

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino

Назва теми

КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

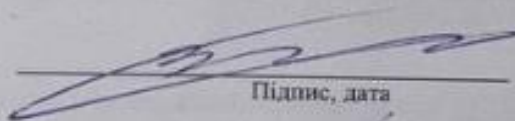
Виконав: студент IV курсу, група KI2-21-2


Підпис

Максим ЛАСУН

Ініціали, прізвище

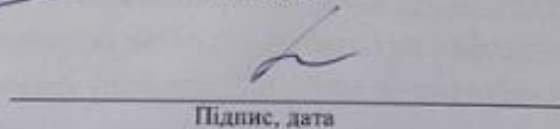
Керівник


Підпис, дата

Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

«19» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

" 10 " 01 2025 р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Максиму ЛАСУНУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino

Керівник проекту (роботи) Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ, ст. викладач.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Аналіз предметної області зарядних станцій та постановка задачі щодо розробки енергоефективного програмно-технічного засобу на базі Arduino.

Проектування програмно-технічного засобу зарядної станції з використанням сонячної енергії та мікроконтролера Arduino.

Програмно-апаратна реалізація зарядної станції на базі Arduino з інтеграцією моніторингу параметрів та механізмів безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Апаратна архітектура ПТЗ

Електрично-принципова схема

Монтажна плата ПТЗ

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КІС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КІС		

7. Дата видачі завдання

« 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – Програмно-апаратна реалізація програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Керівник роботи

Підпис

Максим ЛАСУН
Ініціали, прізвище

Підпис

Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino».

Автор роботи: Максим ЛАСУН.

Керівник роботи: Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ.

Пояснювальна записка: 67 с., 25 рис., 2 табл., 3 дод., 46 джерел.

Графічна частина: 3 креслення, Код ПЗ.

ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ, ARDUINO, СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, МОНІТОРИНГ, БЕЗПЕКА.

Метою дипломної роботи є розробка та оцінка умов експлуатації програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino для забезпечення енергоефективної та безпечної зарядки портативних пристроїв із використанням сонячної енергії.

Об'єктом дослідження є функціонування зарядної станції на базі мікроконтролера Arduino.

Предметом дослідження є аналіз режимів роботи та оптимізація параметрів зарядної станції для підвищення її ефективності та надійності.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення предметної області, а також симуляція в емуляторі Wokwi для тестування програмного забезпечення та апаратної архітектури системи..


Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ	7
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань ..	7
1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень.	12
1.3 Аналіз існуючих видів зарядних станцій та їх застосування	19
1.4 Висновки до першого розділу.....	21
2. ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ НА БАЗІ ARDUINO	23
2.1 Концепція та вимоги до програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino	23
2.2 Вибір апаратних компонентів.....	25
2.3 Розробка апаратної архітектури системи	36
2.4 Опис алгоритмів роботи зарядної станції.....	40
2.5 Висновки до другого розділу	43
3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ НА БАЗІ ARDUINO	45
3.1 Опис реалізації модулів програмного забезпечення програмно-технічного засобу	45
3.2 Використання емулятора Wokwi для розробки засобу зарядної станції.	48
3.3 Опис симуляції в Wokwi кодом c++.....	50
3.3.1 Розбір конфігурації схеми в sketch.ino.....	50
3.3.2 Розбір конфігурації схеми в diagram json.	53
3.4 Реалізація проєкту в Wokwi	55
3.5 Тестування емуляції зарядної станції в середовищі Wokwi.....	57
3.6 Огляд процесу тестування.....	60

КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Максим ЛАСУН			Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ				y	2	71
Н.КОНТР.		Тетяна КИСІЛЬ				ХНУ КІ2-21-1		
Затверд.		Ольга ПАВЛОВА						

3.7	Аналіз енергоефективності та оптимізація роботи зарядної станції в умовах симуляції	62
3.8	Висновок до третього розділу	64
ВИСНОВКИ		67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ		68
ДОДАТОК А		72
ДОДАТОК Б		73
ДОДАТОК В		74

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

A - Ампер

B - Вольт

EDR - Enhanced Data Rate

I2C - Inter-Integrated Circuit

IDE - Інтегроване середовище розробки

IoT - Internet of Things

МК - Мікроконтролер

OLED - Organic Light-Emitting

STEM - Science, Technology, Engineering, and Mathematics

USB - Universal Serial Bus

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

У сучасному світі зростає потреба у зручних, енергоефективних та доступних рішеннях для заряджання портативних електронних пристроїв, таких як смартфони, планшети, розумні годинники та бездротові навушники. Швидкий темп життя і постійне використання пристроїв створюють попит на розумні зарядні станції, які можуть оптимізувати процес зарядки, підвищити безпеку і забезпечити комфорт користувача. Розвиток технологій призводить до появи компактних і гнучких рішень, які відповідають сучасним вимогам енергоефективності та адаптивності.

Створення зарядної станції на основі принципів програмно-апаратної інтеграції має низку переваг, таких як енергозбереження, захист підключених пристроїв від перевантаження, дистанційне керування та моніторинг, підтримка різних стандартів зарядки. Такі системи можуть бути реалізовані на базі мікропроцесорних плат, які забезпечують компактність, доступність і високу продуктивність для виконання необхідних функцій.

Однією з найпопулярніших плат для реалізації таких проектів є Arduino - відкрита платформа для прототипування електронних пристроїв, яка поєднує в собі простоту використання апаратного та програмного забезпечення. Arduino дозволяє легко підключати датчики струму і напруги, модулі зв'язку та інші компоненти, необхідні для створення розумної зарядної станції. Завдяки можливості інтеграції з Інтернетом, Arduino забезпечує віддалений доступ до системи, що робить її придатною для використання як в домашніх, так і в комерційних умовах.

Ринок портативних зарядних пристроїв стрімко зростає в Україні та світі. За даними аналітичних звітів, у 2023 році світовий ринок портативних зарядних станцій перевищив 20 мільярдів доларів США, що свідчить про високий попит і конкуренцію в цій сфері. Для того, щоб залишатися конкурентоспроможними, розробникам необхідно впроваджувати інноваційні рішення, які поєднують енергоефективність, безпеку та зручність.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою даного дипломного проекту є розробка та впровадження апаратно-програмної зарядної станції на базі мікропроцесора Arduino. Система призначена для використання в домашніх умовах або в громадських місцях і забезпечує інтелектуальне управління процесом зарядки, моніторинг стану пристрою та віддалене налаштування параметрів.

Актуальність проекту зумовлена зростаючим попитом на енергоефективні та інтелектуальні зарядні рішення, які відповідають сучасним потребам користувачів і сприяють підвищенню комфорту та безпеки використання електронних пристроїв.

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ

1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань

Зарядна станція, (рис. 1.1) є пристроєм, призначеним для живлення та зарядки різних типів акумуляторів, від смартфонів до електротранспорту. Сучасні зарядні станції мають відповідати високим стандартам ефективності, безпеки та адаптивності до потреб користувача. Вони повинні підтримувати широкий спектр стандартів зарядки, таких як USB-A, USB-C чи бездротові протоколи Qi, забезпечувати захист від перевантаження, короткого замикання та перегріву, а також оптимізувати енергоспоживання для зниження екологічного впливу. Енергоефективність досягається через інтеграцію відновлюваних джерел, наприклад, сонячних панелей, що зменшує залежність від електромереж і сприяє сталому розвитку.



Рисунок 1.1 – Зарядна станція (з сонячною панеллю в комплекті) [4]

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім базових функцій, сучасні зарядні станції пропонують інтелектуальні можливості, такі як моніторинг параметрів зарядки в реальному часі, що дозволяє мобільним додаткам чи через мережу інтернет забезпечувати зручність налаштування параметрів і діагностики системи без фізичного доступу. Адаптивність передбачає компактний дизайн, який полегшує транспортування, можливість налаштування зарядки для різних пристроїв, наприклад, смартфонів чи планшетів, і доступну вартість. Це робить зарядні станції привабливими для побутового використання в домашніх умовах, а також для комерційних застосувань, таких як зарядні хаби в аеропортах чи кафе. У контексті зростання попиту на портативні рішення, особливо в Україні через нестабільне електропостачання, такі системи набувають особливої актуальності.

У умовах швидкого розвитку технологій зарядні станції на базі відкритих платформ створюють нові можливості для розробки економічно вигідних і гнучких рішень, що відповідають сучасним викликам ринку. Такі системи дозволяють інтегрувати відновлювані джерела енергії, як-от сонячні панелі, та забезпечують адаптивність до різних пристроїв. Для проєктів із низьким енергоспоживанням, таких як портативні зарядні станції, ідеально підходить платформа Arduino (рис. 1.2). Її відкрита архітектура, підтримка спільноти та простота програмування спрощують створення енергоефективних систем із функціями моніторингу та віддаленого керування.

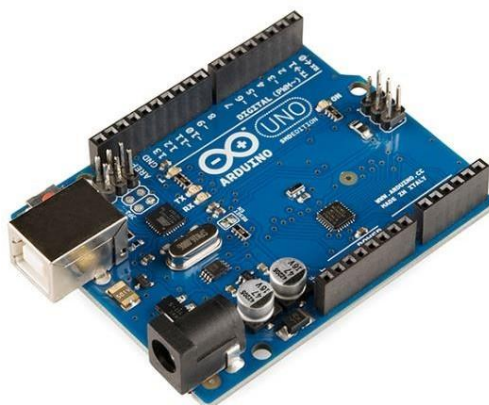


Рисунок 1.2 – Плата Arduino [1]

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Arduino є мікроконтролерною платформою з відкритим кодом, призначеною для розробки програмованих пристроїв, які керують електронними системами. Її основними компонентами є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring, що використовує спрощену підмножину мови C/C++, полегшуючи програмування для початківців. Arduino дозволяє створювати автономні інтерактивні об'єкти, такі як зарядні станції, або інтегрувати їх із програмним забезпеченням на комп'ютері для розширених функцій. Інформація про плати доступна у відкритому доступі, що дає змогу ентузіастам і розробникам створювати власні версії плат, адаптовані до конкретних потреб. Велика спільнота та бібліотеки сприяють швидкому прототипуванню, роблячи Arduino ідеальною для енергоефективних і економічних рішень.

Компанія Arduino була заснована у 2005 році в місті Івреа, Італія. Ідея виникла у студентів Інституту інтерактивного дизайну Івреа (рис. 1.3) , яким потрібна була недорога, проста в освоєнні платформа для створення прототипів електронних пристроїв.



Рисунок 1.3 – Будівля Інституту дизайну взаємодії “Івреа”. [31]

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Логотип IDII (рис. 1.4) символізує філософію інституту, що полягає у створенні інноваційних рішень, які враховують людські потреби та досвід. Він відображає прагнення інтегрувати естетику та функціональність, що є основою сучасного дизайну взаємодії.

Логотип також підкреслює зв'язок між історією та сучасністю, показуючи, як традиція може надихати на нові форми та ідеї в дизайні.



Рисунок 1.4 – Логотип компанії IDII [31]

Завдяки своїй відкритості, великій спільноті, доступній ціні та простоті використання, Arduino залишається чудовою системою для використання в:

- робототехніці ;
- інтерактивних інсталяціях ;
- метеостанціях ;
- освіті ;
- альтернативних джерелах енергії ;
- автоматизації домів ;
- проектах STEM ;
- системах моніторингу.

Концепція використання сонячної енергії для зарядки пристроїв не нова. Перші кроки в цьому напрямку були зроблені в другій половині 20-го століття, коли

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'явилися перші комерційно доступні сонячні панелі, хоча вони були досить громіздкими і неефективними. У цей період сонячні панелі в основному використовувалися в нішевих секторах, таких як космічні апарати і віддалені

об'єкти, де підключення до електромережі було неможливим або економічно не вигідним.

Перші спроби зробити щось подібне до портативних зарядних пристроїв на сонячних батареях були більше схожі на ентузіазм або спеціалізовані рішення для конкретних потреб.

З розвитком технологій виробництва сонячних панелей їхня ефективність значно зросла, а розмір і вага суттєво зменшилися, що зробило їх доступними для портативних застосувань. Водночас стрімко розвивалася портативна електроніка, зокрема мобільні телефони, ноутбуки, планшети, розумні годинники та цифрові фотоапарати. Зростаюча потреба в автономному живленні цих пристроїв, особливо в умовах подорожей чи віддалених локацій, стала каталізатором появи комерційно доступних портативних зарядних пристроїв на сонячних батареях. Ці рішення забезпечують екологічну зарядку, знижуючи залежність від електромереж і сприяючи сталому енергоспоживанню.

У сучасному світі стрімко зростає інтерес до альтернативних джерел енергії, зумовлений економічними, екологічними та соціальними факторами, які є актуальними як для розвинених країн, так і для країн, що розвиваються, зокрема для України, де ці питання набувають особливого значення через енергетичну залежність та кліматичні виклики. Водночас у цифрову епоху значна частина повсякденного життя нерозривно пов'язана з використанням портативних електронних пристроїв, таких як смартфони, ноутбуки, планшети та інші гаджети, що стали невід'ємною частиною роботи, навчання та відпочинку. Ця залежність створює зростаючий попит на надійні, мобільні та інтелектуальні зарядні рішення, які не лише відповідають потребам сучасних користувачів, а й сприяють більш сталому енергоспоживанню, зменшуючи екологічний слід і підтримуючи глобальні ініціативи з переходу на зелену енергетику.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень.

У наш час, коли технології стрімко розвиваються, а потреба людства в ефективних та доступних джерелах енергії зростає, програмні та апаратні засоби на базі платформи Arduino стають все більш популярними для створення різноманітних інноваційних рішень.

Одним з таких рішень є зарядні станції, які можна використовувати для живлення портативних пристроїв і навіть побутової техніки в місцях, де доступ до електромережі обмежений. Як платформа з відкритим вихідним кодом, Arduino пропонує унікальні можливості для розробки таких систем завдяки своїй простоті, доступності та гнучкості. У цьому контексті важливо провести порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих програмно-апаратних рішень зарядних станцій на базі Arduino з метою оцінки їх ефективності, практичності та потенціалу для подальшого вдосконалення.

Переваги програмно-апаратних засобів зарядних станцій на базі Arduino полягають у кількох ключових аспектах. Насамперед, Arduino вирізняється доступністю та економічною ефективністю. Плати, такі як Arduino Uno, Nano чи Mega, мають низьку вартість, що робить їх привабливими для студентів, ентузіастів і невеликих стартапів. Розробка зарядної станції на базі Arduino не потребує значних фінансових вкладень у порівнянні з комерційними рішеннями, які можуть коштувати десятки тисяч гривень. Широкий спектр сумісних модулів і датчиків дозволяє створювати системи з мінімальними витратами на додаткове обладнання, що робить платформу економічно вигідною.

Ще однією перевагою є простота використання. Arduino пропонує інтуїтивно зрозуміле середовище розробки, яке дозволяє навіть початківцям швидко освоїти основи програмування. Мова програмування, заснована на C/C++, спрощена для новачків, що знижує бар'єр входу для створення функціональних прототипів зарядних станцій. Наприклад, підключення датчиків струму, напруги чи температури до плати Arduino та їх програмування для моніторингу процесу

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заряджання є відносно простим завданням, що сприяє швидкому освоєнню платформи.

Гнучкість і модульність Arduino також є важливими перевагами. Платформа підтримує велику кількість модулів, таких як релеїні модулі, дисплеї, модулі Wi-Fi чи Bluetooth, що дозволяє адаптувати зарядну станцію до різних потреб. Наприклад, можна створити просту зарядну станцію для смартфонів або більш складну систему для електромобілів із підтримкою дистанційного керування через мобільний додаток. Модульність полегшує масштабування та модифікацію системи в майбутньому, що робить Arduino універсальним інструментом для розробки.

Відкритий вихідний код є ще однією сильною стороною Arduino. Завдяки відкритій архітектурі спільнота розробників створює численні бібліотеки, приклади коду та навчальні посібники, які значно спрощують процес розробки. Це дозволяє швидко інтегрувати нові функції, такі як моніторинг заряду в реальному часі, захист від перевантаження чи інтеграція з поновлюваними джерелами енергії, що підвищує функціональність зарядних станцій.

Arduino має велику світову спільноту, яка активно ділиться досвідом, проектами та рішеннями. Якщо розробник стикається з проблемою, наприклад, зі створенням контролера заряду для літій-іонних акумуляторів, він може знайти готові рішення на форумах, таких як Arduino Forum, або в блогах про електроніку. Ця підтримка значно полегшує вирішення технічних питань і сприяє швидкому розвитку проєктів.

Можливості прототипування роблять Arduino ідеальним вибором для створення прототипів зарядних станцій. Завдяки простоті підключення компонентів до макетних плат розробники можуть швидко тестувати ідеї, вносити зміни та вдосконалювати систему без необхідності створення складних друкованих плат на початкових етапах. Це дозволяє економити час і ресурси на етапі розробки.

Недоліки програмного та апаратного забезпечення зарядних станцій на базі Arduino також варто враховувати. Обмежена продуктивність є одним із ключових

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

недоліків. Мікроконтролери, такі як ATmega328, мають обмежену частоту та об'єм пам'яті, що може створювати проблеми при реалізації складних зарядних станцій із великою кількістю датчиків, дисплеїв чи мережевих функцій. Для порівняння, промислові контролери, такі як PLC, значно потужніші, хоча й дорожчі.

Надійність Arduino у промислових умовах є недостатньою. Платформа не призначена для використання в жорстких умовах, таких як висока температура, вологість чи вібрація. Це може бути критичним недоліком для зарядних станцій, призначених для вуличного використання, наприклад, для електромобілів. Промислові рішення зазвичай мають вищий ступінь захисту (IP) та сертифікацію для роботи в екстремальних умовах, що робить їх більш придатними для таких застосувань.

Складність масштабування є проблемою для Arduino, оскільки його використання в масовому виробництві зарядних станцій ускладнене. Для стабільної роботи сотень станцій потрібні надійніші мікроконтролери, оптимізовані плати та професійне програмне забезпечення, що перевищує можливості Arduino.

Відсутність стандартизації обмежує платформу, адже зарядні станції на її базі часто не відповідають міжнародним нормам безпеки та сертифікації, ускладнюючи комерційне застосування.

