

Міністерство освіти і науки України  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Фізико-математичний факультет  
Кафедра комп'ютерних наук

Кваліфікаційна робота магістра з  
Теми: «Методи і засоби програмної підтримки вбудованої комп'ютеризованої  
системи для універсального зарядного пристрою»

Виконав:

здобувач вищої освіти 2 курсу KN1-M23 групи  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Кравчук В.О.

Керівник: Слободянюк О.В., к.т.н., доцент кафедри комп'ютер-  
них наук,

Рецензент: Поведа Р.А.

к.ф-м.н., доцент кафедри фізики

## ЗМІСТ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                  | 3  |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР СУЧАСНИХ ПРИСТРОЇВ<br>ЗАРЯДЖАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ .....                            | 5  |
| 1.1. Загальні відомості про зарядні пристрої .....                                                                           | 5  |
| 1.2 Основні методи зарядки акумулятора .....                                                                                 | 9  |
| Розділ 2. Аналіз та вибір засобів реалізації проєкту .....                                                                   | 12 |
| 2.1 Порівняльний аналіз існуючих платформ та засобів .....                                                                   | 12 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<br>ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА.....                                          | 33 |
| 2.3 Використання KiCad EDA для розробки схеми та макету друкованої плати<br>.....                                            | 43 |
| 2.4 Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера: .....                                                             | 47 |
| 2.4 Методи і засоби програмної підтримки вбудованої комп'ютеризованої<br>системи для універсального зарядного пристрою ..... | 52 |
| РОЗДІЛ 4 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАРЯДНОГО<br>ПРИСТРОЮ.....                                                          | 72 |
| 4.1 Користувачьке меню.....                                                                                                  | 72 |
| 4.2 Режими роботи зарядного пристрою (ЗП).....                                                                               | 76 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                             | 89 |
| Додаток А.....                                                                                                               | 91 |
| Додаток Б .....                                                                                                              | 92 |
| Додаток В .....                                                                                                              | 93 |
| Додаток Г .....                                                                                                              | 94 |
| Додаток Д.....                                                                                                               | 95 |
| Додаток Е .....                                                                                                              | 97 |
| Додаток Ж .....                                                                                                              | 99 |

## ВСТУП

Радіoeлектроніка охоплює як теоретичні основи, так і практичні аспекти застосування електронних, іонних і напівпровідникових приладів у різних системах, пристроях та установках, що використовуються в багатьох галузях сучасної економіки. Завдяки високій гнучкості електронних пристроїв, їхній швидкодії, точності вимірювань і чутливості, відкриваються нові можливості для вдосконалення різних науково-технічних напрямків, зокрема в автоматизації процесів, телекомунікаціях, енергетиці та медицині.

Одним з основних елементів таких систем є зарядний пристрій, призначений для зарядки акумуляторних та конденсаторних батарей. Цей пристрій складається з джерела живлення (генератора або трансформатора) з випрямлячем струму, а також системи розподілу, яка включає регулятори напруги та автоматичні вимикачі. Потужність зарядного пристрою визначається параметрами акумуляторних батарей, такими як ємність, внутрішній опір та встановлена тривалість зарядки. Застосування зарядних пристроїв охоплює різні режими зарядки: періодичну, безперервну та переривчасту, що дозволяє оптимізувати процес зарядки в залежності від конкретних потреб системи.

Актуальність даної роботи полягає в розробці універсального зарядного пристрою на основі мікроконтролера Arduino та набору додаткових датчиків та електронних схемотехнічних компонентів. Використання Arduino у цій розробці також дає можливість провести попереднє моделювати та тестування процесу заряджання в реальному часі, що забезпечує високий рівень контролю та точності. Це особливо важливо в умовах швидкого розвитку відновлюваних джерел енергії та потреби в ефективних системах зберігання енергії, зокрема в акумуляторних технологіях.

**Метою** роботи є створення інтелектуального зарядного пристрою для різних типів акумуляторних батарей (АКБ) із застосуванням мікроконтролера. Пристрій призначений для заряджання свинцево-кислотних, AGM, GEL, літій-іон-

них, літій-титанатних і нікель-кадмієвих акумуляторів з напругою 3-24 В і ємністю 1-255 А·год, які використовуються в автомобілях, мотоциклах, катерах, скутерах, джерелах безперебійного живлення (ДБЖ) тощо.

