на ринку електронних компонентів та їх невисока вартість у порівнянні з іншими сучасними мікроконтролерами зі схожими характеристиками.

Це дозволяє створити функціональний пристрій без значного збільшення загальної собівартості системи. Крім того, ESP32 широко використовується у навчальних, побутових та промислових IoT-проєктах, що свідчить про його надійність і популярність [13].

Таким чином, вибір мікроконтролера ESP32 для розроблюваної системи є повністю обґрунтованим.

Контролер поєднує високу продуктивність, вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth, достатню кількість входів і виходів, підтримку сучасних інтерфейсів зв'язку, зручність програмування та доступну вартість. Сукупність зазначених переваг робить ESP32 оптимальним рішенням для побудови автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою.

2.3 Опис основних компонентів системи

У складі автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою використовується набір апаратних модулів, які забезпечують повну автономність роботи пристрою. Кожен компонент виконує окрему функцію, але всі вони об'єднані в єдину систему керування, що дозволяє реалізувати автоматичне годування та напування тварини без постійної участі користувача.

Архітектура системи побудована за модульним принципом. Такий підхід дозволяє легко замінювати або модернізувати окремі вузли без зміни всієї системи, а також спрощує діагностику та обслуговування пристрою.

2.3.1 Модуль реального часу DS3231

Модуль DS3231 використовується як основний елемент системи для формування точного часу та реалізації розкладу роботи пристрою (рис. 2.4). Його головною функцією є забезпечення стабільного відліку часу незалежно від стану живлення системи.

Особливістю даного модуля є наявність вбудованого температурно-компенсованого кварцового генератора, який автоматично коригує похибку, що виникає при зміні температури навколишнього середовища. Це дозволяє досягти високої точності ходу годинника, що є критично важливим для систем автоматичного годування [14].

Завдяки резервному живленню від батареї, модуль продовжує працювати навіть у разі відключення основного живлення. Це означає, що система не втрачає налаштування часу і продовжує працювати за заданим розкладом після відновлення живлення.

Передача даних здійснюється через інтерфейс I2C, що дозволяє значно спростити підключення до мікроконтролера та зменшити кількість необхідних з'єднань.

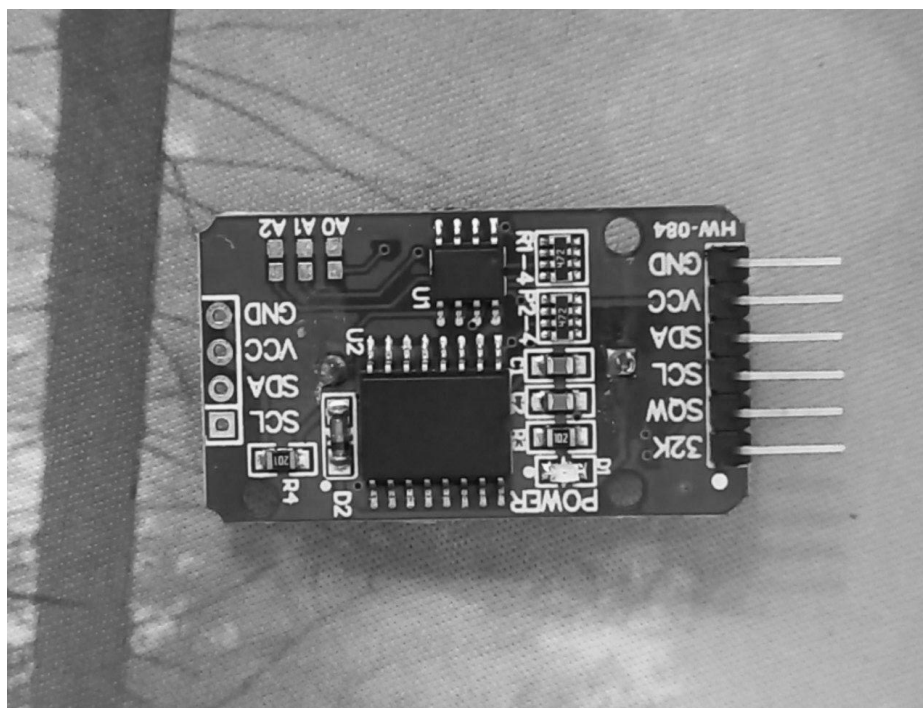


Рисунок 2.4 – Модуль реального часу DS3231

У системі цей модуль використовується як основа для планування часу годування та напування, що дозволяє повністю автоматизувати роботу пристрою.

2.3.2 Драйвер двигуна mx1508 та механізм подачі корму

Для керування механізмом автоматичної подачі корму в системі використовується електродвигун постійного струму, робота якого забезпечується через драйвер MX1508. Загальний вигляд вузла наведено на рисунку 2.5. Застосування драйвера є необхідним, оскільки вихідні контакти мікроконтролера ESP32 не можуть безпосередньо забезпечити струм, потрібний для живлення двигуна.

Модуль MX1508 є компактним двоканальним драйвером двигунів постійного струму, побудованим за схемою Н-моста. Він забезпечує запуск і зупинку двигуна, зміну напрямку обертання, а також можливість регулювання швидкості за допомогою широтно-імпульсної модуляції. Використання MOSFET-транзисторів дозволяє знизити втрати енергії та нагрівання під час роботи [15].

Робочі характеристики драйвера дозволяють використовувати його з малогабаритними двигунами постійного струму, які застосовуються у компактних автоматизованих пристроях. Завдяки невеликим габаритним розмірам модуль легко розміщується всередині корпусу системи.

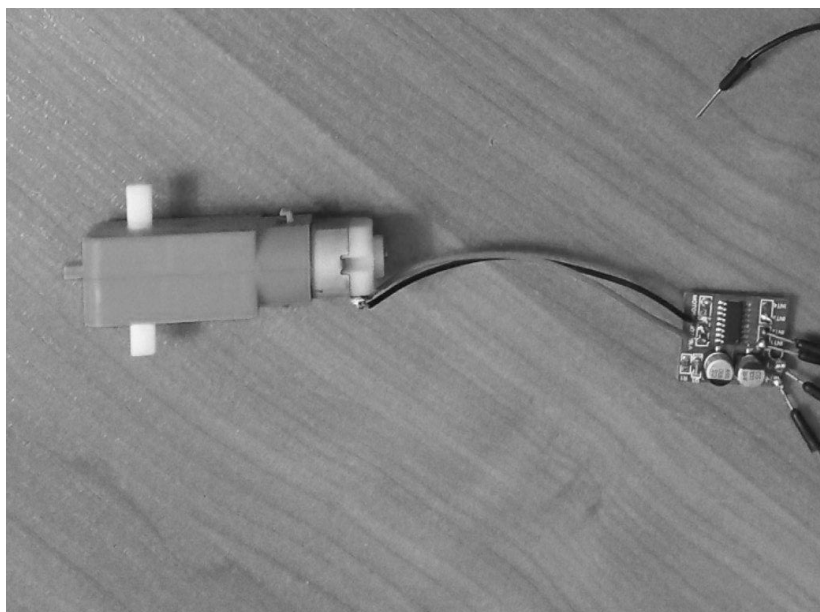


Рисунок 2.5 – Драйвер двигуна MX1508 та електродвигун

Таким чином, даний вузол виконує ключову функцію автоматизації процесу годування та забезпечує стабільність роботи системи.

2.3.3 LCD1602 з I2C інтерфейсом

LCD1602 з I2C інтерфейсом використовується як основний текстовий індикатор стану системи (рис. 2.6). Його головною функцією є відображення базової інформації про роботу пристрою у зручному для користувача вигляді.

Завдяки використанню I2C інтерфейсу для підключення необхідно лише два сигнальні дроти, що суттєво спрощує електричну схему та зменшує навантаження на мікроконтролер [16].

На дисплеї можуть відображатися такі параметри, як поточний час, режим роботи системи, статус підключення до Wi-Fi, інформація про подачу корму та води, а також системні повідомлення.

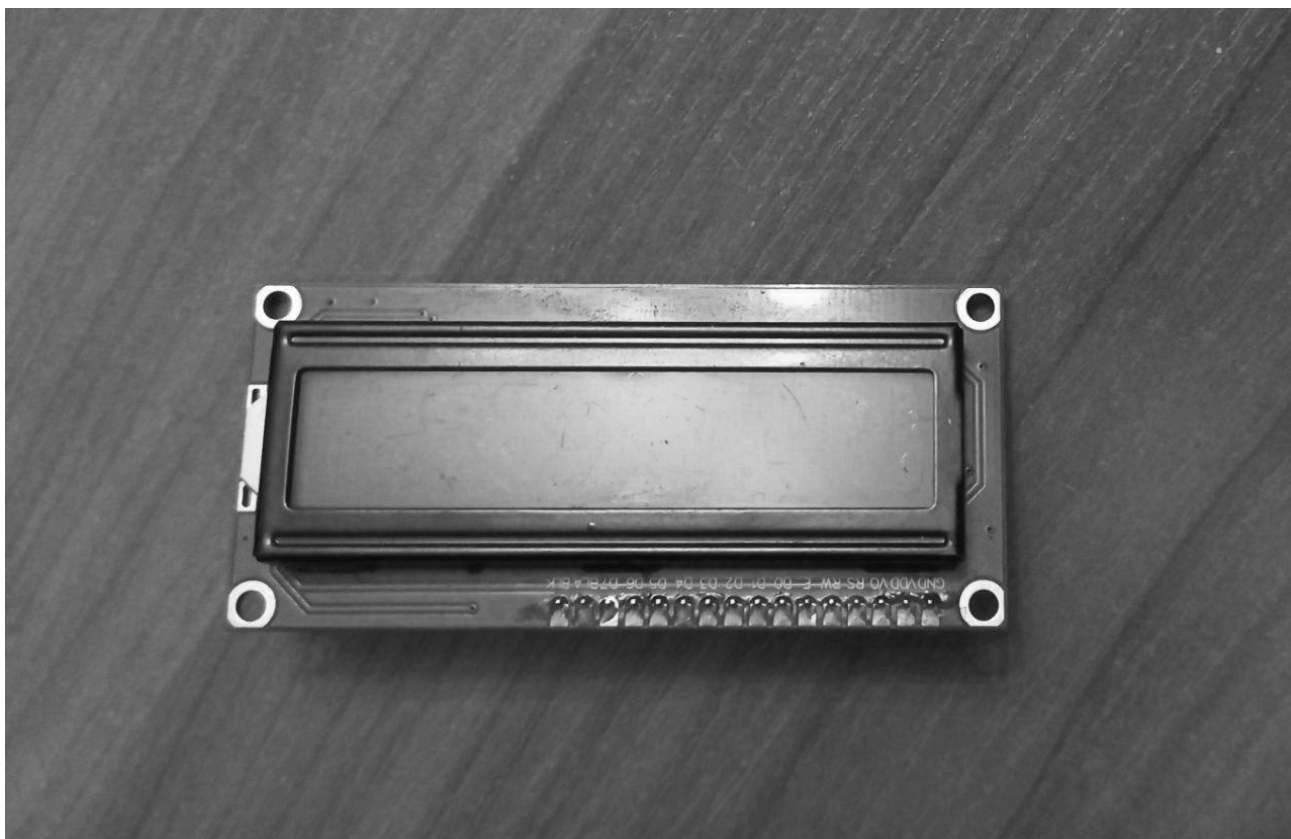


Рисунок 2.6 – LCD1602 з I2C модулем

У системі цей дисплей використовується для швидкого перегляду стану пристрою без необхідності підключення до веб-інтерфейсу.

2.3.4 OLED дисплей SSD1306

OLED-дисплей SSD1306 використовується як більш функціональний засіб відображення інформації у порівнянні з LCD (рис. 2.7). Його основною перевагою є висока контрастність та можливість відображення графічних елементів.

На відміну від LCD-дисплеїв, OLED не потребує підсвічування, оскільки кожен піксель світиться самостійно. Це забезпечує менше енергоспоживання та кращу видимість у темряві [17].

У системі дисплей використовується для відображення розширеної інформації: меню налаштувань, станів датчиків, режимів роботи та графічних індикаторів.

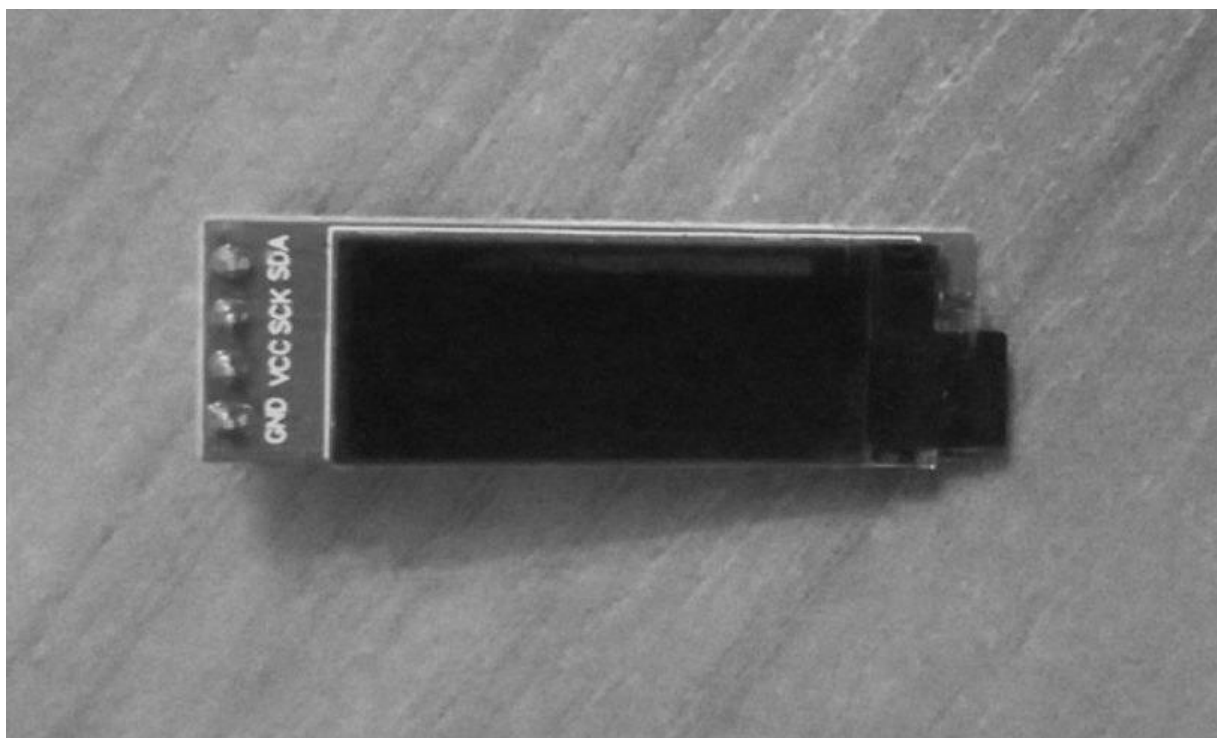


Рисунок 2.7 – OLED дисплей SSD1306

Таким чином, OLED доповнює LCD і дозволяє реалізувати більш зручний інтерфейс користувача.