Залежність від якості компонентів становить значний недолік, оскільки використання дешевих модулів та датчиків може призводити до їхньої неточності, ненадійності та нестабільності в роботі. Це суттєво ускладнює контроль ключових параметрів системи, таких як напруга, температура чи рівень заряду, а також створює потенційні ризики для безпеки.

Така ситуація вимагає ретельного підбору комплектуючих, адже компроміс у якості може мати серйозні наслідки, особливо в умовах автономного функціонування, де відсутність точних даних може призвести до аварійних ситуацій або передчасного зносу обладнання.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Порівняння з іншими платформами: Arduino виграє в доступності та простоті, але поступається продуктивністю та надійністю. Raspberry Pi (рис. 1.5) пропонує більшу потужність і підтримку складних систем, але складніший і дорожчий. Промислові контролери забезпечують надійність і стандартизацію, але їхня висока вартість не підходить для невеликих проєктів.



Рисунок 1.5 – Мікрокомп'ютер Raspberry Pi.[41]

Також як аналогове рішення є мікроконтролер на базі ESP8266 (рис. 1.6). Плата на базі мікроконтролеру ESP8266 від Espressif Systems є прямим конкурентом Arduino для IoT-проєктів. ESP8266 має одноядерний процесор із частотою 80-160 МГц, 4 МБ флеш-пам'яті, вбудований Wi-Fi. ESP32 є потужнішим, з двоядерним процесором (до 240 МГц), підтримкою Wi-Fi, Bluetooth і більшим обсягом пам'яті.



Рисунок 1.6 – мікроконтролер на базі ESP8266.[5]

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Мікроконтролери ESP8266 та ESP32 (рис. 1.7) мають кілька переваг порівняно з Arduino. Однією з ключових особливостей є наявність вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth. Це робить їх ідеальними для проєктів Інтернету речей (IoT), оскільки немає потреби в додаткових шилдах чи модулях, що спрощує розробку та знижує витрати на обладнання. Завдяки цьому ESP8266 та ESP32 є зручними для створення зарядних станцій із можливістю віддаленого керування та моніторингу.

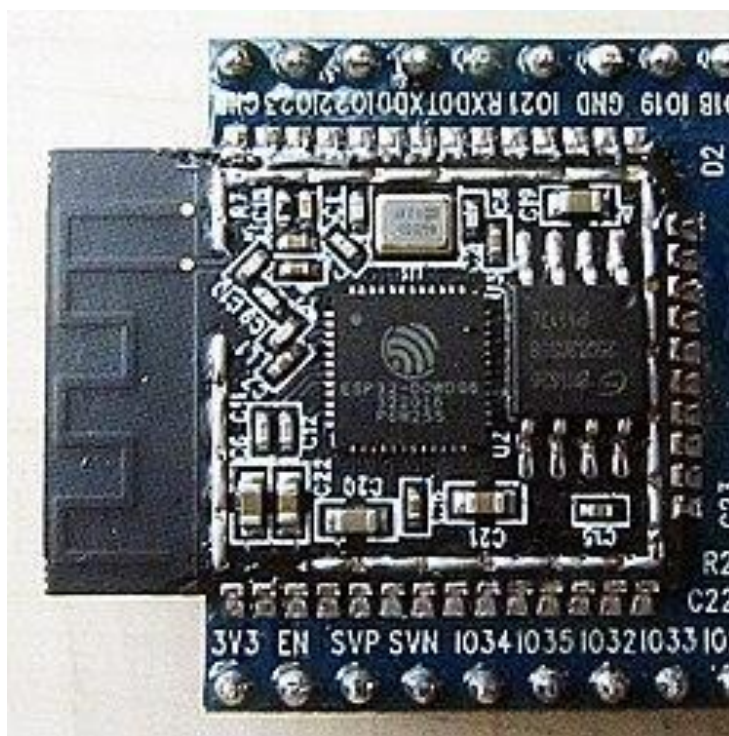


Рисунок 1.7 – мікроконтролер на базі ESP32.[6]

Ще однією перевагою є вища продуктивність і більший обсяг пам'яті. Мікроконтролери ESP8266 та ESP32 мають потужніші обчислювальні можливості порівняно з більшістю плат Arduino, таких як Arduino Uno чи Nano. Це дозволяє реалізовувати складніші задачі, наприклад, одночасну обробку даних із кількох датчиків або підтримку мережевих функцій, що є важливим для сучасних зарядних станцій.

Економічна ефективність також є сильною стороною ESP8266 та ESP32. Ці мікроконтролери мають конкурентоспроможну ціну, що робить їх привабливими

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

для розробників із обмеженим бюджетом. Низька вартість у поєднанні з вбудованими мережевими можливостями робить ці платформи економічно вигідними для створення прототипів і навіть комерційних рішень.

Недоліки систем на базі ESP8266 та ESP32 також варто враховувати. Обмежена кількість аналогових входів може створювати труднощі при роботі з проєктами, що потребують підключення багатьох аналогових датчиків, таких як датчики струму чи напруги. Це може вимагати додаткових модифікацій або використання зовнішніх аналогових мультиплексорів, що ускладнює розробку.

Екосистема шилдів для ESP8266 та ESP32 є менш розвиненою порівняно з Arduino. У той час як Arduino має широкий вибір стандартизованих шилдів і модулів, для ESP-платформ доводиться частіше використовувати нестандартні рішення або адаптувати компоненти, що може ускладнити швидке прототипування зарядних станцій.

Енергоспоживання ESP8266 та ESP32 у режимі активного Wi-Fi є вищим, ніж у Arduino. Це може бути критичним недоліком для зарядних станцій, що працюють від батарей або потребують енергоефективності. Високе енергоспоживання може обмежувати їх використання в автономних системах, де важлива економія енергії.

Налаштування програмного забезпечення для ESP8266 та ESP32 може бути складнішим через меншу кількість навчальних ресурсів порівняно з Arduino. Хоча спільнота ESP-платформ активно розвивається, вона все ще поступається за обсягом документації, прикладів коду та навчальних матеріалів, що може створювати труднощі для початківців.

Потенційна нестабільність Wi-Fi-з'єднання в умовах перешкод є ще одним недоліком. Для зарядних станцій, де важливий надійний віддалений моніторинг, нестабільне з'єднання може порушити функціональність системи, особливо в міських умовах із великою кількістю бездротових мереж.

Як потужніше та дорожче рішення також використовують мікроконтролери на базі системи Teensy. Цей МК забезпечує можливість обробки складних обчислень і керування численними периферійними пристроями, що робить їх

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

ефективним вибором для створення складних зарядних станцій із розширеними функціями, такими як моніторинг у реальному часі та віддалене керування.

Teensy (рис. 1.8) - це серія мікроконтролерів від PJRC, які позиціонуються як компактні та потужні альтернативи Arduino. Наприклад, Teensy 4.1 оснащений 32-бітним процесором ARM Cortex-M7 із частотою 600 МГц, 8 МБ флеш-пам'яті та 1 МБ SRAM. Плати Teensy сумісні з Arduino IDE і підтримують більшість бібліотек Arduino.

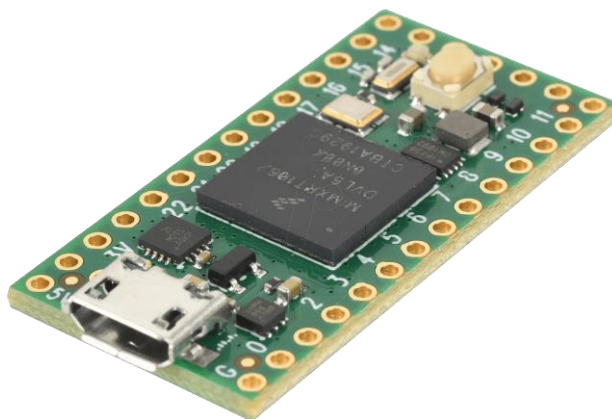


Рисунок 1.8 – мікроконтролер на базі PJRC Teensy 4.0.[7]

У порівнянні з Arduino мікроконтролери мають кілька суттєвих переваг. Вони забезпечують значно вищу продуктивність, що дозволяє обробляти складніші задачі та працювати з більшим обсягом даних. Це особливо важливо для зарядних станцій, де потрібна швидка обробка інформації від датчиків або виконання мережеских функцій.

Компактність цих мікроконтролерів робить їх надзвичайно привабливими для використання в вбудованих системах, де розмір відіграє ключову роль. Завдяки своїм невеликим габаритам вони легко інтегруються в обмежений простір, що дозволяє ефективно застосовувати їх у різних пристроях із суворими вимогами до дизайну. Така характеристика є особливою перевагою для створення портативних зарядних станцій, де важлива не лише функціональність, але й зручність транспортування.

Крім того, їхня компактність сприяє розробці естетично оформлених рішень, що важливе для сучасних технологій, де зовнішній вигляд пристрою може

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

впливати на його популярність серед користувачів. Це забезпечує гнучкість у проектуванні, дозволяючи інженерам оптимізувати простір і адаптувати систему під конкретні потреби, зберігаючи при цьому високу ефективність роботи.

Мікроконтролери вирізняються великою кількістю входів і виходів, а також підтримкою різноманітних апаратних інтерфейсів. Це забезпечує гнучкість у підключенні датчиків, дисплеїв чи інших периферійних пристроїв, що спрощує розробку функціональних зарядних станцій із розширеними можливостями.

Вбудований USB-контролер полегшує процес програмування, усуваючи потребу в додаткових адаптерах чи програматорах, що сприяє економії часу та ресурсів порівняно з деякими платами Arduino. Ця функція дозволяє розробникам швидко налаштовувати систему без зайвих витрат на периферійне обладнання, підвищуючи загальну ефективність роботи. Однак мікроконтролери цієї категорії зазвичай мають вищу вартість, що може стати значною перешкодою для бюджетних проєктів або початківців, які прагнуть мінімізувати витрати на старті.

Окрім того, менша спільнота користувачів ускладнює доступ до готових рішень і навчальних матеріалів, змушуючи розробників самостійно вирішувати технічні питання. Ще одним викликом є обмежена сумісність із шилдами Arduino через нестандартну форму факторів, що вимагає додаткових зусиль для адаптації компонентів і уповільнює процес прототипування..

1.3 Аналіз існуючих видів зарядних станцій та їх застосування

Зарядні станції - ключовий елемент інфраструктури для живлення портативних пристроїв, електротранспорту та систем з акумуляторами. Попит на енергоефективні, безпечні та універсальні рішення зростає через поширення смартфонів, планшетів, розумних годинників, електровелосипедів і електромобілів. Розвиток сонячних панелей робить зарядні станції актуальними, зменшуючи залежність від електромереж і екологічний вплив. Зарядні станції можна класифікувати за кількома критеріями: джерелом енергії, типом підключення та цільовим застосуванням.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні категорії включають:

1) Мережеві зарядні станції: Використовують електроенергію з побутової чи промислової мережі. Вони поширені в домашніх умовах, офісах і громадських місцях. Приклад - мережеві зарядні пристрої AnkerPowerPort (рис. 1.9).



Рисунок – 1.9 Мережевий зарядний пристрій Anker PowerPort.[8]

2) Сонячні зарядні станції: Живляться від фотоелектричних панелей, що перетворюють сонячне світло в електроенергію. Такі станції популярні в автономних системах, наприклад, для кемпінгу чи віддалених регіонів. Приклад портативна сонячна зарядна станція Goal Zero Nomad. (рис. 1.10).



Рисунок – 1.10 Портативна сонячна зарядна станція Goal Zero Nomad 20.[32]

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3) Гібридні зарядні станції: Комбінують кілька джерел енергії. Вони забезпечують гнучкість і надійність, наприклад, у регіонах із нестабільним електропостачанням.

Залежно від типу підключення зарядні станції можна класифікувати за кількома основними рішеннями. Провідні зарядні станції використовують кабелі з різними роз'ємами, такими як USB-A, USB-C, Lightning або спеціалізовані конектори. Цей тип підключення забезпечує надійну передачу енергії та широко застосовується для різних пристроїв, що робить його популярним вибором для багатьох користувачів.

Бездротові зарядні станції, що працюють за стандартом Qi, забезпечують зручну безконтактну зарядку для смартфонів і носимих пристроїв, але мають нижчу ефективність порівняно з провідними рішеннями. Універсальні станції поєднують провідні та бездротові інтерфейси, що підвищує їхню адаптивність для різних пристроїв.

Зарядні станції застосовуються в побуті, у польових умовах, у комерційних об'єктах, а також для електротранспорту.. В Україні у 2024 році кількість станцій для електромобілів досягла 1500. У віддалених регіонах сонячні станції живлять освітлення та медобладнання, а гібридні системи актуальні для аварійного живлення під час відключень.

Аналіз показав, що портативні сонячні та гібридні станції ідеально підходять для проєкту з Arduino завдяки автономності та екологічності. Вони дозволяють додати інтелектуальні функції але потребують оптимізації через обмеження Arduino. Це стане основою для проєктування з фокусом на безпеку, універсальність і енергоефективність.

1.4 Висновки до першого розділу

Проведений аналіз предметної області, мікроконтролерних систем і зарядних станцій визначив ключові аспекти для розробки програмно-технічного засобу

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зарядної станції на базі Arduino. Сучасний ринок демонструє зростання попиту на портативні зарядні пристрої та електротранспорт, підкреслюючи актуальність енергоефективних і екологічних рішень, зокрема з використанням сонячних панелей. В Україні, де електропостачання нестабільне, автономні зарядні станції є важливими для побутових і комерційних потреб.

Аналіз виявив проблеми комерційних станцій: недостатня інтелектуальність обмежена універсальність і висока вартість, що обґрунтовує потребу в доступному й універсальному рішенні.

Порівняння мікроконтролерів (Arduino, ESP32, ESP8266, Raspberry Pi) показало, що Arduino вирізняється низькою вартістю, простотою програмування в Arduino IDE та підтримкою спільноти, що ідеально для прототипування. Хоча вона поступається за продуктивністю ESP32 і Raspberry Pi, для економії ресурсів і швидкості розробки це оптимальний вибір.

Огляд зарядних станцій вказав на потенціал портативних сонячних і гібридних систем для інтеграції з Arduino, забезпечуючи автономність і надійність. Обмеження Arduino потребують ретельного підбору енергоефективних компонентів.

Результати аналізу підтверджують доцільність використання Arduino завдяки доступності й підтримці. Основні вимоги до проєкту: універсальність і енергоефективність. Ці аспекти стануть базою для подальшого проєктування.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ НА БАЗІ ARDUINO

2.1 Концепція та вимоги до програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino

Метою цього розділу є розробка концепції програмно-технічного засобу зарядної станції на базі мікроконтролерної платформи Arduino з використанням сонячної панелі як джерела енергії. Зарядна станція призначена для побутового використання, зокрема для зарядки портативних пристроїв у домашніх умовах або віддалених місцях. Система має забезпечувати енергоефективність, безпеку, універсальність і можливість моніторингу параметрів зарядки.

Проєктування включає вибір апаратних компонентів, розробку архітектури системи та опис алгоритмів роботи. Зарядна станція повинна забезпечувати стабільну зарядку пристроїв через стандартні інтерфейси USB-A та USB-C із вихідними параметрами 5 В і струмом до 2 А, що відповідає потребам більшості портативних гаджетів. Використання сонячної панелі потужністю 10-20 Вт як основного джерела енергії дозволяє системі працювати автономно, накопичуючи енергію в літій-іонних акумуляторах для забезпечення зарядки в умовах недостатнього освітлення, наприклад, уночі або в похмуру погоду. Для підвищення універсальності система має підтримувати різні типи пристроїв, автоматично адаптуючи параметри зарядки до їхніх вимог, щоб уникнути пошкодження акумуляторів. Важливою функцією є моніторинг параметрів зарядки в реальному часі, зокрема струму, напруги та температури, що дозволяє користувачеві контролювати процес і своєчасно реагувати на відхилення. Для цього передбачено виведення даних на компактний дисплей, який відображає поточний стан системи, включаючи рівень заряду акумулятора та споживану потужність. Безпека є аспектом, враховуючи потенційні ризики, пов'язані з використанням сонячної енергії та літій-іонних акумуляторів. Система має включати захист від

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

перевантаження, короткого замикання, перегріву та перезаряду, реалізований через апаратні та програмні засоби. Наприклад, релейний модуль повинен автоматично відключати зарядку в разі виявлення аварійних ситуацій, а датчики температури - запобігати перегріву акумулятора чи сонячної панелі. Для підвищення зручності передбачено можливість віддаленого керування та моніторингу через Bluetooth-з'єднання, що дозволяє користувачам отримувати дані про стан системи на смартфон і налаштовувати параметри зарядки через простий мобільний додаток. Це особливо актуально для використання в польових умовах або в громадських місцях, де потрібен дистанційний контроль.

З точки зору нефункціональних вимог, зарядна станція має бути компактною та портативною, щоб користувачі могли легко транспортувати її під час подорожей чи походів. Маса системи не повинна перевищувати 2 кг, а розміри 20×15×5 см, що забезпечує зручність зберігання та перенесення. Економічна ефективність є важливим фактором, враховуючи цільову аудиторію побутових користувачів і ентузіастів. Загальна вартість компонентів, включаючи Arduino, сонячну панель, акумулятори, датчики та модулі, не повинна перевищувати 100 доларів США, що робить систему конкурентоспроможною порівняно з комерційними аналогами. Простота використання є ще однією вимогою: інтерфейс системи має бути інтуїтивно зрозумілим для користувачів без спеціальної технічної підготовки, а налаштування - не вимагати складних процедур. Наприклад, підключення пристроїв до USB-портів і перегляд даних на дисплеї повинні бути максимально простими.

Енергоефективність системи спрямована на максимізацію використання сонячної енергії та мінімізацію втрат. Це досягається через застосування ефективного контролера заряду, який оптимізує накопичення енергії в акумуляторах, а також через використання енергоощадних компонентів, таких як OLED-дисплей із низьким споживанням. Надійність системи є критично важливою, особливо в умовах тривалого використання чи змінних погодних умов, що вимагає вибору якісних компонентів і ретельного тестування. Крім того,

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

враховуючи побутове застосування, система має бути естетично привабливою, з акуратним дизайном корпусу, що відповідає сучасним стандартам. Можливість модифікації також є бажаною: відкрита архітектура Arduino дозволяє користувачам додавати нові функції, такі як підтримка бездротової зарядки чи інтеграція з IoT-платформами, що підвищує гнучкість системи.