Відповідно до мети було сформульовано такі задачі:

1. Розробити зарядний пристрій з мікроконтролером, який буде здатен підтримувати різні типи акумуляторів та оптимізувати процес заряду.

2. Реалізувати декілька алгоритмів заряду, включаючи попередній заряд для сильно розряджених акумуляторів, основний заряд за допомогою стабілізації струму та напруги, а також завершальні етапи заряду.

3. Реалізувати функції для контролю та тренування акумуляторів, таких як розряд, вимірювання внутрішнього опору та проведення контрольно-тренувальних циклів (КТЦ).

Забезпечення зручного інтерфейсу для відображення параметрів заряду та керування пристроєм за допомогою рідкокристалічного дисплея та енкодера з кнопками.

**Предметом** дослідження є засоби та технології розробки автоматизованих систем заряджання акумуляторних батарей.

**Об'єктом** дослідження є розробка архітектури та програмно апаратних комплексів заряджання акумуляторних батарей.

**Практичне значення** одержаних результатів: результатом роботи створення є повноцінної зарядної комп'ютеризованої системи з засобами її програмної підтримки.

**Структура роботи.** Дипломна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків

## ВИСНОВОК

У ході виконання магістерської роботи на тему «Методи і засоби програмної підтримки вбудованої комп'ютеризованої системи для універсального зарядного пристрою» було досягнуто поставлених цілей та розв'язано низку технічних і програмних завдань, спрямованих на створення ефективного, адаптивного та універсального зарядного пристрою. Робота охоплювала як теоретичний, так і практичний аспекти розробки, що дозволило отримати повноцінний робочий прототип із широкими функціональними можливостями.

### Розробка апаратної частини

У процесі виконання магістерської роботи було створено електричну схему зарядного пристрою, яка враховує сучасні вимоги до енергоефективності, безпеки та гнучкості використання. Основою пристрою є мікроконтролер ATmega328P, інтегрований у платформу Arduino Nano, яка забезпечує високу функціональність, доступність і простоту інтеграції з іншими компонентами.

### Основні компоненти апаратної частини

1. Мікроконтролер ATmega328P  
Виконує центральну обчислювальну роль у пристрої, забезпечуючи обробку даних з датчиків, управління зарядним процесом і виконання алгоритмів заряджання.
2. Датчики напруги та струму  
Датчики забезпечують точний контроль за станом акумулятора під час заряджання. Зокрема, вони фіксують поточну напругу на клеммах батареї та струм заряджання. Для цього використовувалися недорогі, але надійні сенсори на базі INA226.
3. MOSFET транзистори  
Виступають у ролі силових елементів для управління струмом заряджання. Їх використання забезпечує низькі втрати енергії, швидке перемикання та стабільну роботу пристрою навіть при високих струмах. Крім того, завдяки високій надійності MOSFET транзисторів забезпечується довговічність зарядного пристрою.

#### 4. Дисплей

Для відображення параметрів роботи пристрою, таких як напруга, струм, залишковий час заряджання або повідомлення про помилки, було використано LCD-дисплей 1602 з I2C адаптером. Це дозволило зменшити кількість підключених проводів і спростити схему.

#### 5. Джерело живлення та модулі захисту

Апаратна частина зарядного пристрою включає модуль стабілізації напруги та фільтри для усунення перешкод, а також додаткові модулі захисту:

- Від перенапруги.
- Від перевантаження за струмом.
- Від перегріву пристрою.
- Від зворотної полярності підключення акумулятора.

#### 6. Резистивно-ємнісні компоненти

Забезпечують стабільність роботи схеми, зменшують пульсації та захищають від перешкод у мережі. Їх оптимальний підбір був важливим для досягнення високої точності вимірювань.

#### Особливості реалізації апаратної частини

Важливою перевагою розробленого пристрою є його модульна структура, що дозволяє легко замінювати або додавати нові компоненти. Наприклад, можна інтегрувати бездротовий модуль зв'язку для віддаленого моніторингу або оновити датчики для роботи з іншими типами батарей. Системний підхід до розробки апаратної частини дозволив створити комп'ютеризований зарядний пристрій, що відповідає сучасним вимогам до безпеки, енергоефективності та адаптивності.

#### Програмна реалізація

Основна увага при розробці методів і засоби програмної підтримки вбудованої комп'ютеризованої системи для універсального зарядного пристрою була приділена створенню ефективної та адаптивної прошивки для мікроконтролера ATmega328P, яка забезпечує виконання інтелектуальних алгоритмів заряджання.