2.3.5 Поворотний енкодер KY-040

Поворотний енкодер KY-040 використовується як основний елемент локального керування системою (рис. 2.8). Він дозволяє користувачу змінювати параметри роботи пристрою без використання комп'ютера або мобільного додатку [18].

Принцип роботи базується на генерації двох зсунутих за фазою сигналів, що дозволяє визначати напрямок і кількість обертів. Додатково енкодер має вбудовану кнопку, яка використовується для підтвердження вибору або переходу між режимами.

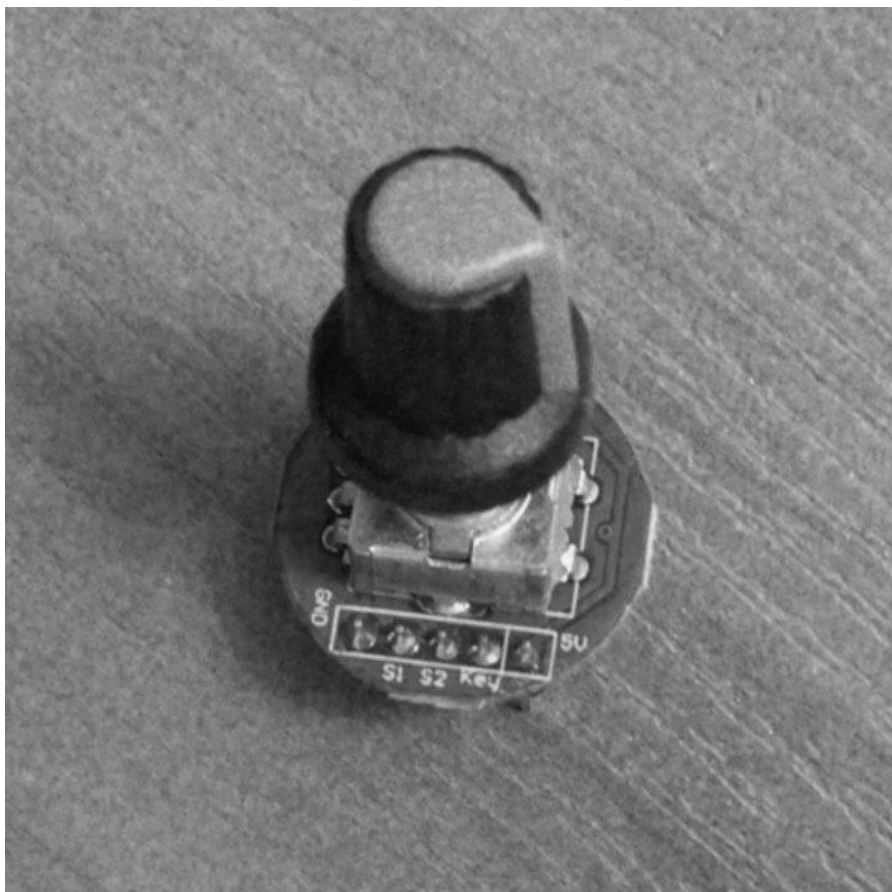


Рисунок 2.8 – Поворотний енкодер KY-040

Енкодер підключається до мікроконтролера через цифрові входи, що дозволяє обробляти сигнали обертання за допомогою програмного коду. Завдяки цьому забезпечується точна зміна значень параметрів, таких як час подачі корму або тривалість роботи виконавчих механізмів.

Використання поворотного енкодера значно підвищує зручність взаємодії користувача з пристроєм, оскільки дозволяє швидко змінювати налаштування без необхідності використання додаткових пристроїв. Компактні розміри та простота підключення роблять енкодер оптимальним рішенням для реалізації локального керування в автоматизованих системах.

2.3.6 Релейний модуль

Релейний модуль використовується для керування подачею живлення на водяну помпу (рис. 2.9). Основною функцією є електрична розв'язка між мікроконтролером та силовим навантаженням [19].

Це забезпечує безпечну роботу системи, оскільки високовольтна частина повністю ізольована від логічної частини керування.

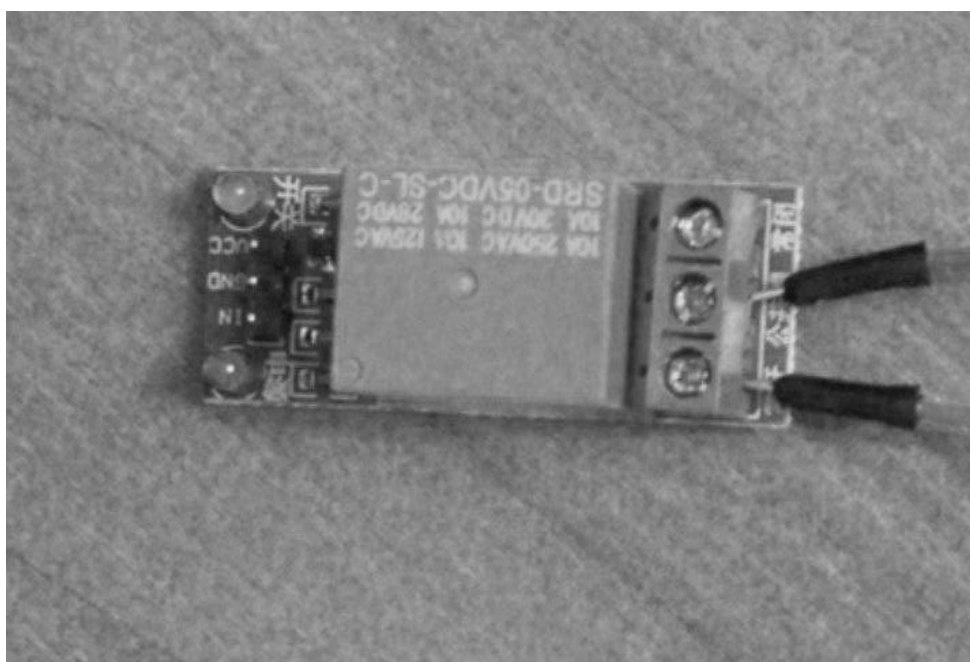


Рисунок 2.9 – Релейний модуль

У системі реле виконує роль силового ключа для вмикання та вимикання помпи.

2.3.7 Мініатюрна водяна помпа

Мініатюрна водяна помпа використовується для автоматичної подачі води тварині (рис. 2.10). Вона працює від напруги 5 В і забезпечує достатній потік води для побутових застосувань [20].

Оскільки помпа споживає більший струм, ніж може забезпечити мікроконтролер, її керування здійснюється через релейний модуль. Це дозволяє повністю ізолювати силове навантаження від логічної частини системи.



Рисунок 2.10 – Мініатюрна водяна помпа

У системі цей елемент відповідає за автоматичне напування тварини та є завершальним виконавчим вузлом.

2.3.8 Саморобний датчик рівня води

У системі використовується саморобний трирівневий датчик рівня води, який реалізовано на основі трьох NPN-транзисторів та трьох вимірювальних електродів (рис. 2.11). Такий підхід дозволяє значно знизити вартість системи у порівнянні з готовими промисловими датчиками та забезпечує достатню точність для побутового застосування.

Принцип роботи базується на провідності води. Електроди розташовуються на різних висотах у резервуарі, що дозволяє визначати три стани рівня води: мінімальний, середній та максимальний. Коли вода досягає відповідного рівня, між електродами з'являється провідність, що відкриває базу відповідного транзистора та формує логічний сигнал для мікроконтролера.

Використання трьох окремих каналів дозволяє реалізувати дискретний контроль рівня води, що є достатнім для задач автоматичного напування тварин. Наприклад, при досягненні мінімального рівня система може вмикати помпу, а при максимальному – вимикати її для запобігання переливу.

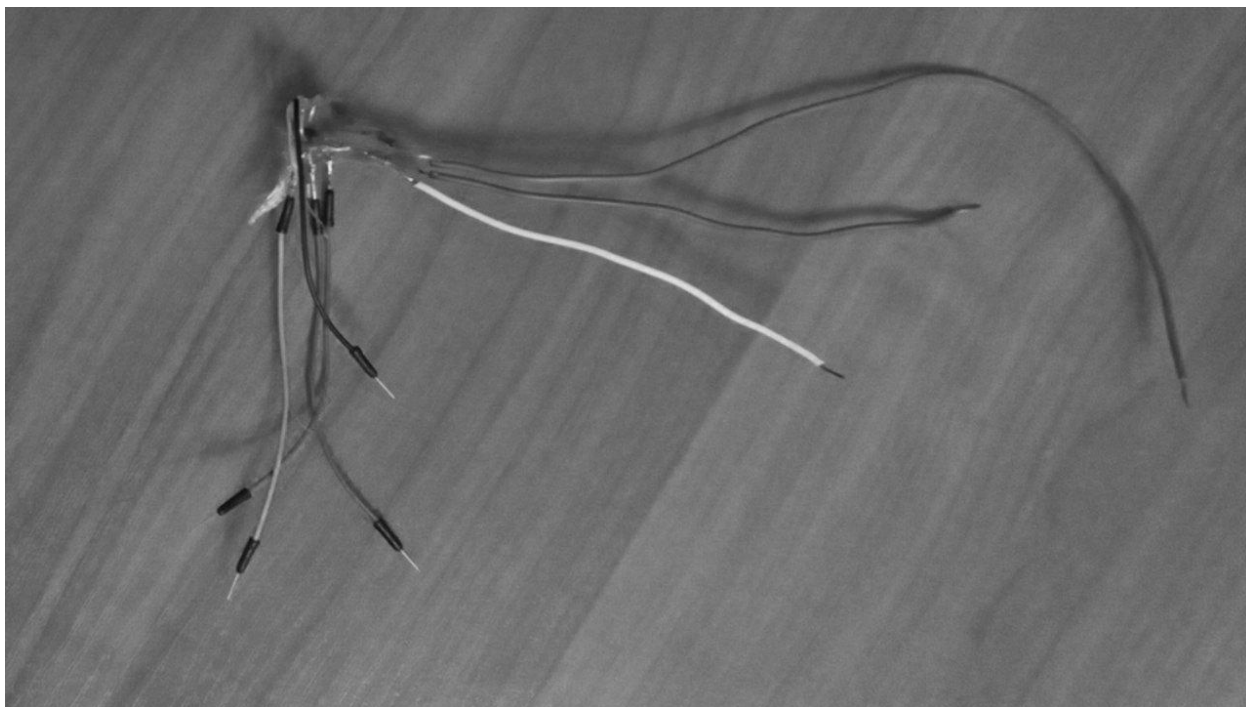


Рисунок 2.11 – Саморобний трирівневий датчик рівня води

Перевагою даного рішення є простота конструкції, низька вартість та легкість інтеграції з мікроконтролером ESP32. Недоліком можна вважати необхідність періодичного очищення електродів від нальоту, що може впливати на точність вимірювання.

2.4 Розробка структурної схеми

Структурна схема автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою відображає загальну організацію пристрою, взаємодію його основних функціональних блоків та принцип передачі сигналів між ними. Розробка такої схеми дозволяє визначити логічну структуру системи, розподіл функцій між її

елементами та підготувати основу для подальшого створення електричної принципової схеми.

Центральним елементом системи є мікроконтролер ESP32, який виконує функції керуючого вузла. Він здійснює обробку сигналів від датчиків, реалізацію алгоритмів роботи, формування керуючих сигналів та взаємодію з користувачем. Завдяки наявності вбудованого модуля Wi-Fi забезпечується можливість дистанційного керування системою через веб-інтерфейс [11, 13].

До вхідних елементів системи належить модуль годинника реального часу DS3231, який забезпечує точне відстеження часу та дозволяє реалізувати роботу пристрою за розкладом [14]. Також до входів підключається поворотний енкодер, який використовується для локального керування системою та зміни параметрів роботи [18]. Важливим елементом є саморобний датчик рівня води, який передає мікроконтролеру інформацію про стан заповнення резервуара та дозволяє контролювати роботу системи напування.

До вихідних елементів належать виконавчі пристрої, що забезпечують безпосередню подачу корму та води.

Для керування електродвигуном використовується драйвер MX1508, який дозволяє подавати живлення на двигун та керувати його режимами роботи [15]. Двигун приводить у дію механізм подачі корму, внаслідок чого корм подається у миску тварини.

Подача води реалізується за допомогою мініатюрної електричної помпи, керування якою здійснюється через релейний модуль. Реле забезпечує електричну ізоляцію між мікроконтролером і силовим колом, що підвищує надійність та безпечність роботи системи [19, 20]. Помпа подає воду до поїлки або миски для води.

Для відображення інформації про роботу системи використовуються LCD1602 та OLED дисплеї, які підключаються до мікроконтролера через інтерфейс I2C.

Вони дозволяють відображати поточний час, режими роботи, стан системи та інші параметри, що підвищує зручність користування пристроєм [16, 17].

Структурну схему автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою наведено на рисунку 2.12.