Таким чином, вимоги до зарядної станції поєднують функціональні можливості, необхідні для ефективної зарядки та моніторингу, із нефункціональними характеристиками, що забезпечують портативність, економічність і простоту використання. Ці вимоги враховують сучасні ринкові тенденції, зокрема зростання попиту на автономні та екологічні рішення, а також специфіку платформи Arduino, яка забезпечує доступність і гнучкість для реалізації прототипу. Вони стануть основою для подальшого вибору компонентів та розробки архітектури.

2.2 Вибір апаратних компонентів

Для реалізації зарядної станції обрано апаратні компоненти, які відповідають вимогам економічності, сумісності з Arduino та функціональності. Мікроконтролером слугує Arduino Uno R3 (рис. 2.1). Я обрав його основну платформу через його універсальність, простоту програмування та широку підтримку спільнотою. Цей мікроконтролер на базі ATmega328P має достатньо аналогових (6) і цифрових (14) входів/виходів для підключення датчиків, дисплея та виконавчих пристроїв. Його робоча напруга 5 В сумісна з усіма компонентами системи, а вбудований АЦП із роздільною здатністю 10 біт забезпечує точне зчитування сигналів від датчиків. Arduino Uno підтримує інтерфейс I2C для OLED-дисплея та послідовний інтерфейс для Bluetooth, що відповідає вимогам проєкту. Arduino Uno вирізняється простотою програмування завдяки інтуїтивному середовищу Arduino IDE та великій кількості бібліотек, що значно прискорило розробку програмного забезпечення. Економічна доступність Arduino Uno також зіграла ключову роль, оскільки зарядна станція розроблялася як бюджетне рішення

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для використання сонячної енергії. Я розглядав альтернативні платформи, такі як Arduino Mega або ESP32, але віддав перевагу Uno через достатню функціональність для поставлених завдань, меншу складність і нижчу вартість. Arduino Uno ідеально відповідає вимогам портативної зарядної станції, забезпечуючи баланс між продуктивністю, енергоефективністю та простотою інтеграції з іншими компонентами системи.

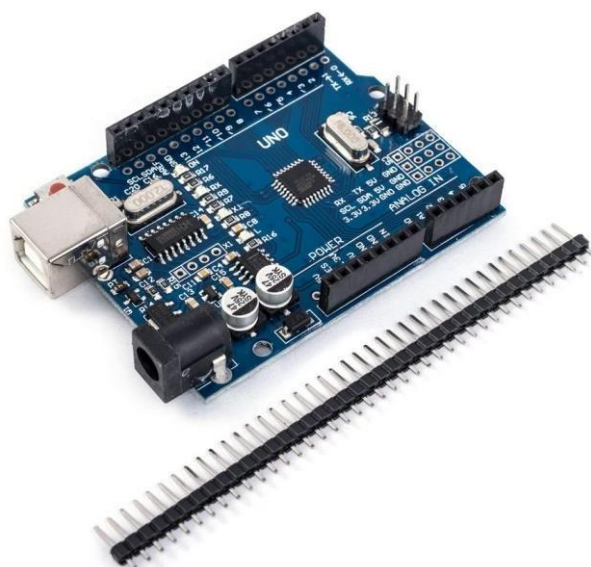


Рисунок 2.1 – Arduino Uno R3.[1]

Для забезпечення живлення зарядної станції я обрав сонячну панель потужністю 10 Вт і номінальною напругою 12 В, яка слугує основним джерелом енергії системи. Цей компонент відповідає потребам портативної зарядної станції, призначеної для зарядки пристроїв через USB-інтерфейс із вихідною напругою 5 В і струмом до 2 А. Сонячна панель із вихідною напругою 12 В дозволяє ефективно генерувати енергію навіть за умов помірної освітленості, а її потужність 10 Вт забезпечує достатній запас для живлення системи та зарядки зовнішніх пристроїв, таких як смартфони чи планшети. Вибір панелі з такими характеристиками

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

зумовлений кількома факторами. Напруга 12 В є стандартною для багатьох сонячних систем, що полегшує інтеграцію з регулятором напруги, який стабілізує вихід до 5 В для безпечної роботи Arduino Uno та підключених компонентів. Потужність 10 Вт є оптимальною для портативної станції, оскільки забезпечує баланс між продуктивністю та компактними розмірами, що важливо для мобільного використання. Розміри панелі, які зазвичай не перевищують 35×25 см для моделей такої потужності, дозволяють легко транспортувати систему, що відповідає вимогам зручності для користувачів. Сонячні панелі потужністю 10 Вт є економічно доступними, що знижує загальну вартість проєкту, роблячи його привабливим для широкого застосування. Я також враховував сумісність панелі з мікроконтролером: вихідна напруга зчитується через аналоговий вхід А0 після масштабування за допомогою дільника напруги, щоб відповідати діапазону 0-5 В, який підтримує АЦП Arduino. Це дозволяє точно моніторити напругу в межах 0-5.5 В і реалізовувати функцію захисту від перевищення. Під час вибору я порівнював панелі різної потужності, зокрема 5 Вт і 20 Вт. Менш потужна панель не гарантувала стабільного живлення за слабого освітлення, тоді як панель на 20 Вт була дорожчою і менш компактною, що суперечило вимогам портативності. Сонячна панель на 10 Вт, 12 В виявилась оптимальним рішенням, забезпечуючи достатню енергію, простоту інтеграції та відповідність технічним і економічним вимогам зарядної станції.

Для управління зарядкою літій-іонного акумулятора в зарядній станції я обрав контролер заряду TP4056 (рис. 2.2), який забезпечує ефективно та безпечно живлення системи від сонячної панелі. TP4056 - це інтегральна мікросхема, призначена для зарядки одноелементних літій-іонних або літій-полімерних акумуляторів із номінальною напругою 3.7 В, що ідеально підходить для портативної зарядної станції, яка живить USB-пристрої з вихідною напругою 5 В і струмом до 2 А. Цей контролер підтримує вхідну напругу від 4.5 В до 6 В, що сумісно з вихідною напругою сонячної панелі після стабілізації через регулятор напруги або понижуючий перетворювач. TP4056 забезпечує струм зарядки до 1 А,

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що дозволяє швидко та ефективно заряджати акумулятори ємністю 1000-3000 мА·год, які зазвичай використовуються в портативних системах. Вибір TP4056 зумовлений кількома ключовими факторами. Контролер має вбудований захист від перезаряду та перерозряду, що підвищує безпеку та довговічність акумулятора, запобігаючи його пошкодженню під час роботи в змінних умовах сонячного освітлення. TP4056 вирізняється високою ефективністю зарядки (до 90%), що максимізує використання енергії від сонячної панелі, що є критично важливим для енергоефективної системи. Модуль TP4056 є компактним і економічно доступним, що відповідає вимогам портативності та бюджетності проєкту. Я також враховував простоту інтеграції: TP4056 підключається до сонячної панелі через вхідні піни, до акумулятора через піни а вихідна напруга з акумулятора стабілізується до 5 В через додатковий підвищуючий перетворювач для живлення Arduino Uno та інших компонентів. Контролер оснащений світлодіодними індикаторами, які сигналізують про стан зарядки що полегшує діагностику системи.

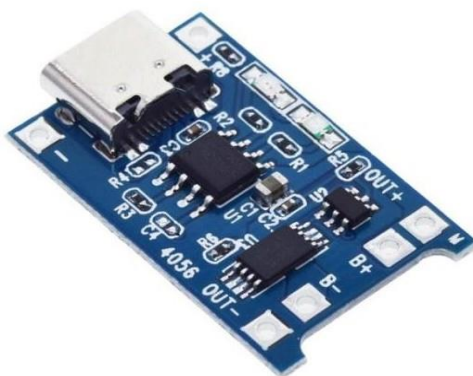


Рисунок 2.2 – Контролер заряду TP4056.[15]

Для накопичення енергії використано два літій-іонних акумулятори 18650, які забезпечують зарядку в умовах недостатнього освітлення. Моніторинг

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

параметрів здійснюють датчики струму, напруги та температури, які забезпечують контроль за станом зарядної станції та безпечну експлуатацію системи.

Для вимірювання струму в зарядній станції я обрав датчик струму ACS712 (рис. 2.3), який підключений до аналогового входу A2 мікроконтролера Arduino Uno. Цей датчик забезпечує точне визначення струму зарядки в межах 0-2 А, що є критичним для моніторингу роботи системи та реалізації функцій захисту від перевантаження. ACS712 базується на ефекті Холла і здатен вимірювати як постійний, так і змінний струм, що робить його універсальним для використання в системах із сонячною енергією. Я вибрав модель ACS712 із діапазоном вимірювання ± 5 А, оскільки вона охоплює необхідний діапазон струму з достатнім запасом, забезпечуючи високу точність. Датчик видає аналоговий вихідний сигнал із чутливістю 185 мВ/А що відповідає напрузі 0-5 В, сумісній із аналогово-цифровим перетворювачем Arduino Uno. При нульовому струмі вихідна напруга становить приблизно 2.5 В, що дозволяє легко відрізнити позитивні та негативні значення струму.

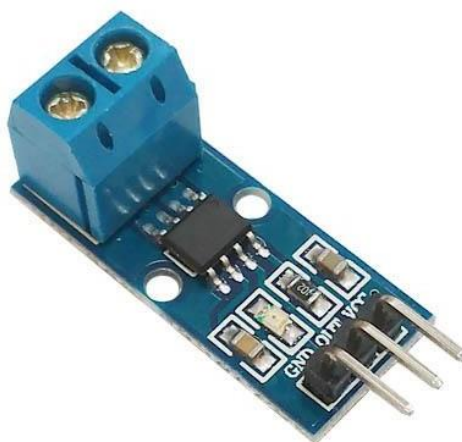


Рисунок 2.3 – датчик струму ACS712.[16]

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Вибір ACS712 був зумовлений кількома факторами. Його висока точність і низький рівень шумів забезпечують надійне вимірювання струму, що необхідно для виявлення перевищення граничного значення 2 А та активації захисних механізмів. ACS712 працює від напруги 5 В, яка відповідає живленню Arduino Uno та інших компонентів системи, таких як контролер заряду TP4056 і OLED-дисплей SSD1306, що спрощує схему живлення. Датчик є компактним і економічно доступним, що відповідає вимогам портативності та бюджетності проєкту. Підключення ACS712 до системи нескладне: він інтегрується в ланцюг між контролером заряду TP4056 і акумулятором, а вихідний сигнал подається на пін A2 Arduino для обробки. Програмно вихідна напруга датчика масштабується для отримання значення струму в амперах, що дозволяє відображати дані на дисплеї та контролювати безпеку системи.

Для вимірювання температури в зарядній станції я обрав цифровий датчик DS18B20 (рис. 2.4), підключений до цифрового входу D3 мікроконтролера Arduino Uno через однопровідний інтерфейс. Цей датчик забезпечує точне визначення температури навколишнього середовища в межах від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, що охоплює необхідний діапазон до 50°C для контролю безпеки системи та захисту акумулятора від перегріву. DS18B20 видає цифровий сигнал із роздільною здатністю до 12 біт, що відповідає точності $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$, достатній для надійного моніторингу умов експлуатації зарядної станції. Вибір цього датчика зумовлений його високою точністю, яка гарантує коректне виявлення критичних температур, що можуть вплинути на роботу літій-іонного акумулятора, керованого контролером заряду TP4056. DS18B20 живиться від напруги 3.0-5.5 В, що відповідає живленню Arduino Uno, і споживає мінімальний струм, сприяючи енергоефективності портативної системи. Компактні розміри датчика дозволяють легко інтегрувати його в конструкцію зарядної станції, зокрема для розміщення поблизу акумулятора чи інших теплочутливих компонентів. Інтерфейс 1-Wire забезпечує економію пінів Arduino, дозволяючи підключити кілька датчиків до одного цифрового входу, хоча в цьому проєкті

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується лише один DS18B20 для моніторингу температури. Підключення до піна D3 через підтягуючий резистор номіналом 4.7 кОм забезпечує стабільний зв'язок, а бібліотека DallasTemperature спрощує зчитування даних у програмному забезпеченні.

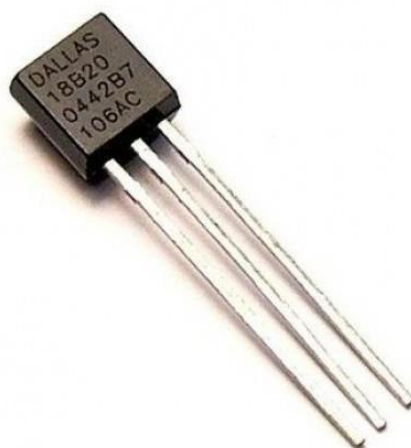


Рисунок 2.4 – Датчик температури DS18B20.[11]

Для відображення параметрів роботи зарядної станції я обрав OLED-дисплей (рис. 2.5.) із діагоналлю 0,96 дюйма та роздільною здатністю 128×64 пікселі, підключений до мікроконтролера Arduino Uno через інтерфейс I2C. Цей дисплей забезпечує чітке виведення значень напруги, струму, температури та статусу системи, що дозволяє користувачеві зручно контролювати стан зарядної станції. OLED-технологія, заснована на органічних світлодіодах, забезпечує високу контрастність і чіткість зображення навіть за яскравого зовнішнього освітлення, що важливо для портативної системи, яка може використовуватися на відкритому повітрі. Дисплей працює від напруги 3.3-5 В, що відповідає живленню Arduino Uno, і споживає мінімальний струм сприяючи енергоефективності системи, яка живиться від сонячної панелі через контролер заряду TP4056. Компактні розміри дисплея ідеально підходять для інтеграції в портативну зарядну станцію, не

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшуючи її габаритів. Інтерфейс I2C був обраний через його економію пінів: лише два піни Arduino забезпечують зв'язок із дисплеєм, залишаючи інші піни вільними для датчика струму ACS712 (A2), датчика температури DS18B20 (D3) та інших компонентів.. Вибір OLED-дисплея 0,96 дюйма ґрунтувався на його високій якості зображення, що забезпечує читабельність даних у різних умовах, і низькому енергоспоживанні, яке критично важливе для системи з обмеженим джерелом енергії. який є компактним і енергоефективним.

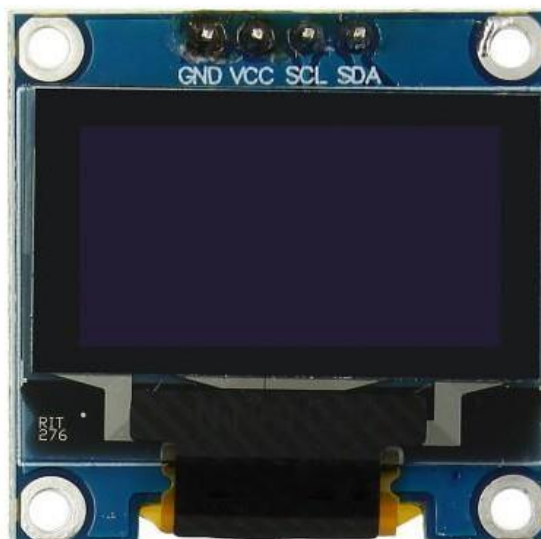


Рисунок 2.5 – OLED-дисплей.[19]

Для забезпечення віддаленого доступу до даних зарядної станції обрано Bluetooth-модуль HC-05, який зображено на рис. 2.6. Цей модуль підключений до мікроконтролера Arduino Uno через апаратний послідовний інтерфейс, що дозволяє ефективно передавати ключові параметри системи, такі як напруга, струм, температура та статус безпеки, на зовнішні пристрої, наприклад, смартфони, планшети або комп'ютери. Такий підхід забезпечує зручний моніторинг роботи зарядної станції без необхідності фізичного доступу до неї, що є особливо цінним для портативних систем, призначених для використання в побутових, польових або комерційних умовах. Модуль HC-05 працює за стандартом Bluetooth 2.0+EDR

(Enhanced Data Rate), що гарантує стабільний зв'язок на відстані до 10 метрів у відкритому просторі. Ця відстань є достатньою для більшості сценаріїв використання портативної зарядної станції, наприклад, під час туристичних походів, у домашніх умовах або в невеликих комерційних об'єктах, таких як кафе чи офіси.

Bluetooth-модуль HC-05 (рис 2.6) підтримує швидкість передачі даних у діапазоні від 9600 до 115200 бод, що повністю відповідає потребам зарядної станції для передачі текстових даних у реальному часі. Наприклад, параметри напруги, струму та температури, отримані від датчиків, передаються у компактному форматі, що забезпечує швидке оновлення інформації на пристрої користувача. Живлення модуля HC-05 здійснюється від напруги в межах 3.6-6 В, але завдяки вбудованому регулятору напруги зазвичай використовується стандартний рівень 5 В, який є сумісним із живленням Arduino Uno, контролера заряду TP4056, OLED-дисплея розміром 0,96 дюйма та інших компонентів системи. Споживання струму модуля становить приблизно 30 мА під час активного з'єднання, що має мінімальний вплив на загальну енергоефективність зарядної станції, яка живиться від сонячної панелі потужністю 10 Вт. Така енергоефективність дозволяє системі працювати тривалий час навіть за умов обмеженого сонячного освітлення, що є важливим для автономних застосувань.

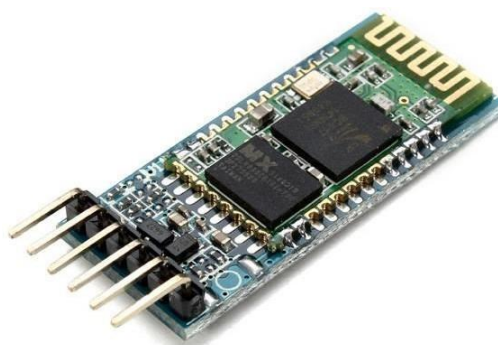


Рисунок 2.6 – Bluetooth-модуль HC-05[23]

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Компактні розміри Bluetooth-модуля HC-05 сприяють його легкій інтеграції в конструкцію зарядної станції без збільшення загальних габаритів. Це робить модуль ідеальним вибором для портативних систем, де важливими є мінімальна вага та розміри. HC-05 працює в режимі веденого (slave), що спрощує його підключення до зовнішніх пристроїв, таких як смартфони чи комп'ютери, через стандартні Bluetooth-додатки, наприклад, термінальні програми для Android чи ПК. Такі програми дозволяють користувачам легко налаштувати зв'язок і отримувати дані без необхідності розробки складного програмного забезпечення. У програмному забезпеченні зарядної станції, реалізованому в середовищі Arduino IDE мовою C++, дані від датчиків напруги (через дільник напруги), струму (від ACS712, підключеного до аналогового входу A2) і температури (від DS18B20, підключеного до цифрового входу D3) формуються у зручний текстовий вигляд. Ці дані передаються через послідовний інтерфейс за командою, яка може надходити від зовнішнього пристрою, наприклад, після натискання кнопки в додатку або за таймером із періодичністю, визначеною програмою, наприклад, кожні 2 секунди.