Використовуючи мову програмування C++ та інтегроване середовище розробки Arduino IDE, вдалося реалізувати функціонал, що дозволяє гнучко налаштувати процес заряджання під різні типи акумуляторів, забезпечуючи їхню безпеку та енергоефективність.

Основні функції програмного забезпечення

1. Адаптивне заряджання з багатофакторним контролем  
Програма дозволяє забезпечити точний контроль над такими параметрами, як:

- Напруга на акумуляторі.
- Струм заряджання.
- Температура акумулятора та силових елементів.

2. Режими роботи

Прошивка підтримує кілька режимів роботи, які користувач може налаштувати або обираються на основі аналізу параметрів акумулятора:

3. Інтерфейс користувача

Для забезпечення зручності роботи було реалізовано:

- Виведення поточних параметрів заряджання (напруга, струм, стан заряджання) на LCD-дисплей.
- Індикацію стану пристрою за допомогою LED-індикаторів (наприклад, завершення заряджання чи повідомлення про помилку).
- Сповіщення про можливі помилки, такі як перегрів, перевантаження або неправильне підключення акумулятора.

4. Додаткові функції захисту

Реалізовано програмні механізми захисту, що включають:

- Відключення заряджання при перевищенні встановленої температури.
- Захист від короткого замикання.
- Виявлення розриву ланцюга або неправильного підключення батареї.

## Інструменти та засоби програмування

Для розробки та тестування програмного забезпечення використовувалися наступні інструменти: Arduino IDE: забезпечує зручний процес написання, компіляції та завантаження коду на мікроконтролер..

Бібліотеки Arduino: стандартні та сторонні бібліотеки допомогли спростити роботу з периферійними пристроями, такими як дисплей, датчики та модулі захисту.

### Результати програмної реалізації

Створена прошивка дозволила досягти високого рівня адаптивності зарядного пристрою до різних умов роботи та типів акумуляторів. Вона забезпечує:

Ефективне використання ресурсів мікроконтролера.

Надійність і стабільність роботи завдяки продуманій структурі коду.

Простоту у модифікації та доповненні новими функціями, такими як бездротовий моніторинг чи оновлення програмного забезпечення.

Розроблене програмне забезпечення у поєднанні з апаратною частиною утворює надійний і гнучкий зарядний пристрій, що відповідає сучасним вимогам енергоефективності, безпеки та користувацького комфорту.

### Використання програмних інструментів

У процесі роботи над проектом були використані сучасні програмні інструменти, які забезпечили ефективне проектування, розробку та тестування як апаратної, так і програмної частини зарядного пристрою. Це дозволило оптимізувати всі етапи роботи — від створення електричної схеми до налаштування мікроконтролера.

### KiCad EDA

Для створення електричної схеми та розробки друкованої плати використовувалася KiCad EDA — потужна та багатофункціональна система автоматизованого проектування. Використання цього інструменту дозволило:

- Розробити електричну схему пристрою з урахуванням усіх необхідних компонентів, включаючи мікроконтролер, датчики, силові елементи та модулі захисту.

- Створити макет друкованої плати (PCB), оптимізувавши розташування компонентів для мінімізації електромагнітних перешкод і забезпечення надійності роботи.

## Arduino IDE

Для написання, компіляції та завантаження прошивки в мікроконтролер використовувалася Arduino IDE. Цей інструмент надав розробнику простий у використанні інтерфейс та широкий спектр функцій для розробки програмного забезпечення. Завдяки Arduino IDE були виконані наступні завдання:

- Написання коду на мові програмування C++ для реалізації алгоритмів заряджання та управління пристроєм.
- Інтеграція бібліотек для роботи з периферійними пристроями, такими як датчики напруги та струму, дисплей і модулі захисту.
- Завантаження прошивки в мікроконтролер через USB-інтерфейс, що спростило процес налаштування та перевірки роботи пристрою.

Arduino IDE забезпечила високу гнучкість у створенні та модифікації коду. Завдяки використанню численних бібліотек, розробка функціоналу була значно пришвидшена, а підтримка мови C++ дозволила ефективно організувати програмну логіку.

## Перспективи розвитку

Робота заклала міцний фундамент для подальшого вдосконалення методів та засобів програмної підтримки комп'ютеризованого універсального зарядного пристрою, відкриваючи перспективи для розширення його функціональності та підвищення ефективності. Основними напрямками розвитку є:

1. Додавання бездротового модуля
2. Інтеграція більш точних сенсорів
3. Оптимізація алгоритмів заряджання
4. Розширення функціональності для користувача
5. Модернізація апаратної частини.