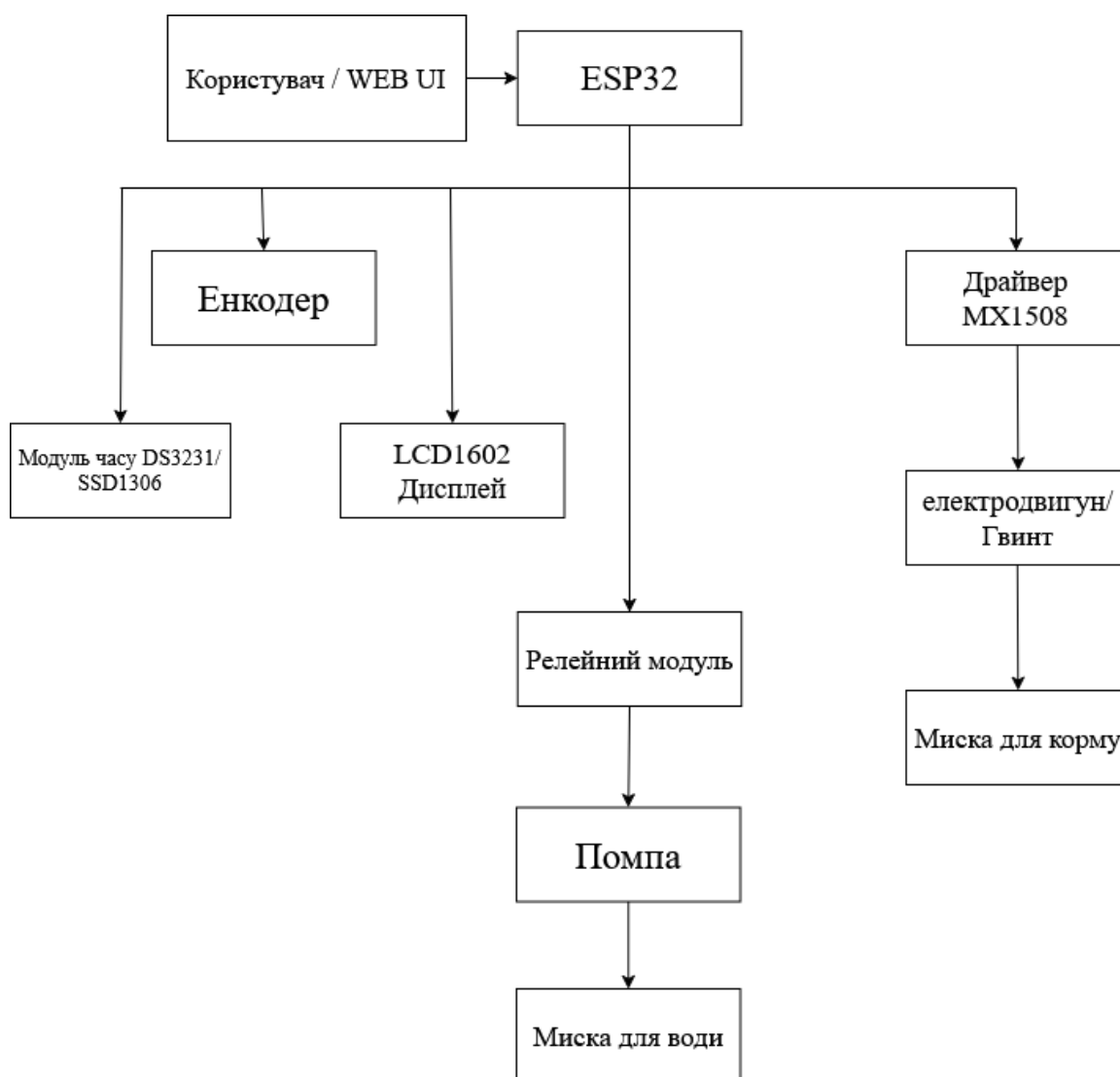


Рисунок 2.12 – Структурна схема автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою

Вхідні сигнали від датчиків та елементів керування надходять до мікроконтролера ESP32, де відбувається їх обробка та аналіз. На основі отриманих даних формуються керуючі сигнали для виконавчих пристроїв – драйвера двигуна та релейного модуля [15, 19].

Структурна схема також демонструє, що система має модульну побудову, що дозволяє легко змінювати або доповнювати окремі її елементи без суттєвого

впливу на загальну архітектуру. Наприклад, можливе розширення функціоналу шляхом додавання нових датчиків або модернізації існуючих вузлів.

Таким чином, розроблена структурна схема відображає логічну організацію системи, визначає взаємодію її компонентів та є основою для подальшої розробки електричної схеми та програмного забезпечення пристрою.

2.5 Розробка електричної схеми

Електрична схема автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою визначає принципи з'єднання мікроконтролера ESP32 з периферійними модулями, датчиками та виконавчими пристроями. Вона забезпечує реалізацію функцій керування, обробки даних та взаємодії між усіма компонентами системи.

Центральним елементом схеми є мікроконтролер ESP32, який здійснює обробку сигналів та керує роботою всіх вузлів системи. Живлення контролера здійснюється від джерела постійної напруги 5 В, при цьому внутрішній стабілізатор формує робочу напругу 3,3 В для логічної частини [11, 13]. Усі компоненти системи об'єднані спільною шиною GND, що забезпечує коректну передачу сигналів.

На рисунку 2.13 наведено загальну електричну схему системи, яка відображає взаємозв'язок між усіма її компонентами.

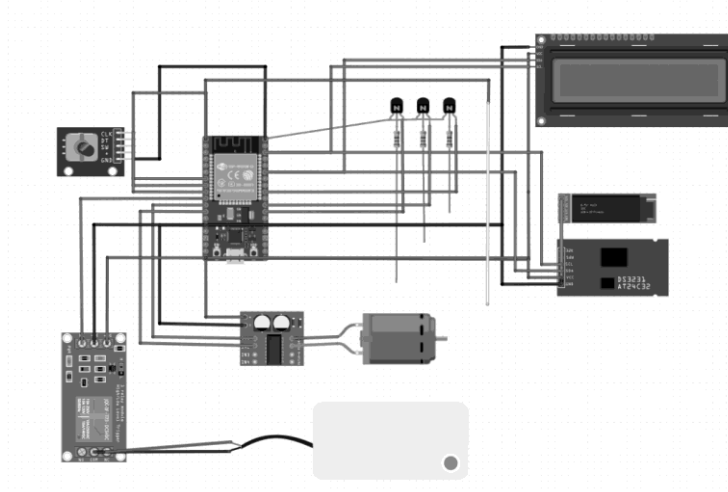


Рисунок 2.13 – Загальна електрична схема системи

Як видно з рисунка 2.13, усі модулі підключені до мікроконтролера ESP32, який виконує функції керуючого центру. Для більш детального аналізу окремі вузли схеми розглянуто нижче.

Для організації обміну даними між модулями використовується інтерфейс I2C. До цієї шини підключено модуль годинника реального часу DS3231, LCD1602 дисплей та OLED дисплей SSD1306. Лінія SDA підключена до GPIO21, а лінія SCL до GPIO22 [14, 16, 17]. Підключення модуля DS3231 до мікроконтролера ESP32 наведено на рисунку 2.14.

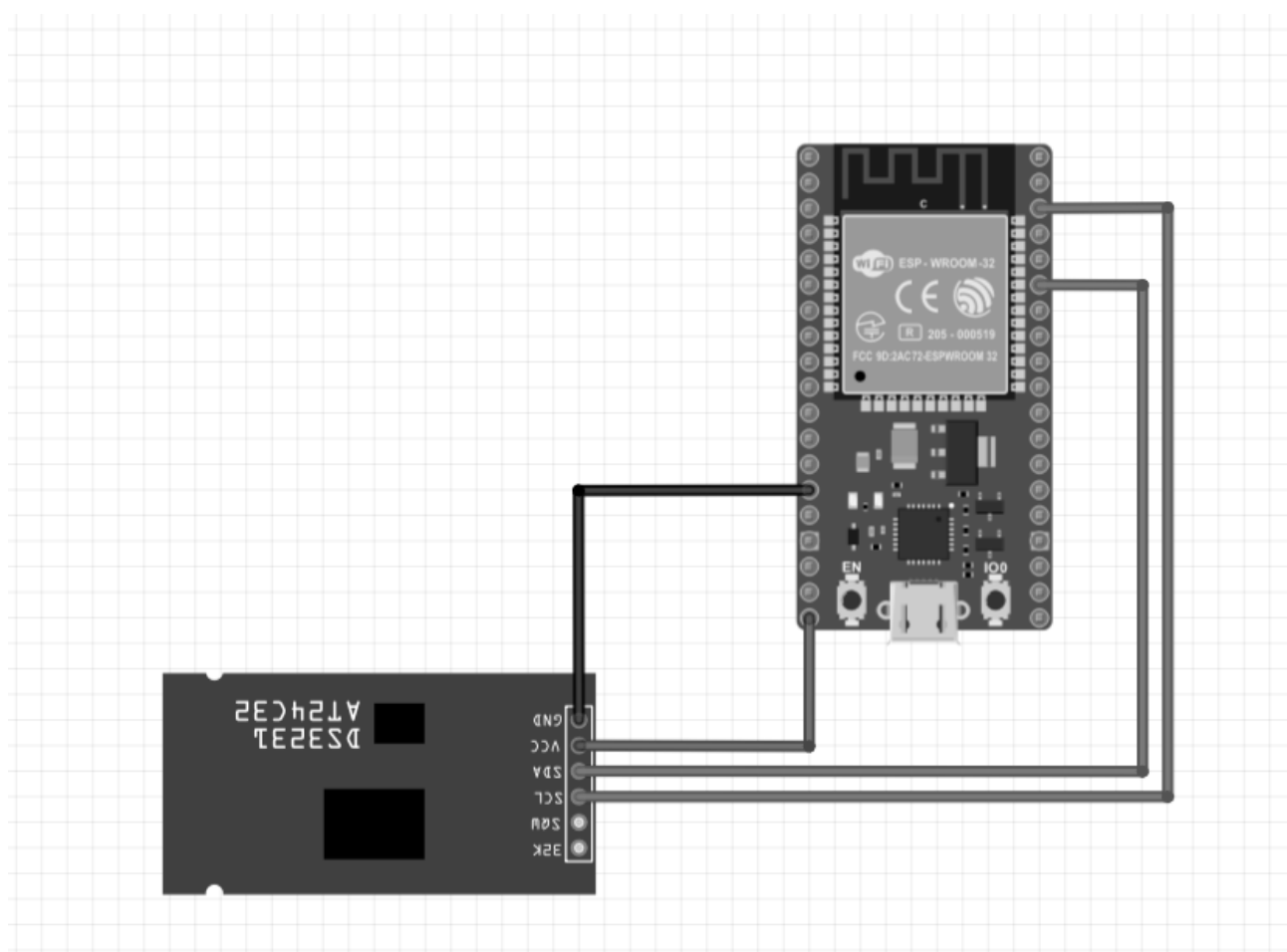


Рисунок 2.14 – Підключення модуля DS3231

Модуль DS3231 підключається до мікроконтролера через інтерфейс I2C, що забезпечує передачу даних про поточний час. Підключення LCD1602 дисплея наведено на рисунку 2.15.

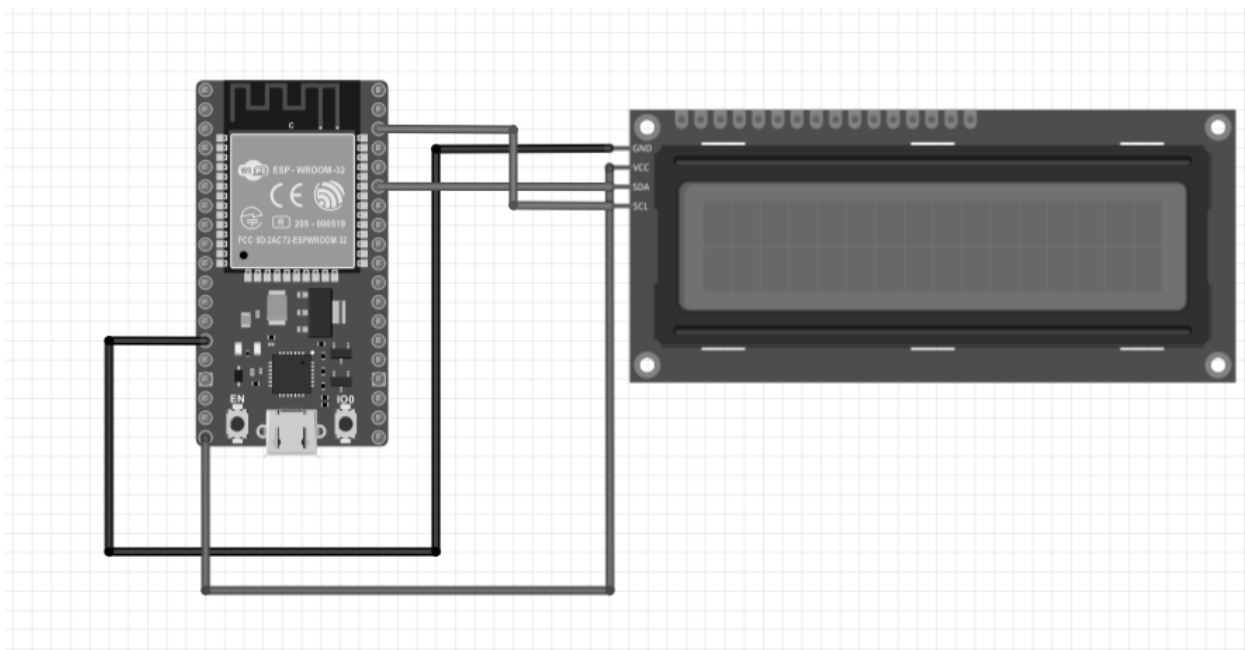


Рисунок 2.15 – Підключення LCD1602

LCD1602 дисплей використовує інтерфейс I2C для відображення інформації про роботу системи та поточні параметри пристрою. Підключення OLED дисплея SSD1306 наведено на рисунку 2.16.

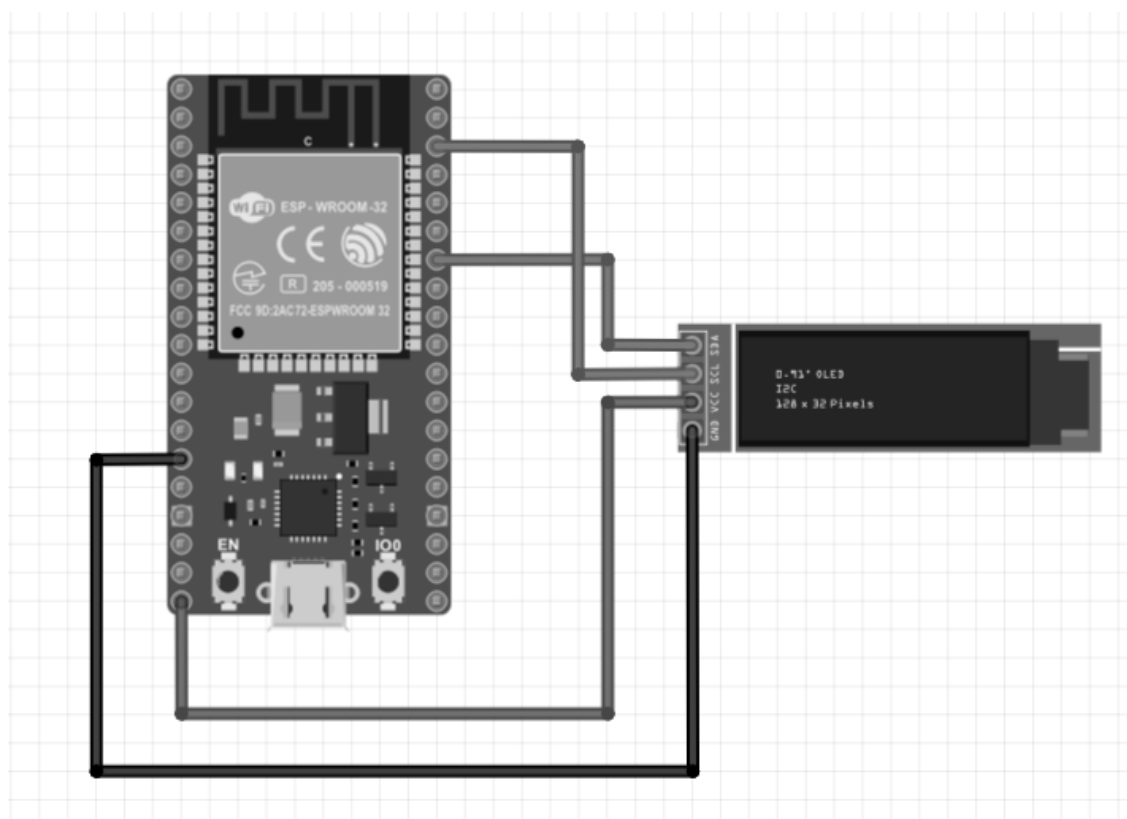


Рисунок 2.16 – Підключення OLED SSD1306

OLED дисплей SSD1306 використовує інтерфейс I2C для обміну даними з мікроконтролером, що спрощує підключення та зменшує кількість задіяних контактів.