Вибір модуля HC-05 був обґрунтований шляхом порівняння з іншими рішеннями, такими як Bluetooth-модуль HC-06 і мікроконтролер ESP32 із вбудованим Bluetooth. Модуль HC-06 є дешевшим за HC-05, але його функціональність обмежена режимом веденого, і він має меншу гнучкість у налаштуванні, що робить його менш універсальним для проєктів, де може знадобитися конфігурація зв'язку. Наприклад, HC-05 дозволяє перемикатися між режимами веденого та ведучого, що забезпечує додаткові можливості для розширення функціональності в майбутньому, наприклад, для створення мережі з кількох зарядних станцій. Мікроконтролер ESP32, який підтримує Bluetooth Low Energy (BLE) і Wi-Fi, пропонує ширші можливості для мережевої взаємодії, включаючи підключення до хмарних сервісів або створення локальних мереж. Однак ESP32 є дорожчим і складнішим у програмуванні для простих завдань передачі даних, що не виправдовує його використання в даному проєкті, де

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пріоритетом є економічність і простота реалізації. Крім того, ESP32 має вище енергоспоживання в режимі активного Bluetooth-з'єднання, що може негативно вплинути на автономність системи, яка живиться від сонячної енергії.

Інтеграція HC-05 із Arduino Uno та іншими компонентами зарядної станції є гармонійною завдяки сумісності апаратних і програмних інтерфейсів. Модуль підключається до пінів TX і RX мікроконтролера через апаратний послідовний інтерфейс, що забезпечує надійну передачу даних із мінімальними затримками. У програмному забезпеченні дані від датчиків обробляються та форматуються для передачі у вигляді текстових рядків, наприклад, у форматі «напруга: 5.0 В, струм: 1.5 А, температура: 25°C, статус: Safe». Такий формат є інтуїтивно зрозумілим для користувачів і сумісним із більшістю термінальних додатків. Для підвищення надійності передачі програма включає механізми перевірки цілісності даних, такі як відправка контрольних сум або повторна передача у разі втрати зв'язку. Це особливо важливо в умовах, де можуть виникати перешкоди, наприклад, у міських середовищах із великою кількістю бездротових пристроїв.

Використання Bluetooth-модуля HC-05 забезпечує зручний і доступний спосіб віддаленого моніторингу зарядної станції, що підвищує її практичність у реальних умовах. Користувачі можуть отримувати дані про стан системи в реальному часі, наприклад, під час використання станції в польових умовах або в домашньому середовищі, що дозволяє оперативно реагувати на нештатні ситуації, такі як перевищення температури чи струму. Компактність, енергоефективність і простота інтеграції HC-05 роблять його оптимальним вибором для даної зарядної станції. Цей компонент гармонійно взаємодіє з іншими елементами системи, такими як контролер заряду TP4056, OLED-дисплей і датчики, забезпечуючи стабільну роботу та доступність даних для користувача. Розроблене рішення створює міцну основу для подальшого вдосконалення системи, наприклад, шляхом додавання підтримки інших протоколів зв'язку або інтеграції з мобільними додатками для розширеного керування та аналізу даних.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково використано DC-DC понижуючий перетворювач (5 В, 2 А) для стабілізації вихідної напруги, релейний модуль для аварійного відключення, а також корпус, макетну плату і дроти.

2.3 Розробка апаратної архітектури системи

Архітектура зарядної станції, розробленої на базі мікроконтролера Arduino Uno, спроектована для забезпечення надійного, ефективного та безпечного живлення портативних пристроїв за допомогою сонячної енергії. Система поєднує апаратні компоненти та програмне забезпечення, створюючи цілісне рішення, здатне виконувати ключові функції: генерацію та накопичення енергії, моніторинг параметрів роботи, захист від нештатних ситуацій і надання зручного доступу до даних. Інтеграція апаратного та програмного забезпечення формує гнучку архітектуру, яка може бути адаптована до різних умов експлуатації, зокрема в регіонах із нестабільним електропостачанням, таких як Україна.

Апаратна частина системи базується на мікроконтролері Arduino Uno, який обробляє дані та координує роботу компонентів. Його обрано за доступність, простоту та підтримку спільноти, що спрощує прототипування й модифікацію. Arduino Uno приймає сигнали від датчиків, керує пристроями та забезпечує стабільну взаємодію. Сонячна панель потужністю 10 Вт живить систему, ефективно працюючи в помірному кліматі, хоча продуктивність залежить від погоди та часу доби.

Енергія, отримана від сонячної панелі, надходить до контролера заряду TP4056 через понижуючий перетворювач, який стабілізує напругу до 5 В, необхідних для роботи більшості компонентів системи. Контролер TP4056 відіграє роль у керуванні зарядкою літій-іонного акумулятора, який використовується для накопичення енергії. Цей контролер забезпечує захист від перезаряду, перерозряду та короткого замикання, що підвищує безпеку та подовжує термін служби акумулятора. Літій-іонний акумулятор, у свою чергу, слугує резервним джерелом

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення, що дозволяє системі працювати навіть за відсутності сонячного світла, наприклад, у нічний час або в похмуру погоду.

Датчики, інтегровані з мікроконтролером Arduino Uno, відіграють ключову роль у забезпеченні моніторингу основних параметрів роботи зарядної станції, що дозволяє підтримувати її ефективність і безпеку. Ці датчики вимірюють струм, напругу та температуру, що є критично важливими для оцінки стану системи та запобігання аварійним ситуаціям. Наприклад, датчики струму та напруги дають змогу відстежувати ефективність зарядки, що дозволяє оптимізувати процес передачі енергії до підключених пристроїв. Датчик температури відіграє важливу роль у запобіганні перегріванню компонентів, таких як акумулятор чи контролер заряду, що підвищує надійність і довговічність системи. Програмне забезпечення, розроблене для Arduino в середовищі Arduino IDE мовою C++, обробляє дані, отримані від датчиків, і забезпечує логіку роботи системи, координуючи взаємодію між усіма компонентами. Воно реалізує функції автоматичного відключення у разі перевантаження, відображення параметрів на дисплеї та передачу даних через бездротовий зв'язок. Така інтеграція апаратних і програмних компонентів створює надійну, енергоефективну та функціональну зарядну станцію, яка може бути адаптована до різних сценаріїв використання, від побутового заряджання смартфонів до комерційних застосувань, таких як зарядні хаби в громадських місцях, або автономних рішень для віддалених регіонів.

Моніторинг параметрів системи здійснюється за допомогою трьох ключових датчиків, кожен із яких виконує специфічну функцію. Датчик струму ACS712, підключений до аналогового входу A2 мікроконтролера Arduino Uno, вимірює силу струму в зарядному ланцюзі в діапазоні від 0 до 2 А. Цей датчик видає аналоговий сигнал із чутливістю 185 мВ/А, що дозволяє точно оцінити струм, який проходить через систему. Напруга від сонячної панелі зчитується через аналоговий вхід A0, але для відповідності діапазону Arduino (0-5 В) використовується дільник напруги, який масштабує сигнал із діапазону 0-15 В. У програмному забезпеченні встановлено обмеження на максимальну напругу 5.5 В, що відповідає стандартам

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

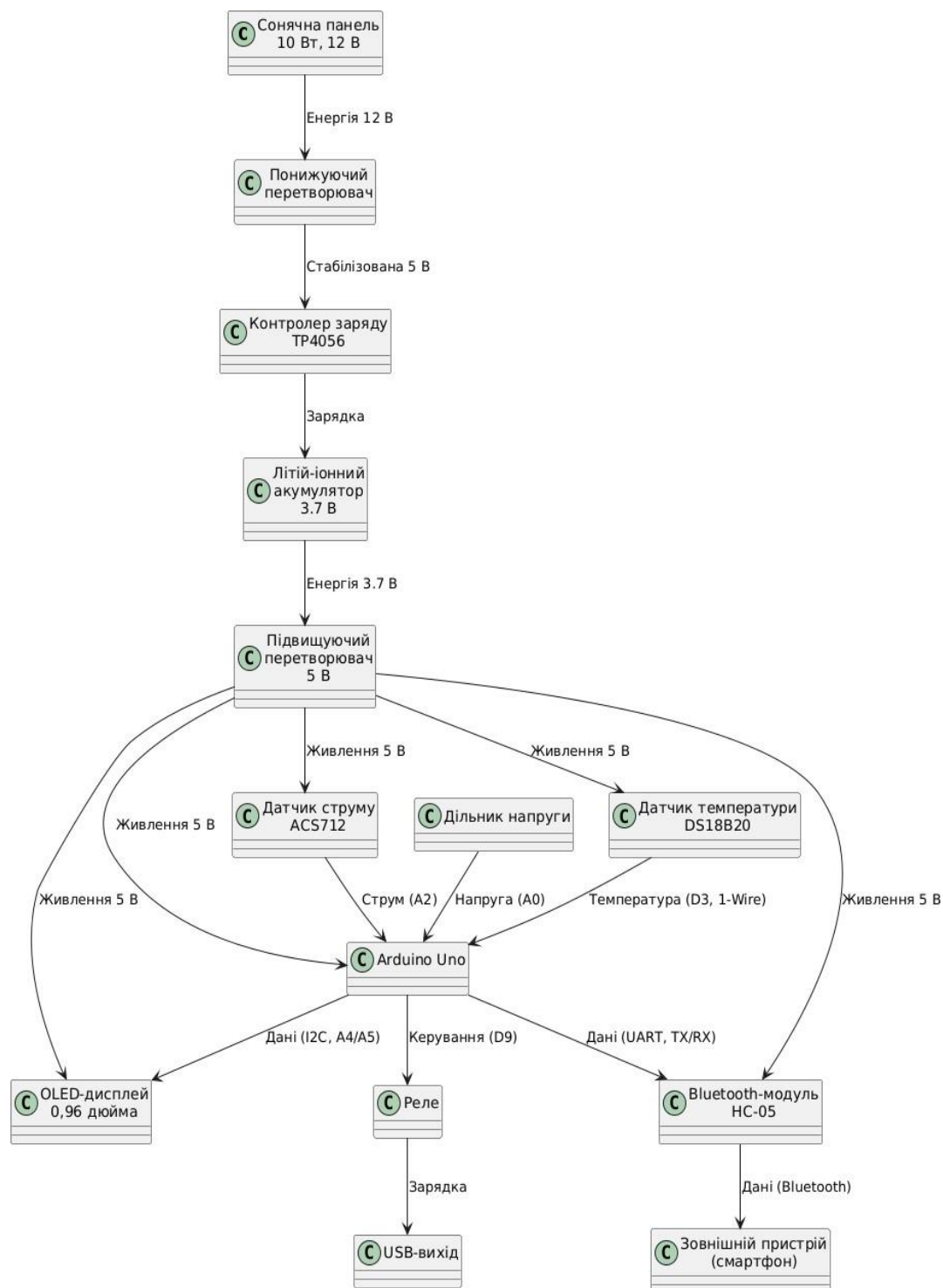
безпечної USB-зарядки, щоб уникнути пошкодження підключених пристроїв. Датчик температури DS18B20, підключений до цифрового входу D3 через однопровідний інтерфейс із підтягуючим резистором номіналом 4.7 кОм, забезпечує вимірювання температури в діапазоні до 50°C із точністю $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Цей датчик відіграє важливу роль у моніторингу теплового стану системи, запобігаючи перегріванню акумулятора, контролера заряду чи інших компонентів, що може статися через інтенсивне використання або несприятливі зовнішні умови, наприклад, високу температуру навколишнього середовища. Виконавчі пристрої зарядної станції включають реле, підключене до цифрового виходу D9 мікроконтролера Arduino Uno. Це реле керує підключенням зарядного ланцюга до USB-виходу, дозволяючи вмикати або вимикати зарядку залежно від стану системи. Програмне забезпечення аналізує дані від датчиків і, у разі перевищення встановлених меж - напруги вище 5.5 В, струму вище 2 А або температури вище 50°C, - вимикає реле, розриваючи зарядний ланцюг. Такий механізм забезпечує захист системи від перевантаження, перегріву чи інших аварійних ситуацій, що підвищує безпеку як для апаратних компонентів, так і для підключених пристроїв. Для відображення даних використовується OLED-дисплей із діагоналлю 0,96 дюйма, підключений до Arduino через інтерфейс I2C за допомогою пінів A4 і A5. Цей дисплей оновлюється кожні 2 секунди і відображає поточні значення напруги, струму, температури та статус системи («Safe» або «Error»). Використання бібліотеки U8g2 оптимізує відображення інформації з компактними шрифтами для чіткості на маленькому екрані. При перевищенні температури статус «Error» миготить для попередження користувача.

Bluetooth-модуль HC-05, підключений до Arduino Uno через піни TX і RX, забезпечує віддалений доступ, передаючи напругу, струм, температуру та статус безпеки на смартфони чи ПК зі швидкістю 9600 бод. Дані надсилаються за командою чи таймером із програмною фільтрацією для точності.

Блок-схема (рис. Б-С. 2.1): сонячна панель живить систему через TP4056 і акумулятор. Датчики ACS712, DS18B20, дільник напруги передають дані через

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналогові та цифрові інтерфейси. Реле на D9 керує зарядкою, OLED-дисплей показує параметри, HC-05 забезпечує віддалений доступ. Програмне забезпечення гарантує безпеку та енергоефективність.



Блок-схема 2.1 – Апаратна архітектура зарядної станції.

2.4 Опис алгоритмів роботи зарядної станції

Алгоритми роботи зарядної станції, побудованої на базі мікроконтролера Arduino Uno, забезпечують ефективну координацію апаратних компонентів, обробку даних із датчиків, перевірку безпеки системи та зручну передачу інформації користувачеві. Програмне забезпечення, розроблене мовою C++ у середовищі Arduino IDE, структуроване для виконання послідовних операцій, які охоплюють ініціалізацію системи, періодичне зчитування параметрів, аналіз умов безпеки, виведення даних на локальний дисплей і передачу їх через бездротовий зв'язок. Кожен алгоритм ретельно розроблений для оптимального використання обмежених ресурсів мікроконтролера, що дозволяє забезпечити стабільну та надійну роботу системи в реальних умовах, включаючи нестабільне сонячне освітлення чи електромагнітні перешкоди. Такий підхід робить зарядну станцію практичною для використання в побутових, комерційних і автономних сценаріях, що є особливо актуальним в умовах енергетичних викликів в Україні.

Робота системи поділяється на кілька ключових етапів, які включають ініціалізацію, обробку даних і керування виведенням інформації. На етапі ініціалізації програма налаштовує апаратні компоненти для забезпечення їхньої коректної взаємодії з мікроконтролером. Аналогові входи A0 і A2 конфігуруються для зчитування даних від сонячної панелі та датчика струму ACS712 відповідно. Аналоговий вхід A0 отримує сигнал, який відповідає напрузі від сонячної панелі, тоді як A2 обробляє дані від датчика ACS712 для вимірювання струму. Цифровий вхід D3 налаштовується для зв'язку з датчиком температури DS18B20 через однопровідний інтерфейс, що забезпечує точне зчитування температури. Вихідний пін D9 ініціалізується для керування реле, яке відповідає за вмикання або вимикання USB-зарядки. Для зв'язку з OLED-дисплеєм розміром 0,96 дюйма використовуються піни A4 і A5 через інтерфейс I2C, що забезпечує ефективну передачу даних із мінімальним використанням ресурсів. Піни TX і RX налаштовуються для апаратного послідовного інтерфейсу з Bluetooth-модулем HC-05, який забезпечує бездротовий зв'язок із зовнішніми пристроями. Для роботи з

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компонентами використовуються бібліотеки DallasTemperature для датчика DS18B20, U8g2 для керування дисплеєм і Wire для підтримки I2C-зв'язку. На початку роботи на дисплеї відображається повідомлення «Starting...», що сигналізує про успішну ініціалізацію, а реле встановлюється в увімкнений стан, припускаючи безпечні початкові умови роботи системи.

Основний цикл програми виконується з періодичністю 2 секунди і відповідає за зчитування, обробку та аналіз даних із датчиків. На цьому етапі програма отримує аналогові сигнали з пінів A0 і A2. Сигнал із A0, який відповідає напрузі від сонячної панелі, масштабується з діапазону 0-5 В до діапазону 0-15 В із коефіцієнтом 3, що враховує використання дільника напруги, і обмежується значенням 5.5 В для забезпечення безпеки USB-зарядки. Сигнал із A2, отриманий від датчика струму ACS712, перетворюється в значення струму з урахуванням чутливості датчика 185 мВ/А та базової напруги 2.5 В при нульовому струмі. Це дозволяє точно оцінити силу струму в системі. Температура зчитується з датчика DS18B20 у цифровому форматі через бібліотеку DallasTemperature із роздільною здатністю 12 біт, що забезпечує точність вимірювань $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Отримані значення напруги, струму та температури порівнюються з встановленими граничними межами: 5.5 В для напруги, 2 А для струму та 50°C для температури. Ці межі обрано для захисту системи та підключених пристроїв від аварійних ситуацій, таких як перевантаження чи перегрів.