## 6. Інтеграція з альтернативними джерелами енергії

Можливість адаптації пристрою для роботи від сонячних панелей або інших відновлюваних джерел енергії забезпечить екологічність та енергоефективність.

У ході роботи було розроблено комп'ютеризований універсальний зарядний пристрій, який поєднує простоту апаратної реалізації з гнучкістю програмних рішень. Основою проєкту став мікроконтролер ATmega328P, інтегрований у платформу Arduino Nano, що забезпечило доступність, універсальність і надійність системи. У рамках розробки були виконані такі завдання:

- Створено електричну схему пристрою за допомогою KiCad EDA, що дозволило врахувати всі вимоги до апаратної частини.
- Розроблено методи і засоби програмної підтримки (прошивку) на мові програмування C++ у середовищі Arduino IDE, що реалізує інтелектуальні алгоритми заряджання.
- Виконано тестування пристрою, перевірено його стабільність і відповідність заданим технічним параметрам.

Реалізація проєкту дала змогу на практиці застосувати теоретичні знання в галузі електроніки, схемотехніки та програмування, а також поглибити навички роботи з сучасними інструментами автоматизованого проєктування. Зарядний пристрій продемонстрував високу функціональність, можливість адаптації до різних типів акумуляторів та перспективність використання в реальних умовах. Отримані результати підтвердили доцільність використання мікроконтролерів для створення програмно-апаратних систем із гнучким налаштуванням та високим рівнем інтеграції.

Подальший розвиток методів та засобів підтримки програмної підтримки комп'ютеризованої системи зарядного пристрою відкриває перспективи для вдосконалення функціональних можливостей, забезпечуючи його адаптацію до майбутніх вимог ринку

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino IDE Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.arduino.cc> .
2. ATmega328P Datasheet, Microchip Technology Inc., 2020.
3. Bart Van Damme. Power Supply Design for Engineers. Elsevier, 2021. 340 p.
4. Bishop, Owen. Programming Microcontrollers in C. Newnes, 2007.
5. Dhananjay Gadre. Programming and Customizing the AVR Microcontroller. McGraw-Hill, 2001.
6. Development of Charging Algorithms for Li-ion Batteries. IEEE Transactions on Power Electronics, 2022. Vol. 37, No. 5. P. 4300–4312.
7. Енергозберігаючі технології в роботі зарядних пристроїв [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.energy.gov>
8. Gajski D.D. Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 3rd edition. Springer, 2021. 512 p.
9. INA226 Current Sensor Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.ti.com/product/INA226?keyMatch=ina226&tisearch=universal\\_search](https://www.ti.com/product/INA226?keyMatch=ina226&tisearch=universal_search)
10. KiCad EDA User Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kicad.org>
11. LiFePO<sub>4</sub> Battery Technologies: State of the Art and Future Trends [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/333112345>
12. Mazidi, Muhammad Ali. The AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C. Pearson Education, 2011.
13. Minch, B. "Battery Charging Technology for Portable Devices," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 29, No. 8, 2014, pp. 4579–4591.
14. NXP Semiconductors. Designing Safe Embedded Systems. Application Note [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nxp.com>
15. Open Source Hardware Association. Best Practices for Embedded System Design [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oshwa.org>

16. Owen Bishop. Programming Microcontrollers in C. Newnes, 2007.
17. Pop, V., Bergveld, H. J., Notten, P. H., and Regtien, P. P. L. Battery Management Systems: Design by Modelling. Springer, 2008.
18. Proakis J.G., Manolakis D.G. Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications. 5th edition. Pearson Education, 2020. 992 p.
19. Rashid, M.H., "Battery Chargers for Renewable Energy Applications: A Review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 39, 2014, pp. 131–139.
20. Smith R. Embedded Systems Design. 4th edition. New York: Wiley, 2020. 512 p.
21. STM32CubeMX Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>
22. Технології бездротового зв'язку Wi-Fi для вбудованих систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.wifi.org>
23. Український інститут стандартизації. Рекомендації зі створення друкованих плат. Київ: УкрНДІСТ, 2020.
24. Шкадовський М.І. Алгоритми керування заряджанням акумуляторів: огляд сучасних підходів. Наукові записки кафедри електроніки, 2019. Т. 12, №2. С. 45–58.