Для керування електродвигуном подачі корму використовується драйвер MX1508. Керуючі входи драйвера підключені до GPIO27 та GPIO14, що дозволяє реалізувати керування режимами роботи двигуна [15]. Схему підключення драйвера MX1508 та електродвигуна наведено на рисунку 2.17.

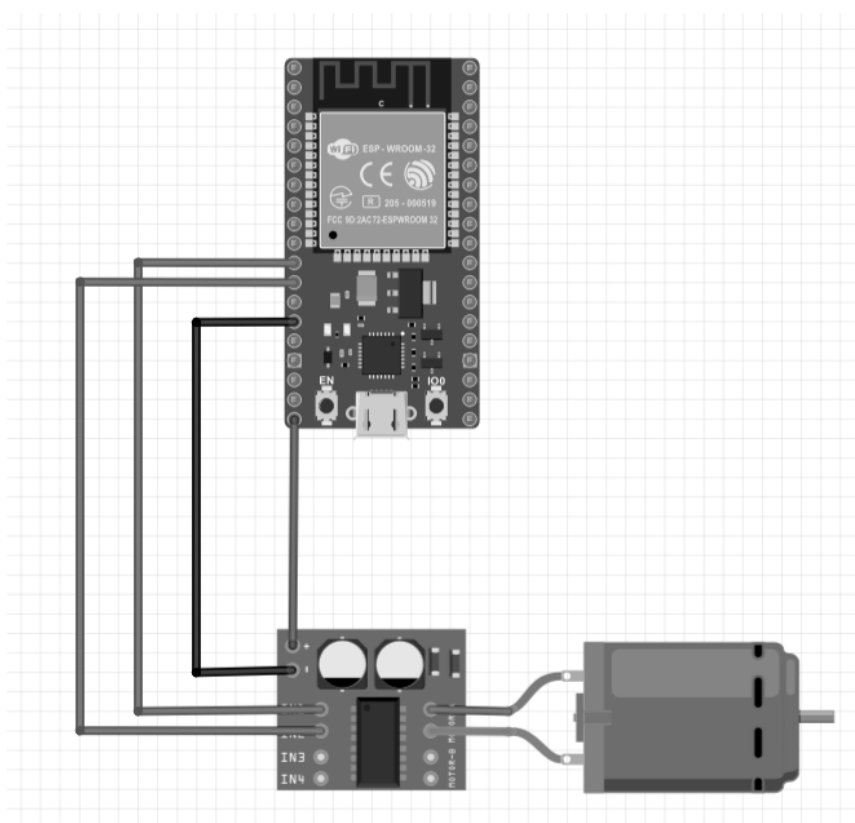


Рисунок 2.17 – Підключення драйвера MX1508 та електродвигуна

Електродвигун підключається до виходів драйвера MX1508, який отримує керуючі сигнали від мікроконтролера ESP32. Такий спосіб підключення дозволяє мікроконтролеру керувати двигуном без прямого навантаження на його вихідні контакти.

Для керування подачею води використовується релейний модуль, керуючий сигнал якого подається з GPIO26. До силових контактів реле підключається водяна помпа, яка вмикається або вимикається за командою мікроконтролера [19, 20]. Підключення релейного модуля та помпи наведено на рисунку 2.18.

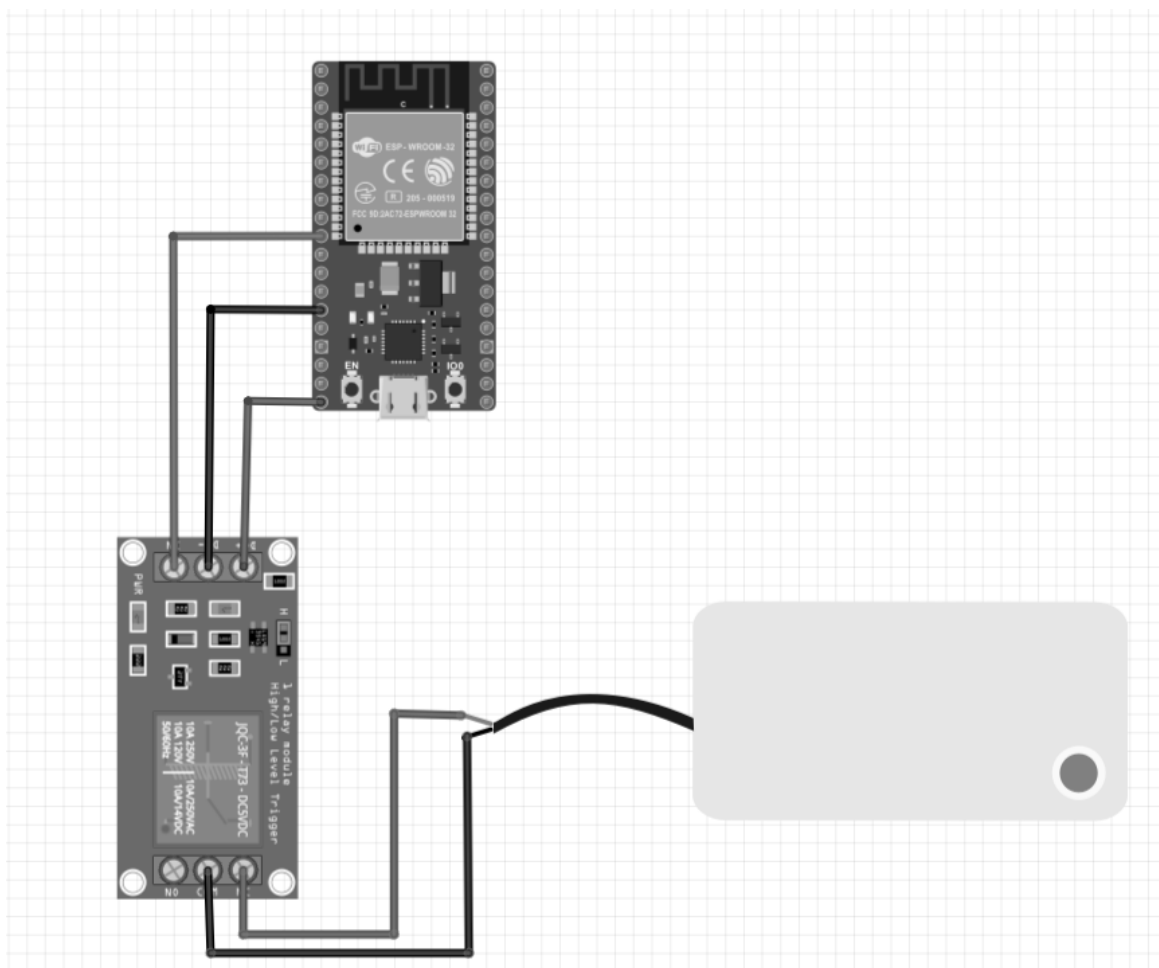


Рисунок 2.18 – Підключення реле та помпи

Релейний модуль забезпечує комутацію живлення помпи та електричне розділення силового і керуючого кіл системи. Це підвищує надійність роботи пристрою та захищає мікроконтролер від перевантаження.

Для локального керування параметрами системи використовується енкодер KY-040. Його сигнальні виводи підключені до GPIO32 та GPIO33 мікроконтролера, а кнопка до GPIO25, що дозволяє зчитувати як обертання, так і натискання енкодера [18]. Схему підключення енкодера KY-040 наведено на рисунку 2.19.

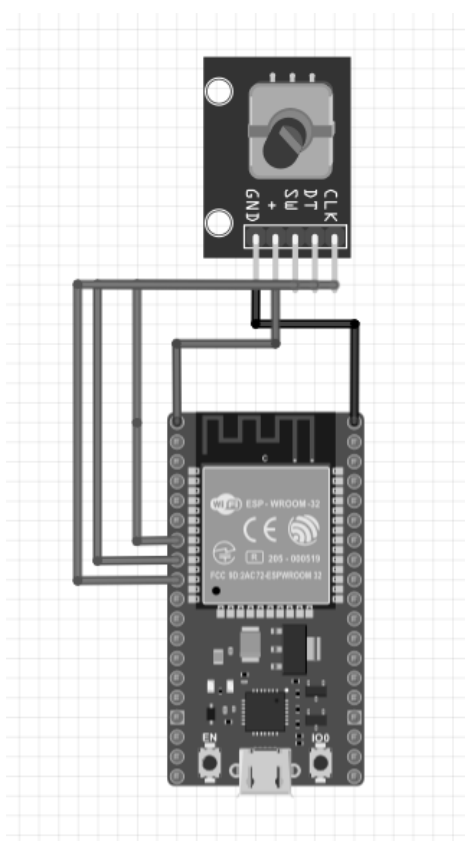


Рисунок 2.19 – Підключення енкодера

Енкодер формує імпульсні сигнали, за допомогою яких визначається напрямок і швидкість обертання. У розробленій системі енкодер використовується для налаштування параметрів подачі корму та води, а також для задання кількості дозування. Зміна параметрів здійснюється шляхом обертання енкодера, а підтвердження вибору – натисканням вбудованої кнопки.

Кількість корму та тривалість роботи помпи визначаються методом калібрування, при якому користувач задає час роботи виконавчих механізмів, що відповідає певній порції. Такий підхід дозволяє гнучко налаштовувати систему залежно від типу корму та потреб тварини.

Контроль рівня води у резервуарі здійснюється за допомогою саморобного трирівневого датчика. Його сигнальні виходи підключені до GPIO16, GPIO17 та GPIO18 мікроконтролера, при цьому кожен із виходів відповідає певному рівню води. Підключення датчика рівня води наведено на рисунку 2.20.

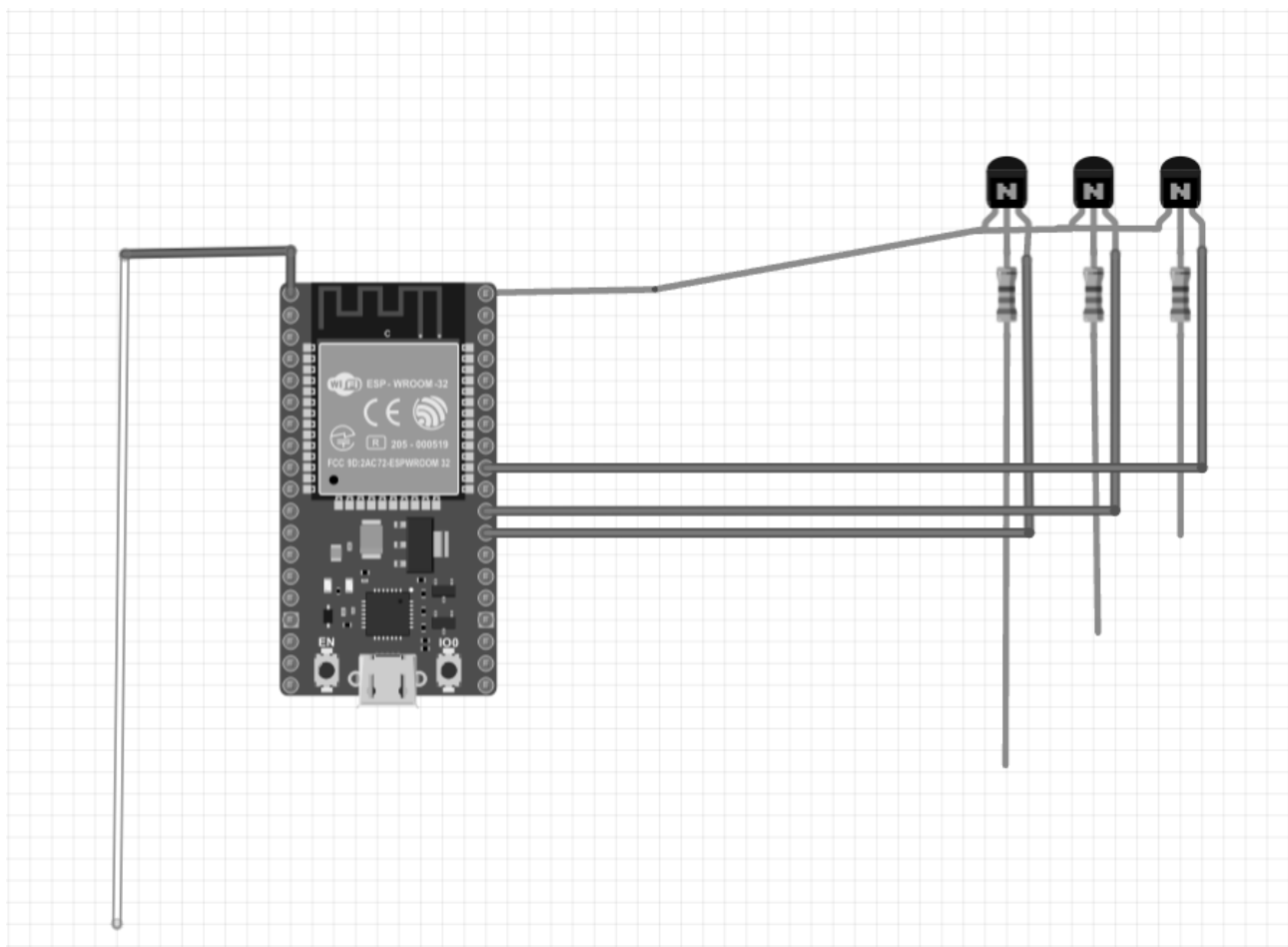


Рисунок 2.20 – Підключення датчика рівня води

Датчик формує дискретні сигнали, які відповідають мінімальному, середньому та максимальному рівням води у резервуарі. Отримані сигнали обробляються мікроконтролером для прийняття рішень щодо роботи системи подачі води.

У разі досягнення мінімального рівня система може блокувати роботу помпи для запобігання її роботі без води, що дозволяє уникнути перегріву та пошкодження пристрою. При нормальному рівні води забезпечується стабільна робота системи напування.