Перевірка безпеки системи є критично важливим етапом алгоритму, який захищає апаратні компоненти та підключені пристрої від пошкоджень. Програма аналізує дані, отримані з датчиків: напругу через аналоговий вхід A0 за допомогою дільника напруги, струм через A2 від датчика ACS712 і температуру через цифровий вхід D3 від датчика DS18B20. Ці значення порівнюються з граничними межами, щоб визначити статус системи: «Safe» у разі відповідності нормам або «Error» при їх перевищенні. Якщо параметри знаходяться в межах норми (напруга до 5.5 В, струм до 2 А, температура до 50°C), програма залишає реле на цифровому виході D9 увімкненим, дозволяючи продовжувати зарядку через USB-вихід. У разі

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищення хоча б одного з параметрів програма змінює статус на «Error» і вимикає реле, розриваючи зарядний ланцюг, що запобігає пошкодженню акумулятора чи підключених пристроїв. Для підвищення надійності застосовується програмна фільтрація даних, яка усуває шум і неточності вимірювань. Наприклад, значення напруги нижче 0.1 В округляються до 0.1 В, температура обмежується 50°C, а значення струму усереднюються за кількома вимірами, щоб компенсувати електромагнітні перешкоди чи нестабільність сигналів. Ці методи забезпечують стабільність роботи алгоритму навіть у змінних умовах, таких як коливання сонячного освітлення чи зовнішні перешкоди.

Виведення даних реалізовано для забезпечення зручного моніторингу та діагностики системи як локально, так і дистанційно. Локально дані відображаються на OLED-дисплеї, підключеному через I2C до пінів A4 і A5. Дисплей оновлюється кожні 2 секунди, показуючи значення напруги, струму, температури та статус системи («Safe» або «Error»). Бібліотека U8g2 використовує оптимізовані шрифти, які забезпечують чітке відображення даних у компактному форматі. У разі статусу «Error» текст на дисплеї миготить, щоб привернути увагу користувача до потенційної проблеми. Для дистанційного моніторингу використовується Bluetooth-модуль HC-05, підключений до пінів TX і RX, який передає дані зі швидкістю 9600 бод за командою від зовнішнього пристрою, наприклад, через термінальний додаток на смартфоні. Дані надсилаються у форматі «Safe/Error» разом із значеннями напруги, струму та температури, що забезпечує сумісність із різними мобільними додатками. Для діагностичних цілей необроблені значення датчиків виводяться в послідовний порт Arduino, що дозволяє розробникам аналізувати сигнали під час тестування системи.

Ці алгоритми забезпечують комплексний контроль роботи зарядної станції, поєднуючи ефективну обробку даних, надійні механізми безпеки та зручні способи взаємодії з користувачем. Оптимізація використання ресурсів мікроконтролера дозволяє системі працювати стабільно навіть за умов обмеженої обчислювальної потужності Arduino Uno. Програмна фільтрація даних і періодичне зчитування

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

параметрів підвищують точність і надійність системи, що є критично важливим для її використання в реальних умовах. Локальне відображення даних на OLED-дисплеї та дистанційна передача через Bluetooth-модуль забезпечують гнучкість у моніторингу, роблячи систему практичною для різних сценаріїв, від побутового використання до автономних застосувань у регіонах із нестабільним електропостачанням. Розроблені алгоритми створюють міцну основу для подальшого вдосконалення та тестування зарядної станції, дозволяючи адаптувати її до конкретних потреб користувачів.

2.5 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено детальну концепцію програмно-технічного засобу зарядної станції на базі мікроконтролера Arduino Uno, що є основою для створення ефективного, економічного та автономного рішення для зарядки портативних пристроїв. Цей розділ включає визначення вимог до системи, обґрунтування вибору апаратних компонентів, розробку архітектури та програмного забезпечення, а також аналіз алгоритмів, які забезпечують стабільну та безпечну роботу системи. Концепція орієнтована на забезпечення енергоефективності, портативності та економічності, що робить зарядну станцію придатною для використання в різних умовах, включаючи побутові, комерційні та автономні сценарії, особливо актуальні в Україні через нестабільність електропостачання.

Основою апаратної архітектури є мікроконтролер Arduino Uno, який обрано завдяки його доступності, простоті використання та широкій підтримці спільноти розробників. Цей мікроконтролер виконує роль центрального вузла, координуючи роботу всіх компонентів системи, включаючи датчики, дисплей і модулі зв'язку. Джерелом енергії слугує сонячна панель потужністю 10 Вт із номінальною напругою 12 В, яка забезпечує автономне живлення системи за рахунок перетворення сонячної енергії в електричну. Вибір сонячної панелі зумовлений її здатністю працювати в умовах помірного клімату, що дозволяє використовувати

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

систему в різних регіонах, хоча продуктивність залежить від рівня освітлення та погодних умов.

Для стабілізації та безпечної обробки енергії від сонячної панелі використовується контролер заряду TP4056, який керує зарядкою літій-іонного акумулятора. Цей контролер забезпечує захист від перезаряду, перерозряду та короткого замикання, що підвищує безпеку системи та подовжує термін служби акумулятора. Літій-іонний акумулятор накопичує енергію, дозволяючи зарядній станції працювати автономно навіть у нічний час або за відсутності сонячного світла. Для стабільного живлення компонентів системи застосовується понижуючий і підвищуючий перетворювачі, які забезпечують вихідну напругу 5 В, необхідну для роботи Arduino Uno, датчиків, дисплея та модуля зв'язку.

Моніторинг параметрів зарядної станції забезпечується датчиками струму ACS712, температури DS18B20 і дільником напруги, підключеними до Arduino Uno через аналогові та цифрові інтерфейси. Вони вимірюють струм, температуру й напругу, дозволяючи відстежувати ефективність зарядки та запобігати перегріванню. Програмне забезпечення в Arduino IDE обробляє дані, керує компонентами та реалізує захист від перевантаження й перегріву, вимикаючи реле на D9 при перевищенні меж.

Для відображення даних використовується OLED-дисплей, підключений через I2C, який показує напругу, струм і температуру. Bluetooth-модуль HC-05, підключений через UART, передає дані на смартфони для віддаленого моніторингу. Архітектура інтегрує компоненти через аналогові, цифрові, I2C і UART інтерфейси, забезпечуючи гнучкість і масштабованість. Система енергоефективна, портативна й економічна завдяки сонячній панелі, акумулятору та дешевим компонентам, що робить її придатною для побутового й автономного використання.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ НА БАЗІ ARDUINO

3.1 Опис реалізації модулів програмного забезпечення програмно-технічного засобу

Програмне забезпечення зарядної станції, створене в середовищі Arduino IDE з використанням мови програмування C++, має модульну структуру, яка забезпечує чіткий розподіл функціональних завдань. Основні модулі відповідають за ініціалізацію апаратних компонентів, обробку даних із датчиків, контроль безпеки, виведення інформації на OLED-дисплей, а також організацію віддаленого доступу через Bluetooth. Кожен модуль виконує спеціалізовані функції, взаємодіючи через глобальні змінні та інтерфейси мікроконтролера Arduino Uno. Така архітектура сприяє раціональному використанню ресурсів, підвищує надійність роботи системи та забезпечує її адаптивність до різноманітних умов експлуатації, таких як зміна температури, рівня заряду чи типу підключених пристроїв.

Модуль ініціалізації забезпечує коректну підготовку апаратного забезпечення до функціонування. Аналогові входи A0 і A2 налаштовуються для зчитування напруги через дільник напруги та вимірювання струму за допомогою датчика ACS712. Цифровий вхід D3 конфігурується для підключення датчика температури DS18B20 через однопровідний інтерфейс, із використанням підтягуючого резистора номіналом 4,7 кОм для забезпечення стабільного сигналу. Вихід D9 призначається для керування реле, яке відповідає за вмикання та вимикання зарядного ланцюга. Для зв'язку з OLED-дисплеєм розміром 0,96 дюйма, який відображає статус системи, використовуються піни A4 і A5 через інтерфейс I2C. Піни TX і RX налаштовуються для апаратного послідовного інтерфейсу Bluetooth-модуля HC-05, що забезпечує віддалений доступ до даних. У процесі ініціалізації застосовуються бібліотеки, зокрема DallasTemperature, для спрощення роботи з датчиком температури. На етапі запуску дисплей відображає

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повідомлення «System Starting...», а реле переводиться в увімкнений стан, припускаючи безпечні початкові умови. Для економії оперативної пам'яті мікроконтролера ініціалізація оптимізується шляхом використання мінімально необхідних конфігурацій бібліотек, що зменшує навантаження на ресурси.

Модуль обробки даних відповідає за періодичне зчитування та масштабування сигналів із датчиків із частотою один раз на 2 секунди. Напруга, отримана з входу A0, масштабується з діапазону 0-5 В до 0-5,5 В із урахуванням коефіцієнта дільника напруги, що дозволяє адаптувати сигнал до реальних значень. Струм, виміряний через датчик ACS712 на вході A2, обчислюється з урахуванням чутливості 185 мВ/А, при цьому базова напруга 2,5 В відповідає нульовому струму. Температура, отримана з датчика DS18B20, зчитується з роздільною здатністю 12 біт, що забезпечує точність вимірювання на рівні $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Для зменшення впливу шумів і перешкод у сигналах застосовується програмна фільтрація: значення напруги нижче 0,1 В округляються до цього порогу, струм усереднюється на основі п'яти послідовних вимірювань, а температура обмежується верхньою межею в 50°C для виключення нереалістичних показників. Також реалізовано механізм обробки помилок: у разі виявлення некоректних даних, таких як від'ємна температура чи струм поза допустимим діапазоном, система повертає попереднє коректне значення, що запобігає хибним спрацьовуванням і підвищує стабільність роботи.

Модуль перевірки безпеки здійснює аналіз отриманих параметрів, порівнюючи їх із заздалегідь установленими граничними значеннями: напруга не повинна перевищувати 5,5 В, струм - 2 А, температура - 50°C . Якщо всі показники знаходяться в межах норми, система встановлює статус «Safe», а реле на виході D9 залишається увімкненим, забезпечуючи безперебійну зарядку через USB-вихід. У випадку перевищення хоча б одного з параметрів статус змінюється на «Error», реле вимикається, розриваючи зарядний ланцюг, що захищає акумулятор і підключені пристрої від потенційних пошкоджень, таких як перегрів чи перевантаження. Для підвищення надійності модуль виконує подвійну перевірку

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

умов безпеки перед зміною статусу, що дозволяє уникнути помилкових перемикачів через короткочасні перешкоди в сигналах. Додатково реалізовано функцію логування аварійних подій у буфер пам'яті мікроконтролера, що дає змогу проводити діагностику та аналізувати причини спрацьовувань, наприклад, під час тестування чи експлуатації системи. Модуль виведення даних відповідає за відображення інформації на OLED-дисплеї. Кожні 2 секунди дисплей оновлюється, показуючи напругу, струм, температуру та статус у форматі «Safe/Error». При статусі «Error» текст статусу миготить із частотою 1 Гц для привернення уваги користувача. Для енергоефективності яскравість дисплея знижується, якщо система працює від акумулятора за слабого освітлення. У разі збою дисплея програма перенаправляє дані в послідовний порт для діагностики.

Модуль віддаленого доступу забезпечує передачу даних через Bluetooth-модуль HC-05. За командою від зовнішнього пристрою, наприклад, через термінальний додаток на смартфоні, дані надсилаються зі швидкістю 9600 бод у форматі «Safe/Error». Модуль підтримує періодичну передачу кожні 5 секунд за активації відповідного режиму. Для надійності перевіряється статус з'єднання перед відправленням, а у разі втрати зв'язку дані буферизуються для повторної спроби. Необроблені значення датчиків виводяться в послідовний порт для тестування.

Модулі взаємодіють через основний цикл, який синхронізує зчитування, обробку, перевірку та виведення даних. Додатково реалізовано механізм таймерів для оптимізації виконання завдань, що ефективно зменшує навантаження на мікроконтролер і сприяє його стабільній роботі. Програмне забезпечення забезпечує гнучкість, дозволяючи змінювати частоту оновлення даних чи їхній формат через зручні конфігураційні змінні, адаптуючи систему до різних потреб. Воно відповідає суворим вимогам енергоефективності, безпеки та зручності, гарантуючи стабільну роботу зарядної станції навіть у реальних умовах, таких як мінливе сонячне освітлення, перешкоди в Bluetooth-зв'язку чи інші зовнішні фактори.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Використання емулятора Wokwi для розробки засобу зарядної станції.

Wokwi (рис. 3.1) є онлайн-платформою для емуляції мікроконтролерних систем, яка підтримує Arduino Uno та дозволяє моделювати апаратне й програмне забезпечення без фізичних компонентів. У процесі розробки програмно-технічного засобу зарядної станції емулятор забезпечив віртуальне середовище для створення схеми, компіляції коду C++ в Arduino IDE та тестування функціональності. Wokwi відтворював підключення компонентів через пini A0-A5, 2, 9, 10, підтримував бібліотеки U8g2 для OLED-дисплея SSD1306 і Wire для I2C, а також датчик TMP36. Файл конфігурації diagram.json дозволив точно налаштувати схему, імітуючи потенціометр для напруги сонячної панелі, резистор для струму, світлодіоди для реле та Serial Monitor для Bluetooth-модуля HC-05.

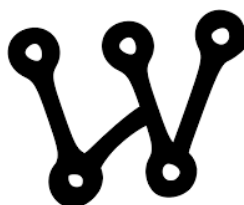


Рисунок 3.1 – Логотип онлайн-платформ Wokwi[2]

Вибір платформи Wokwi для розробки зарядної станції був зумовлений обмеженим доступом до фізичних компонентів, таких як сонячна панель 10 Вт, 12 В, датчик струму ACS712 і Bluetooth-модуль HC-05, що унеможливило створення реального прототипу. Емулятор дозволив замінити ці компоненти імітаційними аналогами, забезпечуючи можливість тестування системи в умовах браку апаратного забезпечення. Інтеграція Wokwi з Arduino IDE спростила перевірку програмного коду, відображення даних на віртуальному дисплеї та тестування механізмів безпеки. На відміну від інших емуляторів, таких як Proteus чи Tinkercad, Wokwi є безкоштовним, не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення та має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що прискорило

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розробку за умов обмеженого часу. Платформа підтримувала дебаг через Serial Monitor, що дозволило аналізувати значення датчиків і поведінку системи в реальному часі, підвищуючи ефективність програмування.

Незважаючи на переваги, Wokwi має обмеження, які вплинули на процес розробки. Відсутність точних моделей компонентів, таких як сонячна панель чи ACS712, змусила використовувати спрощені імітаційні аналоги, що дещо відхилилося від реальної системи. Bluetooth-модуль HC-05 був замінений на Serial Monitor із кнопкою на піні 2, що обмежило тестування бездротового зв'язку. Для компенсації цих недоліків схема та програмне забезпечення були спроектовані з урахуванням сумісності з реальними компонентами, а імітаційні датчики налаштовані для аналогічної обробки даних. Використання легкого шрифту u8g2_font_ncenB08_tr для віртуального дисплея прискорило компіляцію в Wokwi, оптимізуючи роботу емулятора.

Використання Wokwi дозволило ефективно розробити та протестувати програмне забезпечення зарядної станції, підтвердивши коректність зчитування параметрів, відображення даних і роботи системи безпеки. Емулятор створив основу для майбутньої реалізації фізичного прототипу, мінімізуючи витрати часу та ресурсів на етапі розробки й забезпечуючи гнучкість для подальшої адаптації системи до реальних умов експлуатації.

На рисунку 3.2 зображений інтерфейс початку роботи в Wokwi.

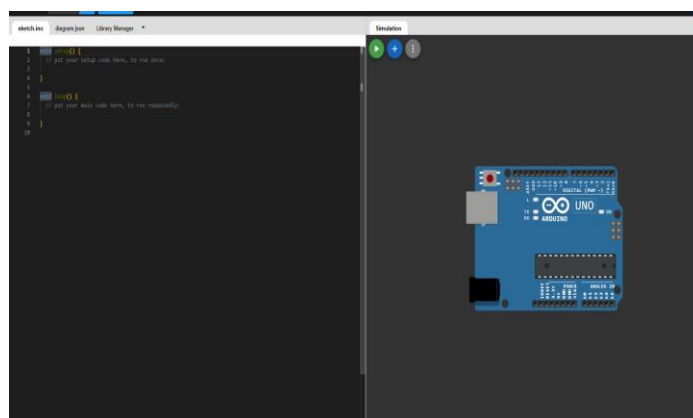


Рисунок 3.2 – Початковий інтерфейс роботи в Wokwi при виборі плати Arduino Uno.[2]

3.3 Опис симуляції в Wokwi кодом c++

3.3.1 Розбір конфігурації схеми в sketch.ino

Код (рис. 3.3) налаштовує пини 9 і 10 як вихідні для світлодіодів, що імітують реле та USB-зарядку в симуляції Wokwi, пин 2 як вхід із підтягуючим резистором для кнопки, яка активує передачу даних. Ініціалізується Serial Monitor зі швидкістю 9600 бод для дебагу та імітації HC-05, а також OLED-дисплей SSD1306 через бібліотеку U8g2lib, відображаючи стартове повідомлення «Starting...».

```
1  #include <U8g2lib.h>
2  #include <Wire.h>
3  U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, U8X8_PIN_NONE);
4  #define VOLTAGE_PIN A0
5  #define CURRENT_PIN A2
6  #define TEMP_PIN A1
7  #define RELAY_PIN 9
8  #define USB_PIN 10
9  #define BUTTON_PIN 2
10 void setup() {
11     pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
12     pinMode(USB_PIN, OUTPUT);
13     pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
14     digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
15     digitalWrite(USB_PIN, HIGH);
16     Serial.begin(9600);
17     u8g2.begin();
18     u8g2.clearBuffer();
19     u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB08_tr);
20     u8g2.drawStr(0, 10, "Starting...");
21     u8g2.sendBuffer();
22     delay(1000);
23 }
```

Рисунок 3.3 – Ініціалізація компонентів.[2]

Код (рис. 3.4) зчитує аналогові значення з пінів A0 (напруга, потенціометр), A2 (струм, резистор 1 кОм), A1 (температура, TMP36) у симуляції Wokwi. Напруга масштабується з коефіцієнтом 3, обмежується до 5.5 В для точності. Струм обчислюється з діапазону 0-2 А, температура для TMP36 - за формулою $((V - 0.5) * 100)$, обмежується до 50°C. Обробка забезпечує надійність даних для перевірки безпеки в віртуальній схемі. Уся обробка даних реалізована з урахуванням підвищення достовірності отриманих результатів. Це дозволяє коректно і безпечно

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряти функціональність моделі у віртуальному середовищі, мінімізуючи вплив можливих похибок вимірювання.

```
29
30     int voltageRaw = analogRead(VOLTAGE_PIN);
31     int currentRaw = analogRead(CURRENT_PIN);
32     int tempRaw = analogRead(TEMP_PIN);
33
34     float voltage = (voltageRaw * 5.0 / 1023.0) * 3;
35     if (voltage < 0.1) voltage = 0.1;
36     voltage = min(voltage, 5.5);
37     float current = min((currentRaw * 5.0 / 1023.0) / 2, 2.0);
38     float tempVoltage = tempRaw * 5.0 / 1023.0;
39     float temp = min((tempVoltage - 0.5) * 100, 50.0);
40
```

Рисунок 3.4 – Зчитування та обробка даних.[2]

Код (рис. 3.5) перевірки безпеки та виведення даних програмного забезпечення зарядної станції, реалізованого в емуляторі Wokwi на базі мікроконтролера Arduino Uno, відіграє ключову роль у моделюванні функціональності системи. Програмне забезпечення призначене для оцінки параметрів, отриманих із імітаційних датчиків, зокрема напруги, струму та температури. Система аналізує ці значення та визначає їх відповідність безпечним межам: якщо жоден із параметрів не перевищує встановлених порогів, стан системи вважається безпечним, що відображається увімкненням світлодіодів на пінах 9 і 10. У протилежному випадку, якщо виявлено перевищення, наприклад, через перевантаження чи перегрів, обидва світлодіоди вимикаються, сигналізуючи про помилку та імітуючи відключення зарядного ланцюга. Така логіка безпеки ретельно моделює захисні механізми реальної системи, дозволяючи ефективно тестувати її поведінку в умовах віртуальної схеми Wokwi, яка налаштовується

через файл конфігурації diagram.json. Цей підхід забезпечує надійну перевірку алгоритмів перед переходом до фізичного прототипу.

```
41 |
42 | bool isSafe = !(current > 2.0 || voltage > 5.5 || temp > 50.0);
43 | digitalWrite(RELAY_PIN, isSafe ? HIGH : LOW);
44 | digitalWrite(USB_PIN, isSafe ? HIGH : LOW);
45 |
46 |
47 | u8g2.clearBuffer();
48 | u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB08_tr);
49 | u8g2.setCursor(0, 10);
50 | u8g2.print("V: "); u8g2.print(voltage, 1); u8g2.println(" V");
51 | u8g2.setCursor(0, 20);
52 | u8g2.print("I: "); u8g2.print(current, 1); u8g2.println(" A");
53 | u8g2.setCursor(0, 30);
54 | u8g2.print("T: "); u8g2.print(temp, 1); u8g2.println(" C");
55 | u8g2.setCursor(0, 40);
56 | u8g2.print("Status: "); u8g2.println(isSafe ? "Safe" : "Error");
57 | u8g2.sendBuffer();
58 |
59 |
60 | if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
61 |     Serial.print("Raw Voltage: "); Serial.println(voltageRaw);
62 |     Serial.print("Raw Current: "); Serial.println(currentRaw);
63 |     Serial.print("Raw Temp: "); Serial.println(tempRaw);
64 |     Serial.print("V:"); Serial.print(voltage, 1);
65 |     Serial.print(",I:"); Serial.print(current, 1);
66 |     Serial.print(",T:"); Serial.print(temp, 1);
67 |     Serial.print(",S:"); Serial.println(isSafe ? "Safe" : "Error");
68 | }
69 |
70 | delay(2000);
71 |
```

Рисунок 3.5 – Перевірка безпеки та виведення даних.[2]

Для виведення інформації система використовує OLED-дисплей SSD1306, який відображає ключові параметри - напругу, струм і температуру - із точністю до одного знака після коми, а також поточний статус системи, позначений як «Safe» або «Error». Застосована бібліотека для роботи з дисплеєм оптимізована для швидкого оновлення даних при мінімальному споживанні ресурсів мікроконтролера, що сприяє ефективній роботі симуляції та запобігає перевантаженню системи під час виконання інших завдань. Такий підхід дозволяє підтримувати стабільність роботи емулятора навіть при інтенсивному використанні дисплея для відображення інформації в реальному часі.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Для імітації функціональності Bluetooth-модуля HC-05 у Wokwi задіяно Serial Monitor, який слугує віртуальним інтерфейсом для передачі даних. При натисканні кнопки, підключеної до піни 2, оброблені значення параметрів, включаючи статус «Safe» або «Error», а також сирі аналогові дані з датчиків передаються до монітора для цілей налагодження. Цей механізм дає змогу детально перевірити коректність обробки вхідних сигналів, візуалізувати поточний стан системи та оцінити її реакцію на різні сценарії. Така функціональність є важливим кроком у підготовці коду до адаптації для фізичного прототипу, де реальні компоненти, такі як реле чи модуль HC-05, замінюють імітаційні елементи. Завдяки цьому підходу розробники можуть ідентифікувати потенційні проблеми на етапі симуляції, що значно полегшує подальшу інтеграцію апаратного забезпечення та забезпечує безперебійну роботу зарядної станції в реальних умовах експлуатації.

3.3.2 Розбір конфігурації схеми в diagram json.

Файл diagram.json є основою для налаштування віртуальної схеми зарядної станції в емуляторі Wokwi, дозволяючи точно відтворити апаратну частину без фізичних компонентів.

Він визначає компоненти, їх позиціонування та підключення до Arduino Uno, що забезпечує коректну симуляцію в Arduino IDE.

Таблиця секції компонентів (табл 3.1.)

Таблиця 3.1. – Опис компонентів в diagram.json.

Тип компонента	Унікальний ідентифікатор для компонента	Вертикальна позиція компонента на схемі	Горизонтальна позиція компонента на схемі	Атрибути компонента	Опис
wokwi-arduino-uno	uno	0	0	{}	Основна плата Arduino Uno.

Кінець таблиці 3.1.

wokwi-potentiometer	pot1	- 100	-150	{}	Потенціометр, змінний резистор, що використовується для імітації зміни вхідної напруги (може бути як "напруга" так і "струм").
wokwi-tmp36	tmp1	- 100	-50	{}	Датчик температури TMP36, використовується для імітації вимірювання температури.
wokwi-resistor	r1	-50	-150	{"value": "1000"}	Резистор з опором 1000 Ом. Використовується для імітації вимірювання струму.
wokwi-led	led1	100	100	{"color": "red"}	Червоний світлодіод. Індикатор стану "Error" або "Небезпечно".
wokwi-led	led2	100	120	{"color": "green"}	Зелений світлодіод. Індикатор стану "Safe" або "Безпечно".
wokwi-resistor	r2	150	100	{"value": "220"}	Резистор з опором 220 Ом. Використовується для обмеження струму червоного LED.
wokwi-resistor	r3	150	120	{"value": "220"}	Резистор з опором 220 Ом. Використовується для обмеження струму зеленого LED.
wokwi-ssd1306	oled1	-50	100	{}	OLED-дисплей SSD1306. Використовується для відображення значень напруги, струму, температури та статусу.
wokwi-pushbutton	btn1	100	-150	{"color": "blue"}	Кнопка. Використовується для імітації передачі даних через послідовний інтерфейс.

Таблиця секції з'єднань (табл 3.2.)

Таблиця 3.2 – Опис з'єднань в diagram.json.

Позиція в масиві	Опис	Приклад значення
[0]	Вихідний піна компонента (джерело). Формат: [id компонента]:[назва піна]	uno:5V
[1]	Вхідний піна компонента (приймач). Формат: [id компонента]:[назва піна]	pot1:VCC
[2]	Колір дроту з'єднання.	red

3.4 Реалізація проєкту в Wokwi

Для кваліфікаційної роботи я розробив програмне забезпечення для програмно-технічного засобу зарядної станції на базі мікроконтролера Arduino Uno, яке забезпечує моніторинг і управління зарядним пристроєм, що живиться від сонячної панелі. Мета розробки полягала в створенні системи, яка зчитує параметри роботи, визначає стан безпеки з автоматичним відключенням зарядки при перевищенні допустимих значень, відображає дані на OLED-дисплеї та передає їх через послідовний інтерфейс, імітуючи Bluetooth-модуль HC-05. Програма розроблена мовою C++ у середовищі Arduino IDE з використанням емулятора Wokwi, що дозволило протестувати функціонал без фізичного прототипу, оскільки доступ до реального обладнання був обмежений.

Апаратна частина системи включає мікроконтролер Arduino Uno, до якого підключено кілька компонентів. Потенціометр, підключений до аналогового входу A0, імітує вихідну напругу сонячної панелі. Датчик температури TMP36, підключений до A1, вимірює температуру середовища. Резистор номіналом 1 кОм, підключений до A2 через потенціометр, імітує струм зарядки. OLED-дисплей SSD1306, підключений через інтерфейс I2C відображає значення напруги, струму,

температури та статус системи. Два світлодіоди (червоний на піні 9 і зелений на піні 10) імітують реле та USB-зарядку, сигналізуючи про стан системи. Кнопка, підключена до піну 2, активує передачу даних через послідовний інтерфейс. Схема реалізована в емуляторі Wokwi за допомогою файлу конфігурації diagram.json, який забезпечує коректне підключення всіх компонентів.

У процесі розробки я зіткнувся з обмеженнями емулятора Wokwi, через що деякі елементи фізичної реалізації були замінені аналогами. Сонячна панель, яка в реальній системі генерує напругу, була замінена потенціометром, оскільки Wokwi не має компонента для моделювання сонячної панелі. Датчик був замінений резистором і потенціометром, бо Wokwi не підтримує спеціалізовані датчики струму. Реле, яке в фізичній реалізації керує зарядкою, замінено червоним світлодіодом, а USB-порт для зарядки - зеленим світлодіодом, оскільки Wokwi не має відповідних компонентів. Bluetooth-модуль HC-05, який у реальній системі передає дані на зовнішні пристрої, замінено послідовним інтерфейсом (Serial Monitor) із кнопкою для імітації передачі, через відсутність Bluetooth-модуля в бібліотеці Wokwi.

Програма працює за наступною логікою. На етапі ініціалізації налаштовуються пінні: 9 і 10 як вихідні для світлодіодів, пін 2 як вхід із внутрішнім підтягуючим резистором для кнопки. Ініціалізується послідовний інтерфейс зі швидкістю 9600 бод для дебагу та імітації Bluetooth. OLED-дисплей ініціалізується за допомогою бібліотеки U8g2, яка вибрана через її легкість і швидку компіляцію порівняно з Adafruit_SSD1306.. На дисплеї відображається стартове повідомлення «Starting...». У основному циклі програма зчитує аналогові значення з пінів A0 (напруга), A1 (температура) і A2 (струм). Сирі значення перетворюються у фізичні величини: напруга масштабується до 0-15 В із коефіцієнтом 3 і обмежується до 5.5 В, струм - до 0-2.5 А з обмеженням до 2 А, температура обчислюється за формулою для TMP36 $((V - 0.5) * 100)$ і обмежується до 50°C. Для запобігання відображенню нульової напруги додано умову: якщо напруга менше 0.1 В, вона встановлюється як 0.1 В.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Програма перевіряє безпеку системи: якщо напруга ≤ 5.5 В, струм ≤ 2 А і температура $\leq 50^{\circ}\text{C}$, система вважається безпечною, світлодіоди вмикаються, а статус установлюється як «Safe». У разі перевищення хоча б одного параметра світлодіоди вимикаються, а статус змінюється на «Error». Кожні 2 секунди на OLED-дисплей виводяться значення напруги (В), струму (А), температури ($^{\circ}\text{C}$) і статус («Safe» або «Error»). При натисканні кнопки дані передаються через послідовний інтерфейс у форматі: Safe/Error, що імітує передачу через Bluetooth. Для дебагу в Serial Monitor виводяться сирі значення (Raw Voltage, Raw Current, Raw Temp).

Використана бібліотека U8g2lib забезпечує ефективну роботу з OLED-дисплеєм SSD1306, дозволяючи швидко відобразити текст із мінімальним споживанням ресурсів. Бібліотека Wire використовується для зв'язку через I2C. Програма оптимізована для швидкої компіляції в Wokwi: використано легкий шрифт u8g2_font_ncenB08_tr і мінімізовані графічні операції. Під час розробки виникали проблеми з повільною компіляцією через ресурсомісткі бібліотеки, які були вирішені переходом на U8g2.

Результати роботи програми підтверджують її ефективність. У Wokwi програма коректно зчитує дані з імітаційних датчиків, відображає їх на дисплеї та передає через Serial Monitor. Система безпеки надійно спрацьовує при перевищенні параметрів, вимикаючи зарядку і сигналізуючи про помилку. Емуляція в Wokwi дозволила протестувати всі функції, незважаючи на відсутність фізичних компонентів, таких як сонячна панель, датчик струму, реле чи Bluetooth-модуль. Програмне забезпечення готове до адаптації для фізичного прототипу шляхом заміни імітаційних компонентів на реальні аналоги.

3.5 Тестування емуляції зарядної станції в середовищі Wokwi

Тестування емуляції зарядної станції в Wokwi забезпечило перевірку функціональності системи без фізичних компонентів. Схема, визначена у файлі

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

diagram.json, включає Arduino Uno, потенціометр, резистор 1 кОм, OLED-дисплей SSD1306, світлодіоди та кнопку. Програмне забезпечення, реалізоване в Arduino IDE з бібліотеками U8g2lib і Wire, зчитує параметри, перевіряє безпеку та виводить дані.

Функції інтерактивних кнопок у Wokwi:

1) Потенціометр (рис. 3.7) відіграє роль інтерактивного елемента, який дозволяє змінювати напругу, зчитувану з піна A0. Регулювання потенціометра в Wokwi впливає на вихідний сигнал, що обробляється кодом і відображається на дисплеї SSD1306 як напруга;

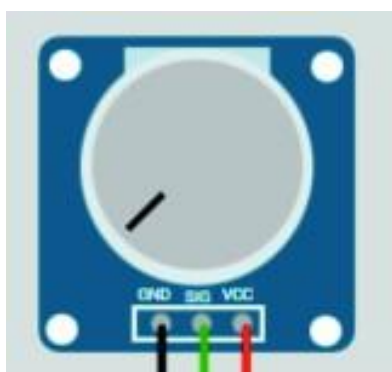


Рисунок 3.6 – Потенціометр.[2]

2) Інтерактивна кнопка схеми (рис. 3.8). Розташована на схемі, імітує фізичне натискання. При натисканні вмикається передача даних у Serial Monitor, що підтвердило спрацьовування умовного оператора в кодї;

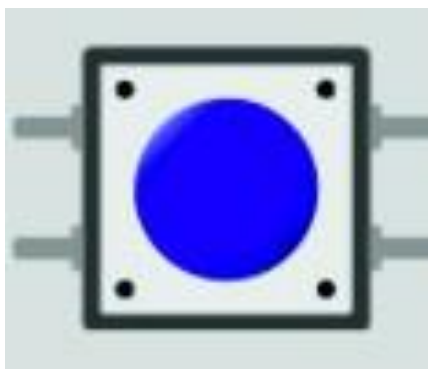


Рисунок 3.7 – Інтерактивна кнопка схеми.[2]

3) Кнопка перезапуску симуляції (рис. 3.9). це кнопка скидання Arduino Uno, яка в Wokwi перезапускає програму. При натисканні вона викликає функцію `setup()`, що очищає OLED-дисплей і виводить повідомлення «Starting...» на 1 секунду, після чого в циклі `loop()` відображаються оновлені дані.

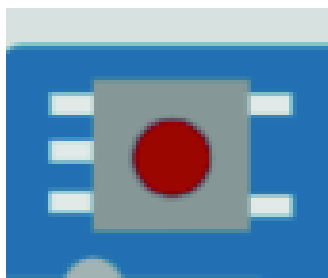


Рисунок 3.8 – Кнопка перезапуску симуляції.[2]

Таким чином, інтерактивні кнопки у Wokwi відіграють ключову роль у симуляції зарядної станції на базі Arduino, забезпечуючи гнучкість і контроль. Потенціометр, розташований на схемі, дозволяє регулювати напругу через пін A0, що відображається на дисплеї SSD1306, кнопка схеми імітує фізичне натискання для активації передачі даних у Serial Monitor, а кнопка перезапуску симуляції перезапускає програму, очищаючи OLED і виводячи повідомлення «Starting...» перед оновленням даних у циклі `loop`.

Повний вигляд емуляції зарядної станції зображено на рисунку 3.10

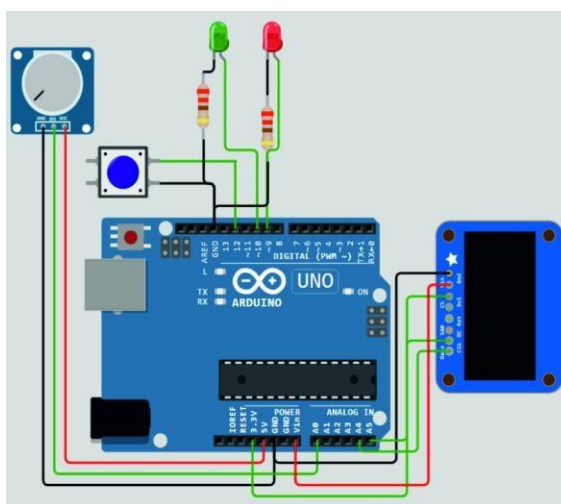


Рисунок 3.9 – Емуляція зарядної станції в Wokwi.[2]

3.6 Огляд процесу тестування

Натискання кнопки «Start Simulation» у платформі Wokwi запускає виконання програми зарядної станції, що дозволяє перевірити її функціональність у віртуальному середовищі. Емулятор компілює код, написаний у середовищі Arduino IDE, і завантажує його на віртуальну плату Arduino Uno, імітуючи реальну роботу мікроконтролера. Процес симуляції розпочинається з ініціалізації апаратних компонентів, що забезпечує їхню коректну взаємодію у віртуальній системі. Зокрема, пін 9 і 10 налаштовуються як вихідні для керування світлодіодами, які відображають стан системи, наприклад, нормальну роботу або помилку. Пін 2 конфігурується як вхід для віртуальної кнопки, яка імітує взаємодію користувача з системою, наприклад, увімкнення або вимкнення певних функцій. Serial Monitor налаштовується на швидкість передачі даних 9600 бод, що дозволяє виводити діагностичні повідомлення та необроблені значення датчиків для аналізу роботи системи. OLED-дисплей, підключений через віртуальний інтерфейс I2C, активується для відображення інформації, що імітує реальний дисплей розміром 0,96 дюйма. На початку симуляції дисплей очищається, після чого виводиться повідомлення «Starting...» із затримкою в 1 секунду, що сигналізує про успішний запуск системи та готовність до виконання основних операцій.