Використання трирівневого датчика дозволяє підвищити надійність системи та забезпечити контроль стану резервуара без застосування складних аналогових вимірювальних схем.

2.6 Принцип роботи пристрою

Автоматизована система забезпечення тварин кормом і водою працює за принципом обробки сигналів від вхідних пристроїв, їх аналізу мікроконтролером ESP32 та формування керуючих сигналів для виконавчих механізмів.

Робота системи здійснюється у безперервному циклі, що забезпечує постійний контроль її стану та своєчасне реагування на зміну умов.

Після подачі живлення мікроконтролер ESP32 виконує ініціалізацію всіх підключених модулів: дисплеїв, модуля годинника реального часу DS3231, енкодера, датчика рівня води, драйвера двигуна та релейного модуля. На дисплеях відображається поточний стан системи, час та встановлені параметри роботи.

Основним режимом роботи є автоматичний режим, у якому система здійснює подачу корму відповідно до заданого розкладу.

Поточний час зчитується з модуля DS3231 та порівнюється із встановленими значеннями.

У разі збігу часу мікроконтролер формує керуючий сигнал на драйвер MX1508, який вмикає електродвигун подачі корму.

Кількість корму, що подається системою, може бути визначена за формулою (2.1):

$$m = k \cdot t, \quad (2.1)$$

де m – маса поданого корму;

t – час роботи електродвигуна;

k – коефіцієнт подачі, що визначається експериментально під час калібрування.

Калібрування виконується користувачем шляхом підбору часу роботи двигуна, який відповідає необхідній порції корму. Це дозволяє адаптувати систему до різних типів корму та умов експлуатації.

Подача води здійснюється за допомогою електричної помпи, яка вмикається через релейний модуль. Об'єм поданої води визначається тривалістю роботи помпи та може бути розрахований за формулою (2.2):

$$V=Q \cdot t, \quad (2.2)$$

де V – об'єм поданої води;

Q – витрата помпи;

t – час роботи помпи.

Контроль рівня води у резервуарі здійснюється за допомогою саморобного трирівневого датчика, який формує три дискретні сигнали. Кожен із сигналів відповідає певному рівню заповнення резервуара. Мікроконтролер аналізує ці сигнали та визначає можливість роботи системи подачі води.

У разі досягнення мінімального рівня система блокує увімкнення помпи для запобігання її роботі без води. При нормальному рівні забезпечується стабільна робота системи напування.

Для налаштування параметрів системи використовується енкодер, який забезпечує зручну взаємодію користувача з пристроєм. Обертання енкодера використовується для зміни значень параметрів, зокрема часу подачі корму та тривалості роботи виконавчих механізмів, а натискання кнопки для підтвердження вибору.

Додатково система підтримує дистанційне керування через веб-інтерфейс. Завдяки використанню вбудованого модуля Wi-Fi мікроконтролера ESP32 користувач може переглядати стан системи та змінювати її налаштування віддалено.

Усі процеси роботи системи виконуються у циклічному режимі, що забезпечує постійний контроль її стану та своєчасне реагування на зміну умов роботи. Це дозволяє досягти високої надійності та ефективності функціонування пристрою.

Таким чином, принцип роботи пристрою базується на взаємодії мікроконтролера, датчиків та виконавчих механізмів, що забезпечує

автоматизоване, гнучке та надійне керування процесами годування і напування тварин.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Вибір середовища програмування

Для розробки програмного забезпечення автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою було обрано середовище програмування Arduino IDE. Дане середовище є одним із найпоширеніших інструментів для створення програм для мікроконтролерів, зокрема для плат на базі ESP32 [21]. Його популярність зумовлена простотою використання, широкими функціональними можливостями та підтримкою великої кількості апаратних платформ.

Arduino IDE є інтегрованим середовищем розробки, яке дозволяє виконувати повний цикл створення програмного забезпечення: написання програмного коду, його компіляцію та завантаження у мікроконтролер. Програмування здійснюється мовою, заснованою на C/C++, що забезпечує можливість реалізації алгоритмів різної складності, включаючи обробку сигналів від датчиків, керування виконавчими механізмами та організацію взаємодії з користувачем. На рисунку 3.1 наведено інтерфейс Arduino IDE складається з редактора програмного коду, панелі інструментів та монітора.

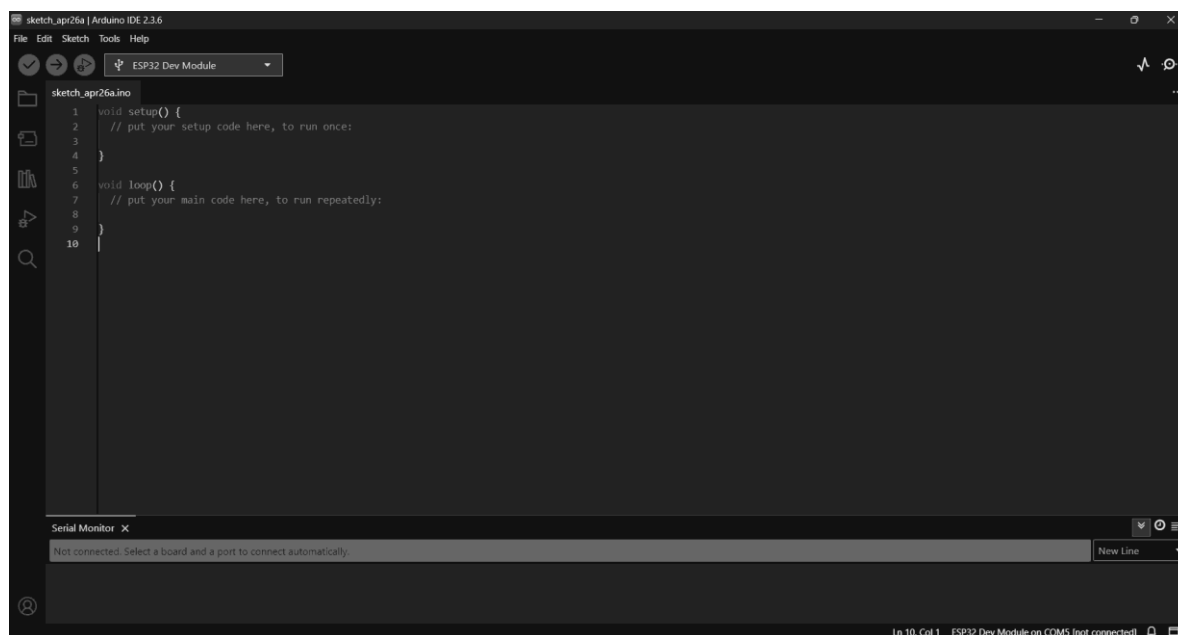


Рисунок 3.1 – Інтерфейс Arduino IDE

Редактор використовується для написання програми, панель інструментів для компіляції та завантаження коду у мікроконтролер, а серійний монітор для налагодження та виведення службової інформації.

Однією з ключових переваг Arduino IDE є наявність великої кількості готових бібліотек, які значно спрощують розробку програмного забезпечення. У межах даного проєкту використовуються бібліотеки для роботи з LCD1602 та OLED SSD1306 дисплеями, модулем годинника реального часу DS3231, енкадером, а також для реалізації мережевої взаємодії через Wi-Fi.

Це дозволяє скоротити час розробки та підвищити надійність роботи системи.

Важливою функцією середовища є серійний монітор, який використовується для налагодження програмного забезпечення. За його допомогою можна виводити значення змінних, повідомлення про стан системи та результати виконання окремих частин алгоритму.

Це дозволяє здійснювати контроль роботи пристрою у реальному часі та швидко виявляти помилки.

Для роботи з мікроконтролером ESP32 у середовище Arduino IDE встановлюється додатковий пакет підтримки плат, що забезпечує доступ до всіх апаратних можливостей контролера, включаючи роботу з GPIO, інтерфейсами I2C та вбудованим модулем Wi-Fi.

Крім того, Arduino IDE є кросплатформним середовищем, яке підтримує роботу в операційних системах Windows, Linux та macOS. Це забезпечує гнучкість під час розробки та дозволяє використовувати різні апаратні платформи.

Таким чином, вибір середовища програмування Arduino IDE є обґрунтованим, оскільки воно поєднує простоту використання, широкі функціональні можливості, підтримку мікроконтролера ESP32 та ефективні засоби налагодження програмного забезпечення.

3.2 Алгоритм роботи системи

Алгоритм роботи автоматизованої системи забезпечення тварин кормом і водою визначає послідовність дій мікроконтролера ESP32 під час обробки інформації, керування виконавчими механізмами та взаємодії з користувачем. Реалізація алгоритму у вигляді циклічного процесу дозволяє забезпечити безперервність роботи системи, своєчасне реагування на зміни стану та виконання заданих функцій.

Після подачі живлення система переходить у режим ініціалізації. На цьому етапі здійснюється налаштування портів введення-виведення мікроконтролера, ініціалізація інтерфейсу I2C, запуск дисплеїв LCD1602 та OLED SSD1306, підключення модуля годинника реального часу DS3231, енкодера, датчика рівня води, драйвера електродвигуна та релейного модуля. Також виконується перевірка працездатності підключених компонентів.

Після успішного завершення ініціалізації система переходить у основний режим роботи. Загальний алгоритм функціонування системи наведено на рисунку 3.2.

Окрему увагу в алгоритмі приділено забезпеченню безпечної роботи системи.

У разі недостатнього рівня води мікроконтролер блокує роботу помпи для запобігання її перегріву та пошкодженню. Крім того, алгоритм забезпечує можливість як автоматичного, так і ручного керування подачею корму та води через веб-інтерфейс або енкодер.

Після завершення кожного циклу система повторно виконує перевірку поточного стану датчиків та параметрів роботи, що дозволяє підтримувати актуальність інформації та забезпечувати коректне функціонування пристрою.

У разі зміни параметрів користувачем нові налаштування одразу враховуються під час подальшої роботи системи.

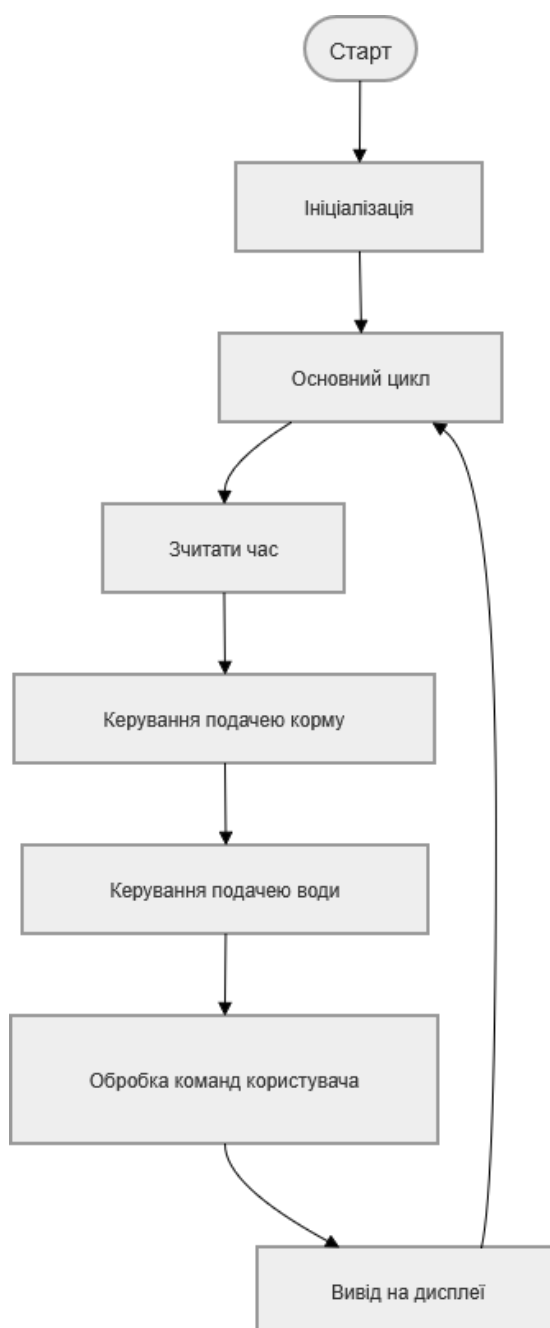


Рисунок 3.2 – Загальний алгоритм роботи системи

Як видно з рисунка 3.2, робота системи організована у вигляді безперервного циклу. У кожній ітерації циклу здійснюється зчитування поточного часу, обробка даних від користувача, керування підсистемами подачі корму та води, а також оновлення інформації на дисплеях.

Така структура дозволяє системі працювати у режимі реального часу та забезпечує її стабільність.

Керування подачею корму є однією з основних функцій системи. Алгоритм подачі корму наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Алгоритм подачі корму

Як показано на рисунку 3.3, система здійснює постійне порівняння поточного часу з встановленим користувачем часом годування. У разі співпадіння часу формується керуючий сигнал на драйвер МХ1508, що призводить до увімкнення електродвигуна. Двигун забезпечує подачу корму протягом заданого інтервалу

часу, після чого вимикається. Такий підхід дозволяє реалізувати точне дозування корму та уникнути його перевитрати.

Крім автоматичного режиму, система підтримує можливість зміни параметрів подачі корму. Це дозволяє адаптувати роботу пристрою відповідно до потреб користувача та забезпечує гнучкість у налаштуванні режимів годування.

Контроль рівня води реалізовано як окрема підсистема, що працює паралельно з іншими модулями. Алгоритм подачі води наведено на рисунку 3.4.