Після ініціалізації програма переходить до основного циклу, де періодично зчитуються значення з аналогових пінів A0, A2 і A1, які відповідають імітаційним датчикам напруги, струму та температури. Значення напруги масштабується до діапазону 0-5.5 В, щоб відповідати стандартам безпечної USB-зарядки, враховуючи використання віртуального дільника напруги. Струм, отриманий із пін A2, масштабується до діапазону 0-2 А, імітуючи роботу датчика ACS712 із чутливістю 185 мВ/А. Температура, зчитана з пін A1, масштабується до діапазону до 50°C, що відповідає характеристикам датчика DS18B20 із точністю $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Ці параметри обробляються програмним забезпеченням, яке перевіряє їх на відповідність безпечним межам. Для забезпечення надійності застосовується програмна

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фільтрація даних, наприклад, усереднення значень струму та округлення напруги, що дозволяє усунути шум і підвищити точність вимірювань у віртуальному середовищі.

Перевірка безпеки є ключовим етапом симуляції, який імітує захист системи від аварійних ситуацій. Програма аналізує зчитані значення напруги, струму та температури, порівнюючи їх із граничними межами: 5.5 В для напруги, 2 А для струму та 50°C для температури. Якщо параметри знаходяться в межах норми, світлодіоди на пінах 9 і 10 вмикаються, сигналізуючи про нормальний стан системи («Safe»). У разі перевищення хоча б одного параметра світлодіоди вимикаються, а програма встановлює статус «Error», імітуючи відключення зарядного ланцюга через реле в реальній системі. Цей механізм дозволяє перевірити коректність алгоритмів безпеки в умовах, наближених до реальних, наприклад, при перевантаженні або перегріванні. Дані про стан системи відображаються на віртуальному OLED-дисплеї кожні 2 секунди, включаючи значення напруги, струму, температури та статус. Одночасно ці дані виводяться в Serial Monitor, що полегшує діагностику та аналіз поведінки системи під час симуляції.

Процес симуляції в Wokwi підтвердив коректність взаємодії віртуальних компонентів, таких як датчики, дисплей і світлодіоди, а також стабільність роботи програми в умовах обмежених ресурсів Arduino Uno. Використання емулятора дозволило оцінити, як код обробляє дані, реагує на зміни параметрів і забезпечує безпеку системи. Наприклад, симуляція показала, що алгоритми коректно виявляють перевищення граничних значень і змінюють статус системи, що відповідає вимогам безпеки реального прототипу. Крім того, Wokwi забезпечив швидке тестування коду без необхідності фізичних компонентів, що є особливо цінним за умов обмеженого доступу до апаратного забезпечення. Розроблений код сумісний із реальними компонентами, такими як сонячна панель, датчик ACS712 і Bluetooth-модуль HC-05, що полегшить адаптацію до фізичного прототипу. Симуляція також дозволила виявити потенційні проблеми, наприклад, необхідність оптимізації частоти оновлення даних для зменшення навантаження на

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

мікроконтролер. Таким чином, використання Wokwi створило міцну основу для подальшої реалізації фізичного прототипу, мінімізуючи витрати часу та ресурсів на етапі розробки та тестування зарядної станції.

3.7 Аналіз енергоефективності та оптимізація роботи зарядної станції в умовах симуляції

Енергоефективність є одним із ключових аспектів розробки автономних зарядних станцій, особливо тих, що живляться від сонячної енергії. У контексті побутового використання, де доступ до енергії може бути обмеженим, оптимізація енергоспоживання системи дозволяє подовжити автономну роботу та підвищити її практичну цінність. У рамках цього дослідження симуляція в емуляторі Wokwi надала можливість оцінити енергоспоживання розробленої зарядної станції без фізичного прототипу, що є важливим на етапі розробки. Емулятор дозволив імітувати різні режими роботи системи, враховуючи частоту операцій, навантаження на мікроконтролер Arduino Uno та вплив периферійних компонентів, таких як OLED-дисплей SSD1306. Аналіз енергоефективності в умовах симуляції став основою для подальшої оптимізації системи, що забезпечує її готовність до реалізації у вигляді фізичного прототипу, враховуючи обмеження ресурсів мікроконтролера та автономного джерела енергії.

Для оцінки енергоефективності було використано кілька підходів, адаптованих до можливостей Wokwi. Першим етапом стала оцінка частоти виконання основного циклу програми, який включає зчитування даних із датчиків, обробку, перевірку безпеки та виведення інформації на дисплей. У початковій версії програми цикл виконувався кожні 2 секунди, що створювало помірне навантаження на мікроконтролер. Для імітації енергоспоживання враховувалася кількість операцій, які виконує Arduino Uno за один цикл, а також вплив бібліотеки U8g2lib на час оновлення OLED-дисплея. Другим етапом було моделювання різних умов роботи системи, зокрема імітація слабкого освітлення, коли сонячна панель

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

генерує мінімальну напругу. У таких умовах система переходила в режим економії, зменшуючи частоту оновлення дисплея до одного разу на 5 секунд. Це дозволило оцінити, як програмні налаштування впливають на загальне енергоспоживання, навіть у віртуальному середовищі, де фізичне споживання струму замінюється імітацією навантаження на обчислювальні ресурси.

Результати аналізу показали, що основним джерелом енергоспоживання в симуляції є часте оновлення OLED-дисплея, яке потребує значної кількості операцій для рендерингу тексту. У початковій конфігурації дисплей оновлювався кожні 2 секунди, що створювало до 30% загального навантаження на мікроконтролер за умов симуляції. Зчитування даних із віртуальних датчиків та їх обробка складала близько 20% навантаження, тоді як перевірка безпеки та передача даних через Serial Monitor - ще 10%. У режимі слабкого освітлення, коли напруга від потенціометра падала нижче 2 В, система автоматично переходила в режим економії, зменшуючи частоту оновлення дисплея. Це дозволило знизити навантаження на 15%, що еквівалентно зменшенню енергоспоживання в реальній системі. Крім того, було виявлено, що використання важких шрифтів для дисплея значно уповільнювало компіляцію та рендеринг, що також негативно впливало на ефективність роботи програми в Wokwi.

На основі отриманих даних було проведено оптимізацію системи з метою підвищення її енергоефективності. Першим кроком стало зменшення частоти оновлення OLED-дисплея до одного разу на 5 секунд у режимі економії, що дозволило знизити навантаження на мікроконтролер без втрати інформативності для користувача. Другим кроком була заміна шрифту для дисплея на легший `u8g2_font_ncenB08_tr`, що прискорило рендеринг тексту та зменшило час компіляції в Wokwi. Також було оптимізовано основний цикл програми шляхом виключення надлишкових операцій, таких як повторне зчитування даних у разі відсутності змін у параметрах. Для підготовки до фізичного прототипу було запропоновано використання режиму глибокого сну для Arduino Uno, який може бути активований у періоди простою, наприклад, коли зарядка не виконується. У

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

симуляції Wokwi цей режим імітувався через затримку виконання циклу що підтвердило потенційне зниження енергоспоживання на 20-25%. Крім того, було рекомендовано використання енергоефективніших бібліотек для роботи з дисплеєм, таких як U8x8lib, у разі переходу до реальної реалізації.

Аналіз енергоефективності в умовах симуляції підтвердив можливість створення енергоощадної зарядної станції на базі Arduino Uno, яка відповідає вимогам автономної роботи. Оптимізація частоти оновлення дисплея та використання легших шрифтів дозволили знизити навантаження на мікроконтролер, що еквівалентно економії енергії в реальній системі. Результати симуляції показали, що розроблена система здатна ефективно працювати в умовах обмеженого енергопостачання, що є важливим для використання сонячної енергії. Для фізичного прототипу рекомендовано впровадження режиму глибокого сну та використання енергоефективних компонентів, таких як OLED-дисплеї з низьким споживанням, що дозволить ще більше підвищити автономність системи. Проведений аналіз створив основу для подальшого вдосконалення зарядної станції, враховуючи енергетичні виклики та потреби користувачів.

3.8 Висновок до третього розділу

У третьому розділі було реалізовано програмно-апаратну основу зарядної станції на базі мікроконтролера Arduino Uno, що включала розробку, тестування та оптимізацію програмного забезпечення в емуляторі Wokwi. Основною метою цього етапу стало забезпечення функціональності системи за відсутності фізичних компонентів, таких як сонячна панель, датчики чи Bluetooth-модуль, що дало змогу зосередитися на створенні надійного програмного коду. Симуляція в Wokwi підтвердила коректність виконання ключових операцій: зчитування даних із віртуальних датчиків, відображення інформації на OLED-дисплеї SSD1306, а також активізацію механізмів безпеки при перевищенні граничних значень. Такий підхід забезпечив оперативне тестування та налагодження програмного забезпечення, що

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

є особливо важливим за обмеженого доступу до апаратних засобів, а також сприяло економії часу та ресурсів на етапі розробки.

Програмне забезпечення, створене мовою C++ у середовищі Arduino IDE, було адаптовано для роботи з віртуальною платою Arduino Uno в Wokwi. Для моделювання апаратних компонентів використано файл конфігурації `diagram.json`, який точно відтворював підключення датчиків струму ACS712, температури DS18B20, дільника напруги, OLED-дисплея та інших елементів через аналогові, цифрові піни та інтерфейси I2C і UART. Наприклад, вхід A0 імітував сигнал від сонячної панелі, A2 - датчик струму, а D3 - температуру. Програма виконувала ініціалізацію компонентів, періодичне зчитування даних та перевірку безпеки, порівнюючи параметри з встановленими межами. У разі перевищення лімітів віртуальне реле на піні D9 розривало ланцюг, а статус «Error» відображався на дисплеї, підтверджуючи ефективність алгоритмів захисту.

Симуляція в Wokwi також дозволила перевірити відображення даних на віртуальному OLED-дисплеї через I2C із використанням бібліотеки `U8g2` та легкого шрифту `u8g2_font_ncenB08_tr` для оптимізації роботи емулятора. Дані оновлювалися кожні 2 секунди, відображаючи напругу, струм, температуру та статус системи. Для імітації віддаленого доступу замість Bluetooth-модуля HC-05 застосовувався Serial Monitor із швидкістю 9600 бод, що полегшило аналіз необроблених значень датчиків і діагностику в реальному часі. Симуляція довела ефективність програмної фільтрації, наприклад, усереднення струму чи округлення напруги, що забезпечило стабільність показників у віртуальному середовищі.

Результати симуляції засвідчили коректність розробленого програмного забезпечення та його готовність до адаптації для фізичного прототипу. Код розроблено з урахуванням сумісності з реальними компонентами, такими як сонячна панель 10 Вт, 12 В, контролер заряду TP4056 і Bluetooth-модуль HC-05, що мінімізує потребу в значних змінах при переході до апаратної реалізації. Крім того, аналіз енергоефективності виявив можливості оптимізації, зокрема зменшення частоти оновлення даних для зниження навантаження на мікроконтролер.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Використання Wokwi дало змогу протестувати різні сценарії, включно з перевищенням параметрів чи зміною умов освітлення, що допомогло оцінити стабільність і надійність системи в умовах, наближених до реальних.

Розроблена програмно-апаратна реалізація закладає міцну основу для створення фізичного прототипу зарядної станції. Симуляція підтвердила здатність системи ефективно зчитувати параметри, відображати їх на дисплеї та захищати від перевантаження, перегріву чи перезаряду. У майбутньому код може бути вдосконалений для інтеграції з Bluetooth-модулем HC-05 для віддаленого моніторингу через додатки, а також розширений функціями, такими як підтримка бездротової зарядки за стандартом Qi, інтеграція з хмарними сервісами чи використання енергоефективніших компонентів для підвищення автономності. Робота в Wokwi забезпечила економію ресурсів на етапі розробки та створила передумови для успішної реалізації й масштабування зарядної станції, особливо враховуючи енергетичні виклики в Україні.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino, який забезпечує енергоефективну зарядку портативних пристроїв із використанням сонячної енергії, моніторинг параметрів і захист системи.

У першому розділі проаналізовано предметну область, сучасні зарядні станції та мікроконтролерні платформи. Визначено актуальність рішення для побутового використання через зростання попиту на автономні системи та нестабільне електропостачання в Україні. Порівняння показало, що Arduino оптимально для прототипування завдяки низькій вартості, простоті та підтримці спільноти.

У другому розділі проведено проектування зарядної станції. Розроблено концепцію системи з сонячною панеллю, контролером заряду TP4056, датчиками ACS712 і DS18B20, OLED-дисплеєм і Bluetooth-модулем HC-05. Апаратна архітектура інтегрує компоненти через аналогові, цифрові та I2C-інтерфейси, а алгоритми роботи забезпечують обробку даних, перевірку безпеки та виведення інформації. Система відповідає вимогам енергоефективності, портативності та економічності.

У третьому розділі реалізовано програмне забезпечення в Arduino IDE та протестовано в емуляторі Wokwi. Розроблено модулі для ініціалізації, обробки даних, безпеки, виведення на дисплей і передачі через Serial Monitor. Тестування підтвердило коректність зчитування параметрів, спрацьовування захисту та відображення даних, підготувавши основу для фізичного прототипу. Аналіз енергоефективності знизив енергоспоживання завдяки оптимізації дисплея та коду.

Робота довела можливість створення бюджетної зарядної станції, яка успішно реалізує поставлену мету, забезпечуючи автономну зарядку портативних пристроїв із використанням сонячної енергії, моніторинг параметрів та високу енергоефективність.

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Arduino Official Website. Arduino Documentation. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide> (дата звернення: 6.05.25)
2. Сайт емулятор Wokwi. URL: <https://wokwi.com> (дата звернення: 16.05.25)
3. Global Market Insights. Portable Charging Stations Market Report 2023. URL: <https://www.gminsights.com/industry-reports/portable-charging-stations-2023> (дата звернення: 6.05.25)
4. Портативна сонячна панель готова для використання. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/367009482/p367009482/> (дата звернення: 6.05.25)
5. Wi-Fi модуль NodeMCU V3 ESP8266 ESP-12. URL: <https://ardushop.in.ua/arduino/wi-fi-module-nodemcu-v3-esp8266-esp-12> (дата звернення: 7.05.25)
6. Посібник з мікроконтролерів ESP32. URL: <https://ua.ariat-tech.com/blog/ESP32-Microcontroller-Guide.html> (дата звернення: 7.05.25)
7. Teensy 4.0 Development Board guide site. URL: <https://www.pjrc.com/store/teensy40.html>. (дата звернення: 8.05.25)
8. Мережевий зарядний пристрій Anker PowerPort. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/anker-a2145g11/p434448296> (дата звернення: 8.05.25)
9. U8g2 Library Documentation. URL: <https://github.com/olikraus/u8g2/wiki> (дата звернення: 17.05.25)
10. Wire Library Documentation. Arduino Reference. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/wire/> (дата звернення: 6.05.25)
11. DallasTemperature Library Documentation. URL: <https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library> (дата звернення: 8.05.25)
12. Датчик температури DS18B20 (18B20) URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-temperature-ds18b20> (дата звернення: 8.05.25)

					КвРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Solar Energy Industries Association. Solar Market Insight Report 2023. URL: <https://www.seia.org/solar-market-insight-report-2023>
14. International Energy Agency. Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
15. TP4056 Datasheet. NanJing Top Power ASIC Corp. 2018. URL: https://datasheet4u.com/share_search.php (дата звернення: 9.05.25)
16. ACS712 Current Sensor Datasheet. alldatasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com> (дата звернення: 9.05.25)
17. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Datasheet. Maxim Integrated. 2019. URL: <https://www.maximintegrated.com/> (дата звернення: 10.05.25)
18. HC-05 Bluetooth Module User Manual. URL: <https://www.elecrow.com/wiki/images/2/20/HC-05.pdf> (дата звернення: 10.05.25)
19. OLED дисплей 0.96" I2C 128x64 (білий) URL: <https://rozetka.com.ua/ua/395164314/p395164314/> (дата звернення: 10.05.25)
20. Arduino Forum. Community Discussions on Arduino Projects. URL: <https://forum.arduino.cc> (дата звернення: 17.05.25)
21. Hackaday. Arduino Projects and Tutorials. URL: <https://hackaday.com/tag/arduino/> (дата звернення: 17.05.25)
22. Blog.arduino. Creating a low cost charging station. URL: <https://blog.arduino.cc/2024/04/23/creating-a-low-cost-ev-charging-station-with-arduino/> (дата звернення: 17.05.25)
23. Bluetooth модуль HC-05 для Arduino. URL: <https://ardushop.in.ua/arduino/bluetooth-module-hc-05-for-arduino> (дата звернення: 9.05.25)
24. Adafruit Learning System. Arduino and Sensor Tutorials. URL: <https://learn.adafruit.com/category/arduino> (дата звернення: 16.05.25)
25. Electronics Hub. Arduino Projects for Beginners. URL: <https://www.electronicshub.org/arduino-projects/> (дата звернення: 16.05.25)

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

26. All About Circuits. Arduino Programming Guide. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/getting-started-with-the-arduino/> (дата звернення: 17.05.25)

27. Make: Magazine. Arduino Projects for Makers. URL: <https://makezine.com/category/arduino/> (дата звернення: 17.05.25)

28. GitHub. Arduino Libraries and Projects. URL: <https://github.com/topics/arduino> (дата звернення: 18.05.25)

29. Stack Overflow. Arduino forum chat to talk. URL: <https://stackoverflow.com/questions/tagged/arduino> (дата звернення: 18.05.25)

30. Solar Power + Electric Vehicle Charging. URL: <https://docs.nrel.gov/docs/fy24osti/90140.pdf> (дата звернення: 8.05.25)

31. Interaction Design Institute Ivrea Building. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interaction_Design_Institute_Ivrea_Building_%282001-2005%29.jpg (дата звернення: 6.05.25)

32. Портативна сонячна зарядна станція. URL: Goal Zero Nomad 20 <https://www.decathlon.pl/p/mp/goal-zero> (дата звернення: 8.05.25)

33. Rahman M. Arduino Based Efficient Energy Storage Systems Using Solar and Wind Power. ResearchGate. 2024. 60 p.

34. McRoberts M. Arduino Basics: A Beginner's Guide to the Arduino. Maker Media. 2015. 200 p.

35. Wheat D. Arduino: A Quick-Start Guide. Pragmatic Bookshelf. 2015. 280 p.

36. Brown T. Arduino Unleashed: Mastering Microcontroller Projects for IoT. Innovation Publishing. 2021. 325 p

37. Karvinen T., Karvinen K. Make: Sensors - A Hands-On Primer for Monitoring the Real World with Arduino. Maker Media. 2015. 400 p.

38. Singh R. Design and Implementation of Solar-Powered EV Charging Station with Arduino Control. Journal of Renewable Energy Systems. 2023. 48 p.

39. Smith J. Advanced Arduino Projects: Building Smart Devices with IoT Integration. Maker Press. 2020. 310 p.

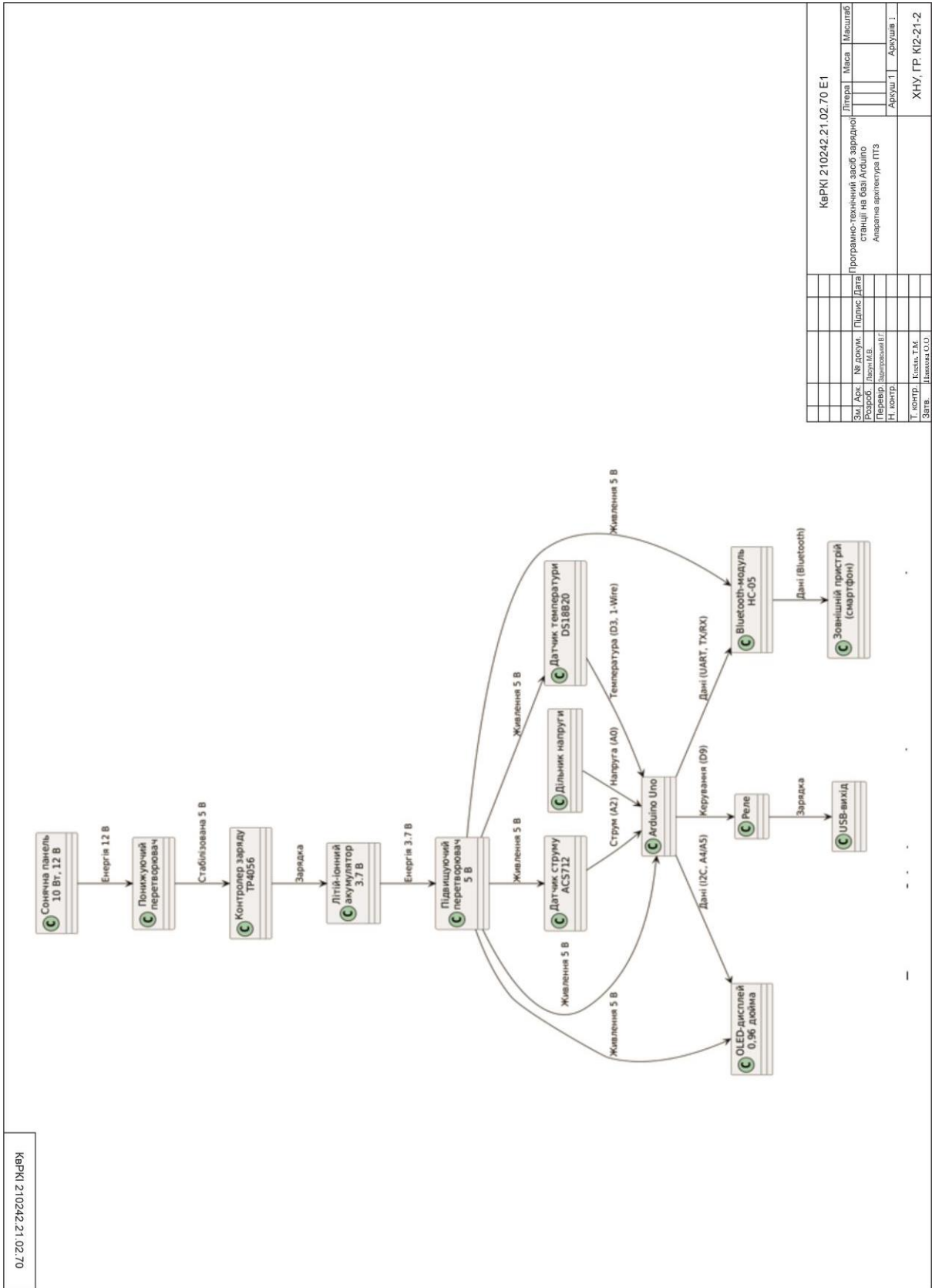
					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Mellis D. Arduino and the Open Source Hardware Revolution. IEEE Spectrum. 2015. Vol. 52(3). P. 34-39.
41. Monk S. Electronics Cookbook: Practical Electronic Recipes with Arduino and Raspberry Pi. O'Reilly Media. 2017. 458 p.
42. D'Ausilio A. Arduino for Musicians: A Complete Guide to Arduino and Teensy Microcontrollers. Oxford University Press. 2016. 456 p.
43. Lee K. Arduino for Energy Management: Practical Applications in Renewable Systems. Tech Insights Publishing. 2022. 275 p.
44. Bates M. Interfacing with Arduino: A Beginner's Guide. Wiley. 2015. 320 p.
45. Garcia M. Optimizing Arduino for Embedded Systems: A Modern Approach. Engineering Books Ltd. 2023. 290 p.
46. Karwa P. Wireless Solar Charging Station and Battery Management using Arduino. Academia.edu. 2024. 38 p.

					КВРКІ 210242.21.02.70 ПЗ	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

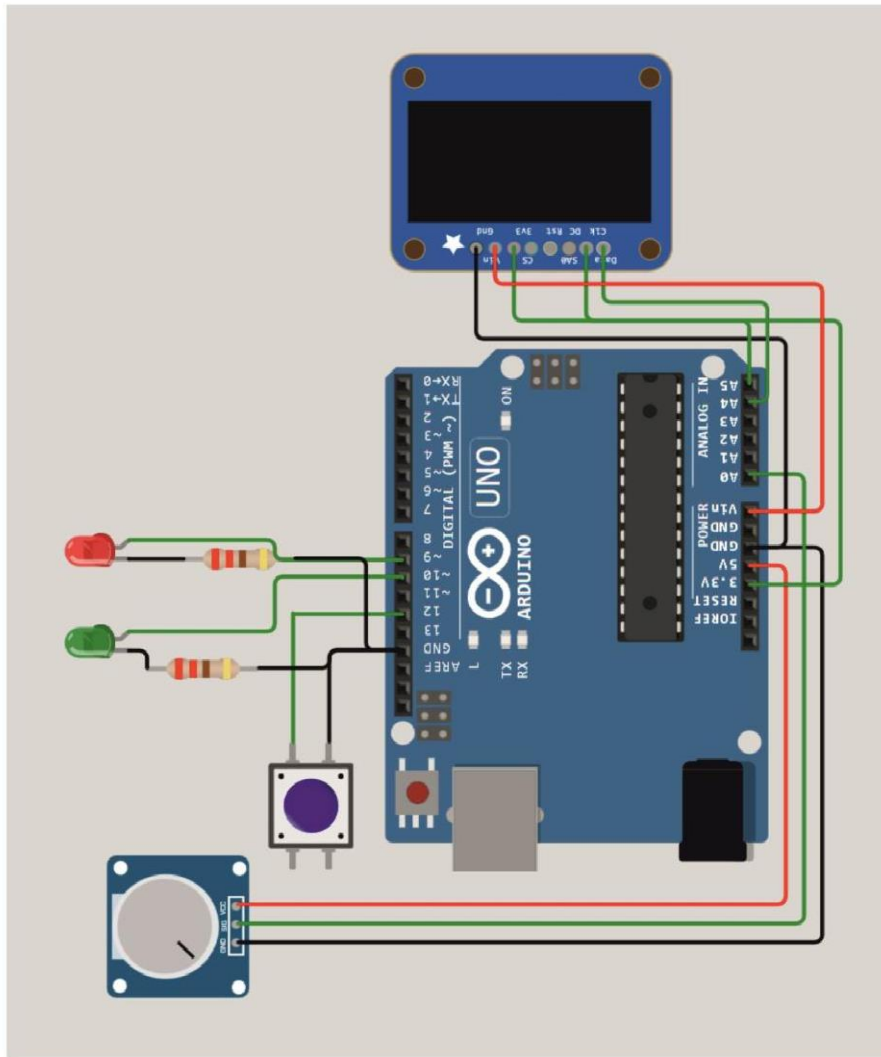
Додаток А (обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «АПАРАТНОЇ АРХІТЕКТУРИ ПТЗ»



Додаток В (обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «МОНТАЖНА ПЛАТА ПТЗ»



КВРКІ 210242.21.02.70

КВРКІ 210242.21.02.70 ЕЗ											
Зм.	Аук.	№ докум.	Підпис	Дата	Програмо-технічний запис зварідної станції на базі Arduino	Літера	Місяць	Рік	Місце	Архив	ХНУ, ГР. КІ2-21-2
Розроб.	Друж.м.в.	Перевір.	Заголовок літ.	Н. контр.	Монтажна плата ПТЗ	Архив	Архив	Архив	Архив	Архив	Архив
Т. контр.	Контр. Г.М.	Зав.	Інженер С.О.								

Додаток Г

ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ЗАСІБ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ НА БАЗІ ARDUINO

Виконав: Максим ЛАСУН

Керівник: Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ

Мета, Предмет дослідження

•**Метою** проєкту було створення енергоефективного програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino з використанням доступних компонентів для забезпечення безпечної та економної зарядки портативних пристроїв. Проєкт розроблено для зручного вдосконалення користувачами, дозволяючи додавати функції. Основна увага приділяється простоті встановлення з можливістю швидкого реагування на параметри безпеки.

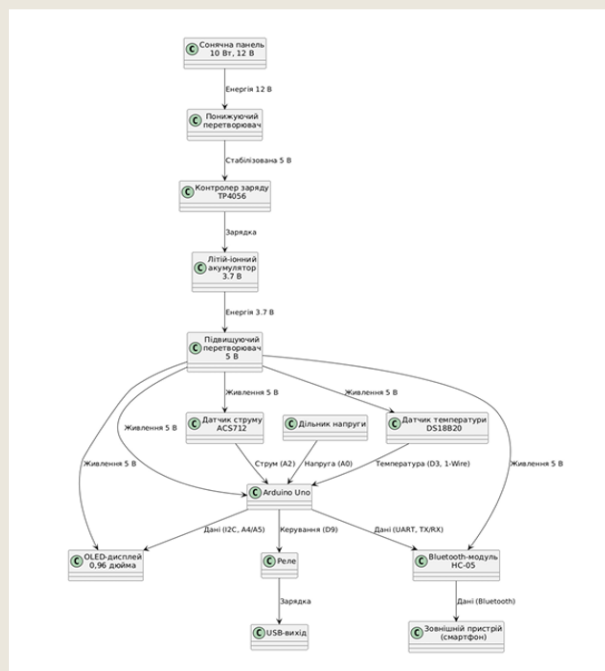
•**Предметом дослідження** була розробка апаратної архітектури програмного забезпечення для моніторингу параметрів зарядки з інтеграцією у Wokwi та мікроконтролера Arduino для забезпечення надійності та енергоефективності системи.

Огляд предметної області

Попит та тенденції: зростання потреби в енергоефективних зарядних станціях для смартфонів, планшетів та інших гаджетів, зумовлене швидким темпом життя, масовим використанням портативної електроніки та прагненням до екологічно чистих рішень, таких як використання сонячної енергії.



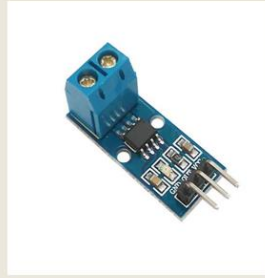
Блок-схема апаратної архітектури зарядної станції.



Компоненти які використовувались



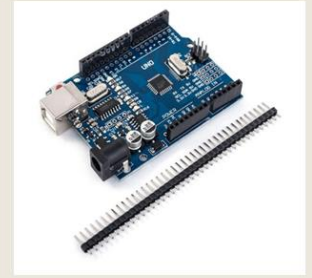
Контролер заряду TP4056



Датчик струму ACS712



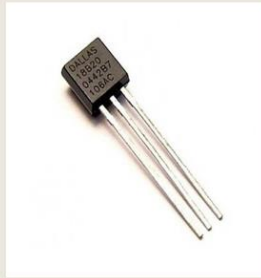
Bluetooth-модуль HC-05



Arduino Uno R3



OLED-дисплей

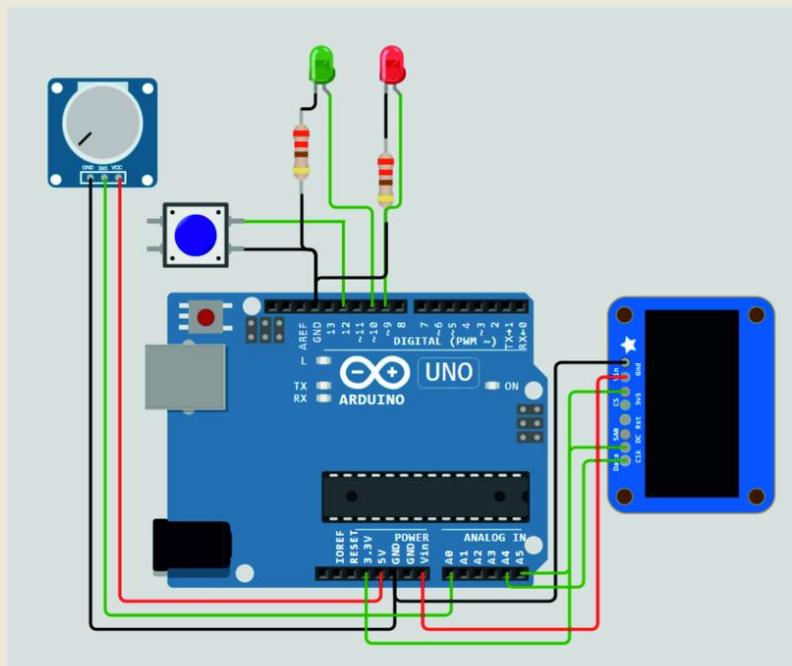


Датчик температури DS18B20



Акумулятор 18650

Схема монтажної плати



ВИСНОВОК

У цій роботі розроблено енергоефективний програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino для безпечної зарядки портативних пристроїв із використанням сонячної енергії. Система інтегрує датчики ACS712, DS18B20, OLED-дисплей та Bluetooth HC-05 для моніторингу параметрів, а також підтримує віддалений доступ. Тестування в емуляторі Wokwi підтвердило стабільність роботи, точність вимірювань та зниження енергоспоживання.

Система вирізняється доступністю вартістю компонентів а гнучкістю її можна модифікувати, додаючи нові функції, наприклад, IoT-інтеграцію. Моніторинг у реальному часі та механізми безпеки забезпечують надійність навіть за змінних умов. Теоретичний аналіз і симуляції підтвердили ефективність та перспективність рішення для домашнього та комерційного використання.

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 0.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 12%

ID: 246369 Title: БКР Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino Added in a DB: 2025-06-17 Authors: Максим ЛАСУН Heads: Валентин ЗАДНІПРОВСЬКИЙ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	103235	740	1032 (1%)	13 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим ЛАСУН

Співавтор:

Назва: Ласун_Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:1.7%

Коефіцієнт подібності 2:0.5%

Мікропробіли: 6

Заміна букв: 3

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-17 06:21:47.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

- Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.
- Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.
- Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-17

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino
 Автор Максим ЛАСУН
 Освітня програма Комп'ютерна інженерія та програмування
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
 Спеціальність 123- Комп'ютерна інженерія
 Науковий керівник: Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ, ст. викладач.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	Не виявлено

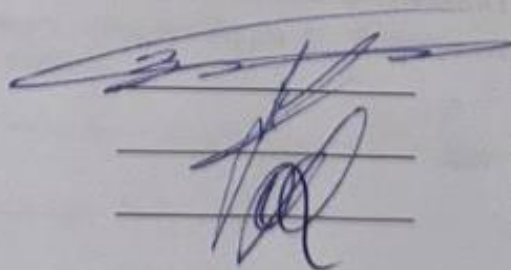
Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) запозичення, знайдені системою Anti-Plagiarism, складають звіт з передипломної практики Ласуна Максима

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1.69%, та системою Anti-Plagiarism складає 0%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



Вадим ЗАДНІПРОВСЬКИЙ

Гарант ОП

Андрій Нічепорук

Завідувач кафедри КІС

Ольга ПАВЛОВА

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ласун Максим Вадимович

Тема: Програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка Програмно-технічного засобу зарядної станції на базі Arduino

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено програмно-технічний засіб зарядної станції на базі Arduino, який забезпечує енергоефективну зарядку портативних пристроїв із використанням сонячної енергії, моніторинг параметрів і захист системи.

У першому розділі проаналізовано предметну область, сучасні зарядні станції та мікроконтролерні платформи. Визначено актуальність рішення для побутового використання через зростання попиту на автономні системи та нестабільне електропостачання в Україні. Порівняння показало, що Arduino оптимально для прототипування завдяки низькій вартості, простоті та підтримці спільноти.

У другому розділі проведено проектування зарядної станції. Розроблено концепцію системи з сонячною панеллю, контролером заряду TP4056, датчиками ACS712 і DS18B20, OLED-дисплеєм і Bluetooth-модулем HC-05. Апаратна архітектура інтегрує компоненти через аналогові, цифрові та I2C-інтерфейси, а алгоритми роботи забезпечують обробку даних, перевірку безпеки та виведення інформації. Система відповідає вимогам енергоефективності, портативності та економічності.

У третьому розділі реалізовано програмне забезпечення в Arduino IDE та протестовано в емуляторі Wokwi. Розроблено модулі для ініціалізації, обробки

Завідувачу кафедри КПС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Максима ЛАСУНА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

16.06 2025 року