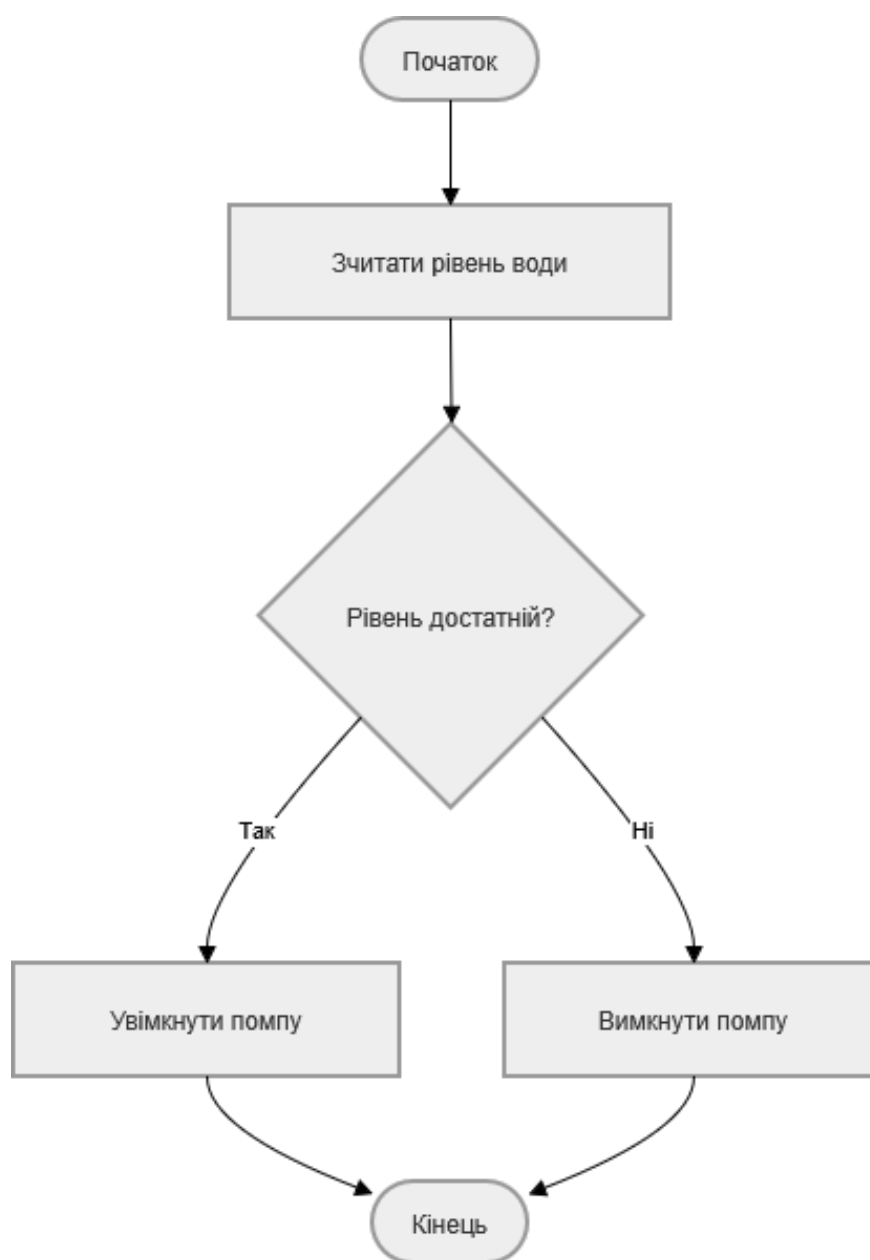


Рисунок 3.4 – Алгоритм подачі води

Згідно з рисунком 3.4, система постійно зчитує сигнали з датчика рівня води та визначає стан резервуара. У разі достатнього рівня води дозволяється робота помпи, яка вмикається через релейний модуль.

У випадку, якщо рівень води знижується до мінімального значення, система автоматично вимикає помпу для запобігання її пошкодженню. Одночасно з цим на LCD-дисплеї відображається повідомлення про низький рівень води, а також формується повідомлення для веб-додатка, що інформує користувача про необхідність поповнення резервуара.

Такий підхід дозволяє підвищити надійність роботи системи та забезпечує своєчасне інформування користувача про критичні стани.

Налаштування параметрів роботи системи здійснюється за допомогою енкодера, що забезпечує зручний локальний інтерфейс користувача. Алгоритм налаштування наведено на рисунку 3.5.

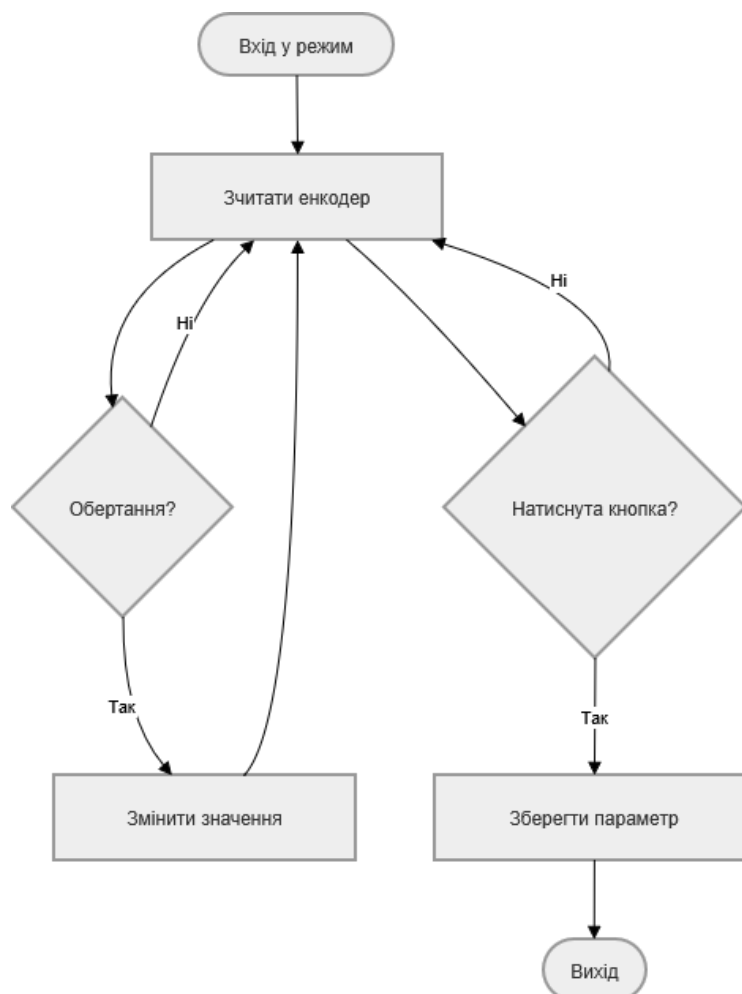


Рисунок 3.5 – Алгоритм налаштування параметрів

Як показано на рисунку 3.5, система зчитує сигнали з енкодера, визначає напрямок його обертання та змінює відповідні параметри. Натискання кнопки енкодера використовується для підтвердження введених значень та їх збереження. Такий спосіб введення даних дозволяє здійснювати налаштування без використання додаткових пристроїв.

Окрім локального керування, система підтримує дистанційне керування через веб-додаток. Це значно розширює функціональні можливості пристрою та підвищує зручність його використання. Алгоритм взаємодії з веб-інтерфейсом наведено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Алгоритм взаємодії з веб-додатком

Як видно з рисунка 3.6, мікроконтролер ESP32 підключається до мережі Wi-Fi та очікує надходження команд від користувача. У разі отримання запиту система виконує його обробку та змінює параметри роботи відповідно до отриманої команди. Це дозволяє здійснювати керування системою віддалено та контролювати її стан у реальному часі.

Таким чином, алгоритм роботи системи складається з декількох взаємопов'язаних підсистем: керування подачею корму, контролю рівня води, налаштування параметрів та дистанційного керування. Така структура забезпечує гнучкість, надійність та ефективність функціонування автоматизованої системи, а також дозволяє адаптувати її до різних умов експлуатації.

3.3 Розробка програмного забезпечення

Програмна реалізація системи автоматичної годівниці виконана на основі мікроконтролера ESP32 із використанням середовища розробки Arduino IDE та мови програмування C++. Основною метою програмного забезпечення є забезпечення автоматизованої подачі корму, контролю рівня води, керування виконавчими механізмами, а також організація взаємодії з користувачем через локальний інтерфейс і веб-додаток.

Під час запуску системи здійснюється ініціалізація всіх підключених модулів, зокрема LCD-дисплея для відображення інформації, OLED-дисплея для індикації часу, модуля реального часу, енкодера для керування меню, драйвера двигуна, реле для керування помпою та датчика рівня води. Додатково виконується запуск бездротової мережі Wi-Fi та вбудованого веб-сервера, що забезпечує можливість дистанційного керування системою. Із енергонезалежної пам'яті мікроконтролера зчитуються попередньо збережені параметри, що дозволяє відновити роботу системи після вимкнення живлення.

Подача корму реалізована на основі часових інтервалів. Користувач може задати два незалежних моменти часу (Feed1 та Feed2), у які система автоматично активує мотор для видачі корму. При досягненні заданого часу відбувається запуск двигуна, який працює протягом визначеної кількості секунд, після чого

автоматично вимикається. Для запобігання повторному запуску протягом однієї хвилини використовується механізм контролю останнього спрацювання.

Керування подачею води здійснюється за допомогою помпи, яка підключена через реле. Користувач може вмикати або вимикати помпу як через локальне меню, так і дистанційно через веб-інтерфейс. У системі реалізовано захист від роботи помпи при недостатньому рівні води, що дозволяє уникнути пошкодження обладнання.

Контроль рівня води здійснюється за допомогою саморобного датчика, який складається з трьох провідників різної довжини. На основі сигналів із цих провідників визначається поточний стан резервуара: відсутність води, середній рівень або повне заповнення.

У випадку недостатнього рівня води система блокує можливість увімкнення помпи та повідомляє користувача про помилку. Зовнішній вигляд прототипу системи наведено на рисунку 3.7.

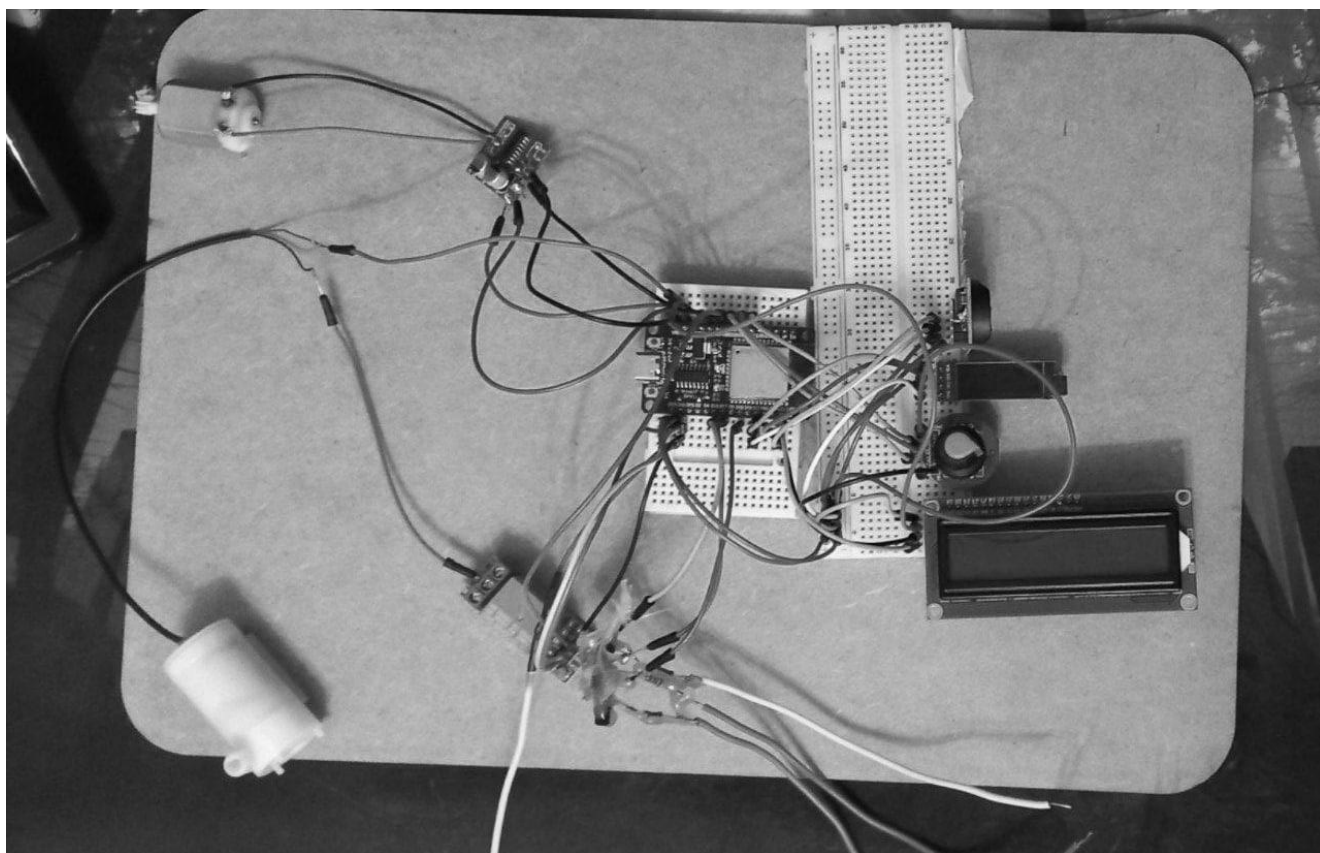
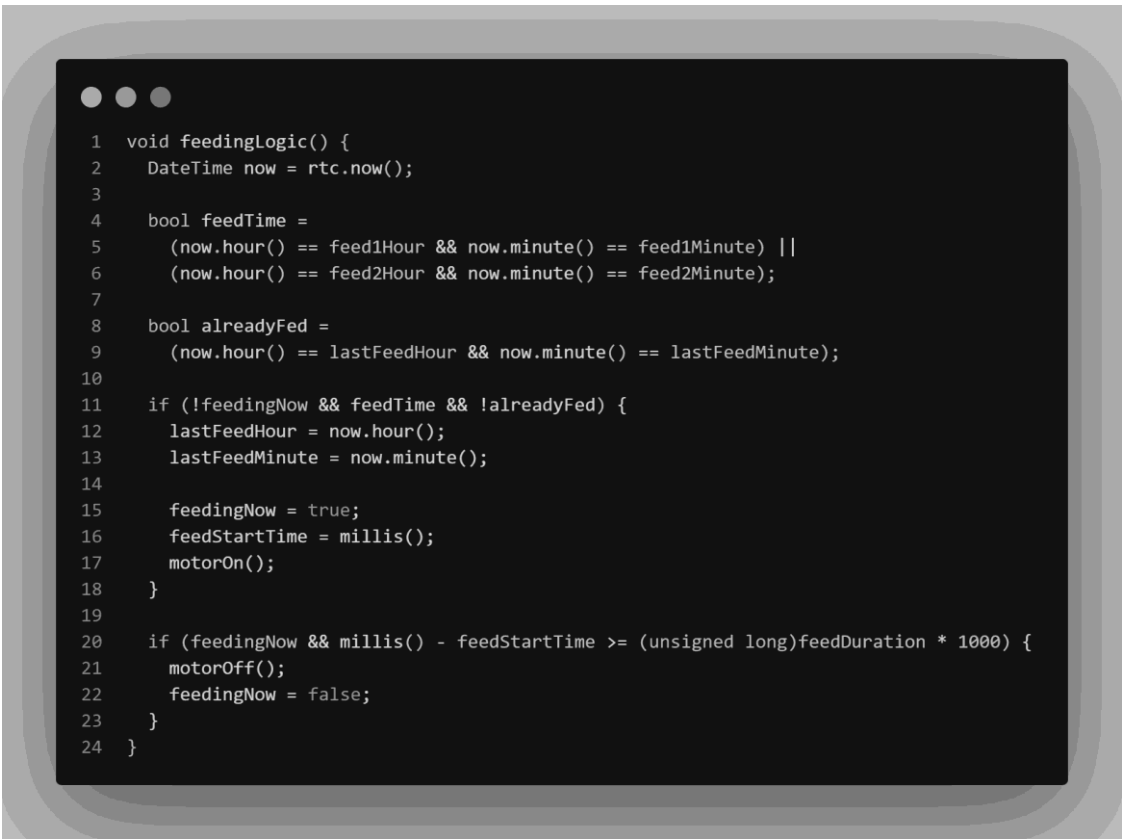


Рисунок 3.7 – Прототип системи автоматичної годівниці

Для взаємодії з користувачем реалізовано локальне меню на базі енкодера. Обертання енкодера дозволяє переміщатися між пунктами меню, а натискання кнопки – підтверджувати вибір. Користувач може змінювати параметри системи, зокрема часи годування та тривалість роботи мотора. Після внесення змін параметри зберігаються у пам'яті мікроконтролера, що дозволяє уникнути повторного налаштування після перезапуску системи. Фрагмент програмного коду, що реалізує логіку подачі корму, наведено на рисунку 3.8.



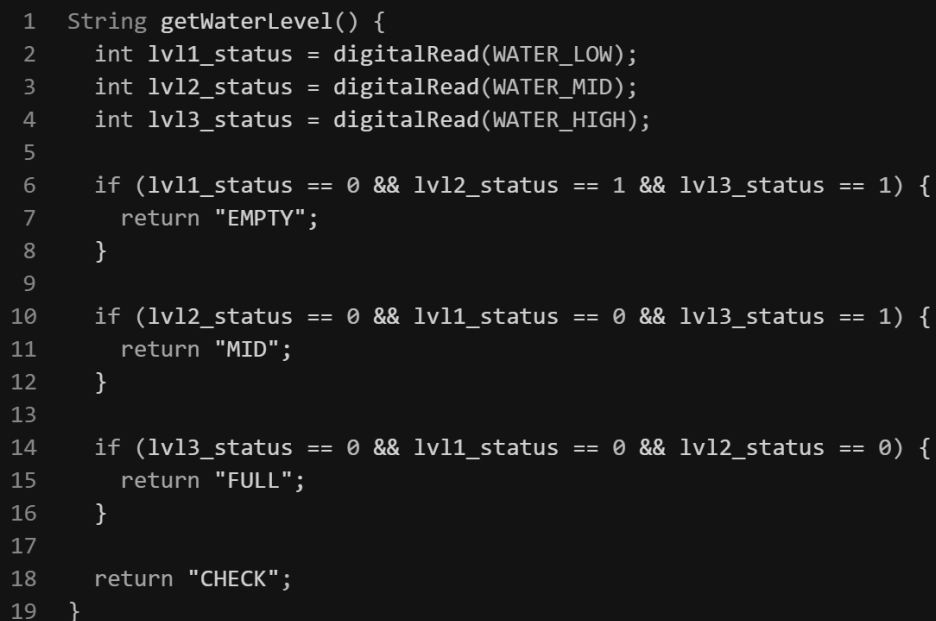
```

1 void feedingLogic() {
2     DateTime now = rtc.now();
3
4     bool feedTime =
5         (now.hour() == feed1Hour && now.minute() == feed1Minute) ||
6         (now.hour() == feed2Hour && now.minute() == feed2Minute);
7
8     bool alreadyFed =
9         (now.hour() == lastFeedHour && now.minute() == lastFeedMinute);
10
11     if (!feedingNow && feedTime && !alreadyFed) {
12         lastFeedHour = now.hour();
13         lastFeedMinute = now.minute();
14
15         feedingNow = true;
16         feedStartTime = millis();
17         motorOn();
18     }
19
20     if (feedingNow && millis() - feedStartTime >= (unsigned long)feedDuration * 1000) {
21         motorOff();
22         feedingNow = false;
23     }
24 }

```

Рисунок 3.8 – Фрагмент програмної реалізації логіки подачі корму

Даний фрагмент коду реалізує перевірку поточного часу та його порівняння із заданими значеннями часу годування. У разі співпадіння відбувається запуск мотора на визначений проміжок часу. Також у коді передбачено перевірку, що запобігає повторному спрацюванню протягом однієї хвилини. Фрагмент програмного коду, що реалізує контроль рівня води, наведено на рисунку 3.9.



```

1  String getWaterLevel() {
2      int lvl1_status = digitalRead(WATER_LOW);
3      int lvl2_status = digitalRead(WATER_MID);
4      int lvl3_status = digitalRead(WATER_HIGH);
5
6      if (lvl1_status == 0 && lvl2_status == 1 && lvl3_status == 1) {
7          return "EMPTY";
8      }
9
10     if (lvl2_status == 0 && lvl1_status == 0 && lvl3_status == 1) {
11         return "MID";
12     }
13
14     if (lvl3_status == 0 && lvl1_status == 0 && lvl2_status == 0) {
15         return "FULL";
16     }
17
18     return "CHECK";
19 }

```

Рисунок 3.9 – Фрагмент програмної реалізації контролю рівня води

Наведений фрагмент коду демонструє обробку сигналів із датчика рівня води.

На основі комбінації вхідних сигналів визначається стан резервуара, що використовується для відображення інформації користувачу та блокування роботи помпи у разі відсутності води.

Крім локального керування, у системі реалізовано веб-інтерфейс, який працює безпосередньо на ESP32.

Мікроконтролер створює власну Wi-Fi мережу, до якої користувач може підключитися за допомогою смартфона або комп'ютера.

Через веб-сторінку користувач має змогу переглядати поточний стан системи, включаючи рівень води, стан помпи, встановлені часи годування та тривалість роботи мотора.

Веб-інтерфейс забезпечує можливість ручного керування системою. Користувач може активувати подачу корму, вмикати або вимикати помпу, а також змінювати налаштування без використання фізичних елементів керування.

Оновлення інформації на сторінці здійснюється без повного перезавантаження за допомогою асинхронних запитів, що підвищує зручність користування. Приклад вигляду веб-інтерфейсу наведено на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Веб-інтерфейс системи керування

У цілому розроблене програмне забезпечення забезпечує стабільну та ефективну роботу системи, поєднуючи автоматичні режими роботи з можливістю ручного та дистанційного керування. Детальна реалізація програмної частини системи представлена у додатку А.

3.4 Налаштування роботи пристрою

Перед початком використання системи необхідно виконати її початкове налаштування. До основних параметрів належать часи подачі корму, тривалість роботи мотора та керування помпою. Також важливим етапом є встановлення коректного поточного часу у модулі реального часу, який використовується для визначення моментів автоматичної подачі корму.

Налаштування параметрів може здійснюватися двома способами: за допомогою локального меню або через веб-інтерфейс. Локальне керування реалізовано за допомогою енодера, який дозволяє переміщатися по меню та змінювати значення параметрів. Для переходу між пунктами меню використовується обертання енодера, а підтвердження вибору здійснюється натисканням кнопки.

Користувач має можливість встановити часи подачі корму, змінювати тривалість роботи мотора, а також вручну керувати помпою. При налаштуванні параметрів передбачено обмеження допустимих значень, що запобігає некоректній роботі системи. Після внесення змін параметри зберігаються у пам'яті мікроконтролера та автоматично відновлюються після перезапуску системи. Процес налаштування параметрів за допомогою енодера наведено на рисунку 3.11.

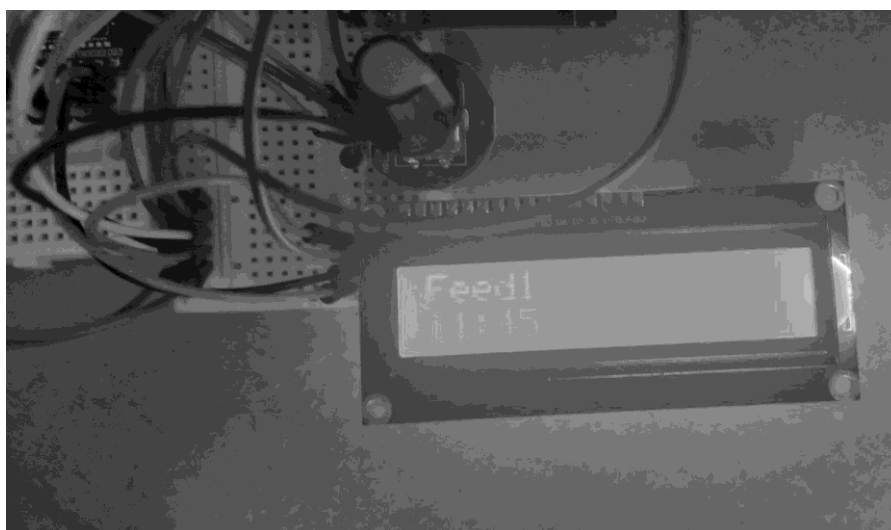


Рисунок 3.11 – Налаштування параметрів через локальне меню

Окрім локального керування, налаштування можуть виконуватися через веб-інтерфейс. Для цього ESP32 створює власну Wi-Fi мережу, до якої користувач підключається за допомогою мобільного пристрою або комп'ютера. Після підключення відкривається веб-сторінка, на якій відображається поточний стан системи та доступні елементи керування.

Зміна параметрів через веб-інтерфейс здійснюється шляхом введення нових значень у відповідні поля та їх подальшого збереження. Після цього оновлені параметри одразу застосовуються у роботі системи.

Інтерфейс налаштування параметрів через веб-сторінку наведено на рисунку 3.12.

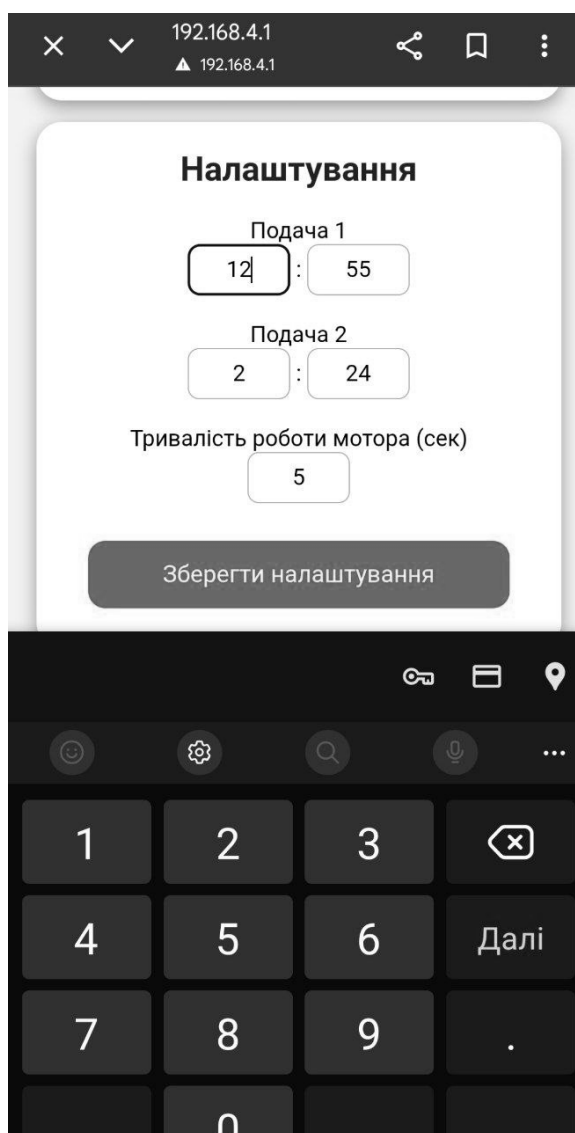


Рисунок 3.12 – Налаштування параметрів через веб-інтерфейс

Після завершення налаштування система переходить у автоматичний режим роботи, у якому всі основні функції виконуються без участі користувача. Таким чином, система забезпечує гнучке налаштування параметрів та можливість керування як локально, так і дистанційно.

3.5 Тестування системи

Тестування розробленої системи автоматичної годівниці проводилося з метою перевірки працездатності всіх її функціональних компонентів, а також оцінки стабільності роботи в різних режимах експлуатації. Основна увага приділялася перевірці подачі корму, роботі помпи, функціонуванню датчика рівня води та веб-інтерфейсу.

На першому етапі було проведено тестування системи подачі корму. Для цього встановлювалися різні значення часу годування, після чого контролювався запуск мотора у задані моменти часу. У результаті встановлено, що система коректно визначає поточний час і здійснює подачу корму відповідно до заданих параметрів. Мотор запускається у визначений момент часу, працює протягом встановленого інтервалу та автоматично вимикається після завершення подачі корму. Процес тестування системи подачі корму наведено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Тестування системи подачі корму

Окрім автоматичного режиму, було перевірено ручний режим подачі корму через веб-інтерфейс. При натисканні відповідної кнопки на веб-сторінці система здійснювала миттєвий запуск мотора, що підтверджує коректну роботу механізму дистанційного керування.

Наступним етапом було тестування системи подачі води. Перевірялася можливість вмикання та вимикання помпи як через локальне меню, так і через веб-інтерфейс. У результаті встановлено, що помпа коректно реагує на команди користувача та стабільно працює у різних режимах. Процес тестування роботи помпи наведено на рисунку 3.14.

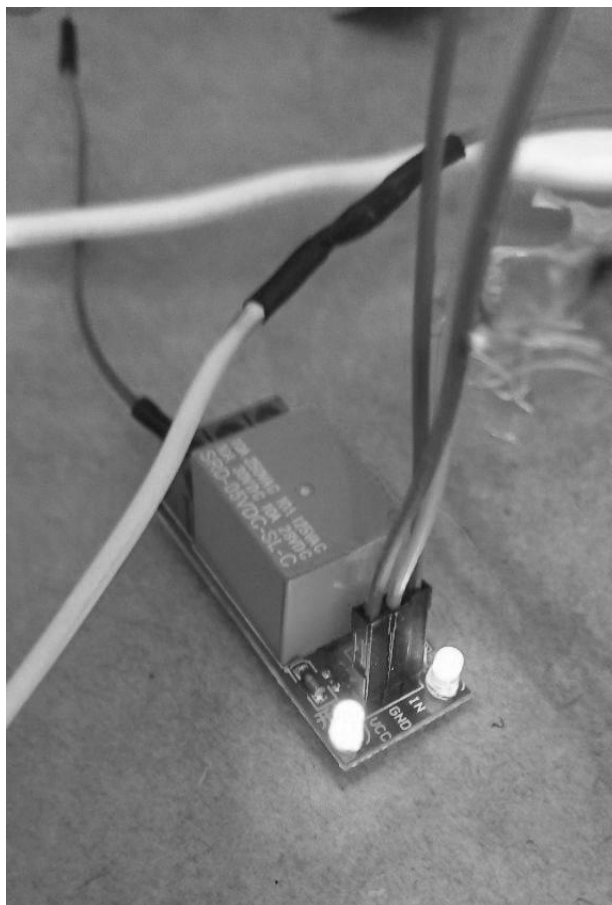


Рисунок 3.14 – Тестування роботи помпи

Окрему увагу приділено тестуванню датчика рівня води. Для цього змінювався рівень води у резервуарі, що дозволило перевірити реакцію системи на різні стани.

На рисунку 3.15 наведено стан мінімального рівня води, при якому система визначає відсутність води та блокує роботу помпи.

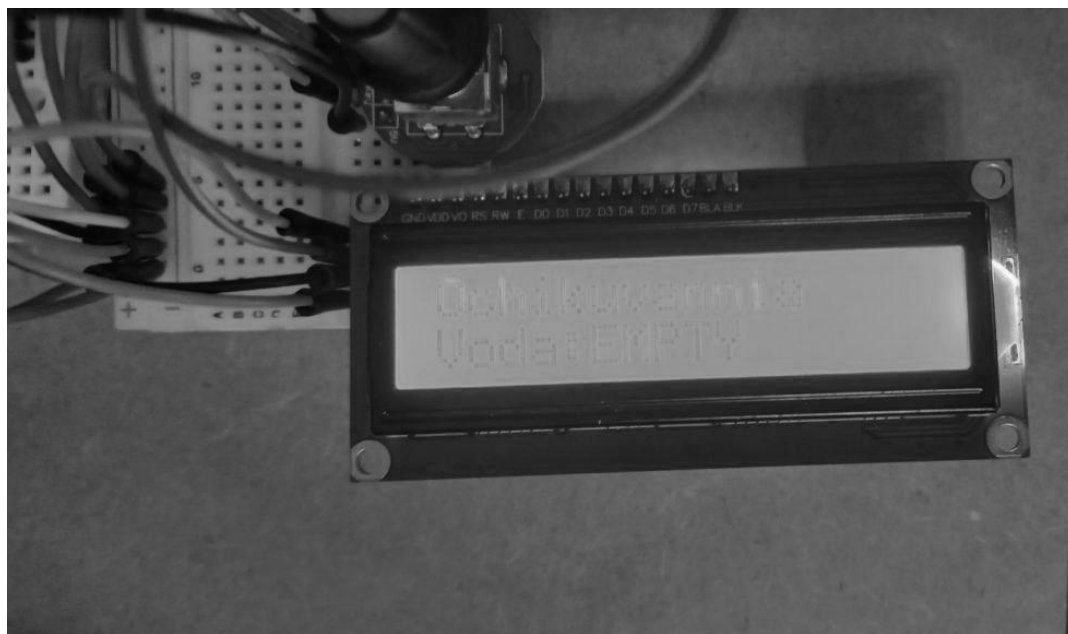


Рисунок 3.15 – Мінімальний рівень води

На рисунку 3.16 показано середній рівень води, при якому система продовжує коректно функціонувати та відображає відповідний стан.

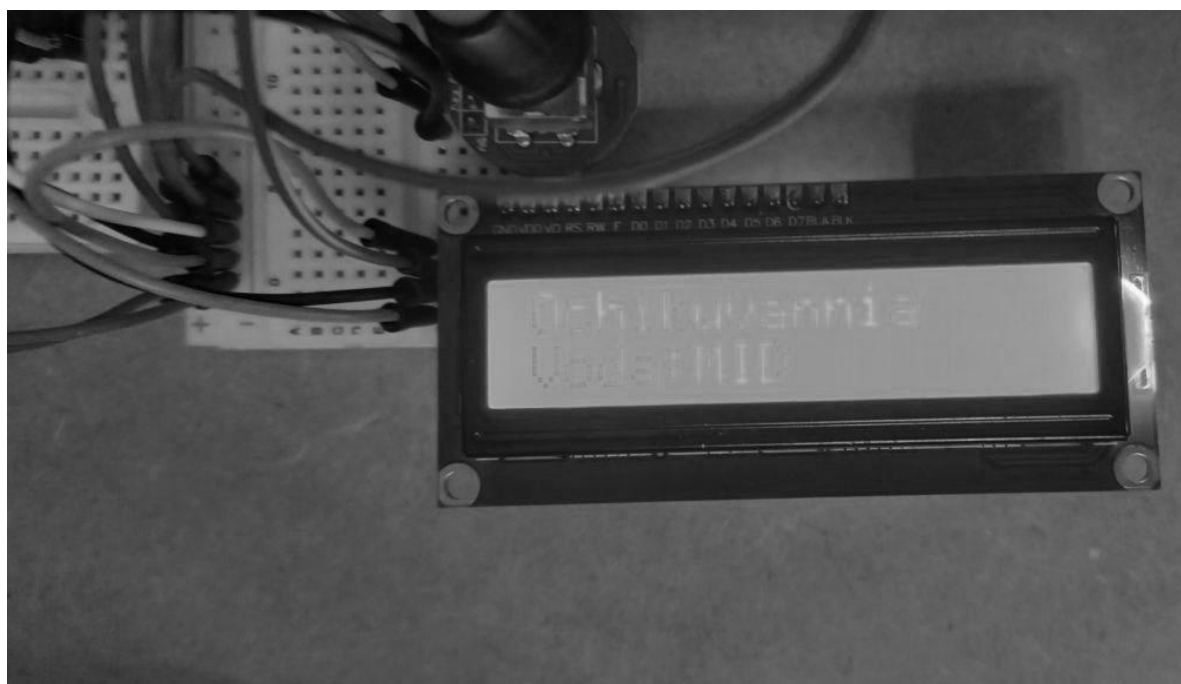


Рисунок 3.16 – Середній рівень води

На рисунку 3.17 зображено максимальний рівень води, що відповідає повному заповненню резервуара.

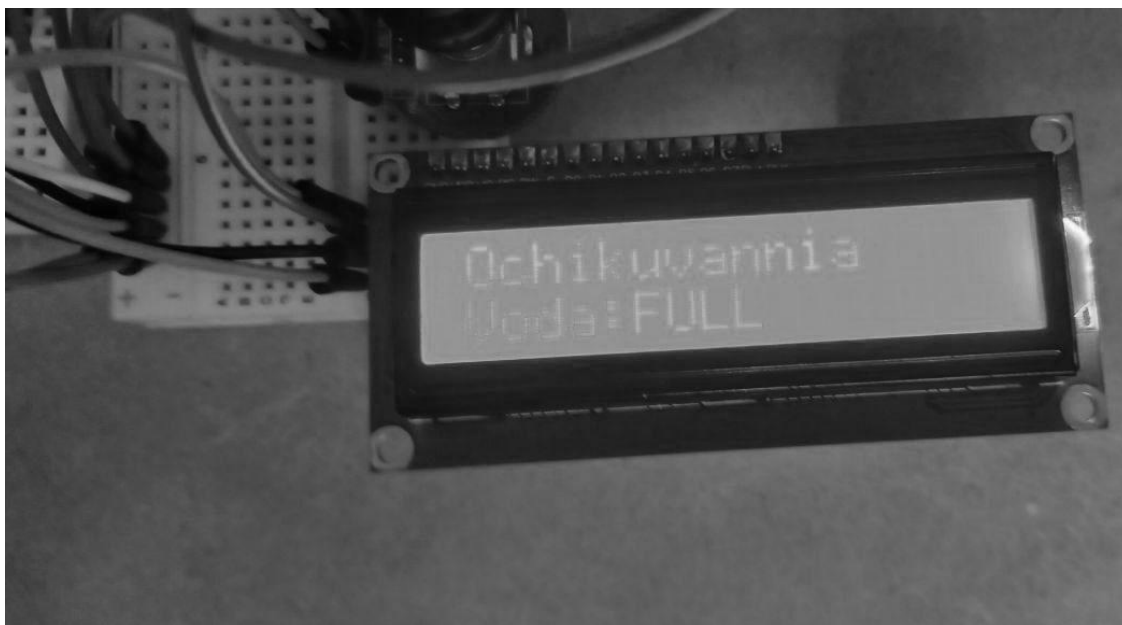


Рисунок 3.17 – Максимальний рівень води

Отримані результати підтверджують коректну роботу датчика рівня води у всіх режимах.

Наступним етапом тестування веб-інтерфейсу. Користувач підключався до бездротової мережі, створеної ESP32, та відкривав веб-сторінку у браузері. Було перевірено відображення основних параметрів системи, зокрема рівня води, стану помпи та налаштувань подачі корму. Дані на сторінці оновлювалися у реальному часі без необхідності перезавантаження.

Окремо перевірено механізм збереження налаштувань. Після зміни параметрів і перезавантаження пристрою встановлені значення залишалися незмінними, що підтверджує коректну роботу енергонезалежної пам'яті.

У результаті проведеного тестування встановлено, що система працює стабільно та виконує всі передбачені функції. Усі основні компоненти взаємодіють коректно, а реалізовані механізми керування та захисту забезпечують надійну експлуатацію пристрою.

3.6 Аналіз результатів роботи

У результаті розробки та тестування було створено працездатний прототип системи автоматичної годівниці для тварин. Система успішно виконує всі основні функції, зокрема автоматичну подачу корму за заданим часом, ручну подачу корму, контроль рівня води та керування помпою.

Під час експлуатації встановлено, що система стабільно працює як у автоматичному, так і у ручному режимах. Реалізований алгоритм подачі корму забезпечує своєчасний запуск мотора відповідно до встановлених параметрів, а механізм обмеження повторного спрацювання запобігає дублюванню подачі корму.

Контроль рівня води функціонує коректно у всіх передбачених режимах. Система точно визначає стан резервуара та забезпечує блокування роботи помпи у випадку відсутності води, що підвищує надійність пристрою та захищає обладнання від пошкодження.

Використання веб-інтерфейсу значно спрощує процес керування системою. Користувач має можливість змінювати параметри та контролювати стан пристрою дистанційно без необхідності використання фізичних елементів керування. Оновлення даних у реальному часі підвищує зручність використання системи.

Локальне керування за допомогою енкадера забезпечує альтернативний спосіб взаємодії з пристроєм у разі відсутності доступу до веб-інтерфейсу, що підвищує універсальність системи.

Разом з тим, система має можливості для подальшого вдосконалення. До перспективних напрямів розвитку можна віднести покращення конструкції корпусу, а також розширення функціональних можливостей веб-інтерфейсу.

У цілому розроблена система відповідає поставленим задачам, демонструє стабільну роботу та може бути використана як основа для створення повноцінного пристрою автоматичного догляду за тваринами.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки.

Здійснено аналіз існуючих систем автоматичного годування та напування тварин, у результаті якого визначено їх основні недоліки, зокрема обмежений функціонал, відсутність комплексних рішень для одночасної подачі корму і води, а також недостатній рівень автоматизації.

Розроблено структурну схему автоматизованої системи на базі мікроконтролера ESP32, яка забезпечує взаємодію основних компонентів пристрою, включаючи датчики, виконавчі механізми та засоби керування.

Спроековано апаратну частину системи із використанням мікроконтролера ESP32, датчика рівня води, поворотного енкодера, механізму подачі корму та помпи для води, що дозволяє реалізувати всі необхідні функції пристрою.

Реалізовано алгоритм роботи системи, який забезпечує автоматичну подачу корму за заданим часом, контроль рівня води та керування помпою залежно від стану системи.

Розроблено програмне забезпечення для керування пристроєм із використанням середовища Arduino IDE, що дозволяє здійснювати обробку даних від датчиків та керування виконавчими механізмами.

Візуалізовано основні параметри системи та реалізовано веб-інтерфейс для дистанційного керування, що забезпечує можливість змінювати налаштування та контролювати роботу пристрою у режимі реального часу.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що розроблена система забезпечує ефективну автоматизацію процесів годування та напування домашніх тварин та може бути використана у побутових умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. IoT Sensors for Livestock Farming: Enhancing Efficiency and Animal Welfare - Digi4Live. *Digi4Live*. URL: <https://digi4live.eu/iot-sensors-for-livestock-farming/> (date of accessed: 12.02.2026).
2. Design and Development of a Smart Pet Feeder with IoT and Deep Learning. ResearchGate. URL: <https://surl.li/qlubtn> (date of accessed: 18.02.2026).
3. Automatic Pet Feed System Applying IoT. ResearchGate. URL: <https://surl.li/vnvzea> (date of accessed: 24.02.2026).
4. Автоматична годівниця Petory Automatic Pet Feeder F01. Rozetka. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/381677085/p381677085/> (дата звернення: 03.03.2026).
5. Автоматична поїлка Pet Water Fountain. Rozetka. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/333231385/p333231385/> (дата звернення: 04.03.2026).
6. Автоматична годівниця Petrust PP005. J-Tail. URL: <https://surl.li/bpezbj> (дата звернення: 04.03.2026).
7. Автоматична годівниця для котів і собак Petrust PP002. Sark. URL: <https://surl.li/wqdtku> (дата звернення: 14.03.2026).
8. Automatic feeders and drinkers to improve feeding in poultry farming. Veterinaria Digital. URL: <https://surl.li/vjmati> (date of accessed: 19.03.2026).
9. Increased Cattle Feeding Precision from Automatic Feeding Systems: Considerations on Technology Spread and Farm-Level Perceived Advantages in Italy. ResearchGate. URL: <https://surl.li/lhxbsk> (date of accessed: 31.03.2026).
10. Automatic Animal Food Feeding System. ResearchGate. URL: <https://surl.li/svpkxm> (date of accessed: 03.04.2026).
11. ESP32. Wikipedia. URL: <https://surli.cc/enyioh> (date of accessed: 08.04.2026).
12. Mischianti. DOIT ESP32 DEV KIT v1: high resolution pinout and specs. URL: <https://mischianti.org/doit-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/> (date of accessed: 11.04.2026).
13. ESP32 Datasheet. Espressif Systems. URL: <https://surl.li/hbmjxx> (date of accessed: 14.04.2026).

14. DS3231 Datasheet. Analog Devices. URL: <https://surl.li/jtxtva> (date of accessed: 15.04.2026).
15. MX1508 DC Motor Driver Datasheet. Components101. URL: <https://surl.li/lncuge> (date of accessed: 15.04.2026).
16. LCD1602 I2C Module. WaveShare. URL: <https://surl.li/plmnep> (date of accessed: 16.04.2026).
17. SSD1306 Datasheet. Adafruit. URL: <https://surl.li/whrzlu> (date of accessed: 16.04.2026).
18. Rotary Encoder Module Datasheet. HandsOnTec. URL: <https://surl.li/soubby> (date of accessed: 20.04.2026).
19. Relay Module Datasheet. HandsOnTec. URL: <https://surl.li/abmhee> (date of accessed: 21.04.2026).
20. 5V Mini Water Pump Documentation. Cirkuit Designer. URL: <https://surl.li/buoptt> (date of accessed: 22.04.2026).
21. Arduino Documentation. Arduino. URL: <https://docs.arduino.cc/> (date of accessed: 25.05.2026).