

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Кокойло Андрій Дмитрович

УДК 004.925.5

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗАРЯДКИ ТА ТЕСТУВАННЯ
АКУМУЛЯТОРІВ**

Напрямок підготовки 6.050102 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат
бакалаврської роботи
на здобуття кваліфікації бакалавра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Керівник: **Ромакін Володимир Вікторович**
ЧНУ ім. Петра Могили
в.о. доцента каф. комп'ютерної інженерії

Рецензент: доктор пед. наук, професор
Мещанінов Олександр Вікторович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор каф. інтелектуальних інформаційних систем

Консультант: **Алексєєва Анна Олександрівна,**
ЧНУ ім. Петра Могили,
ст. викладач каф. екології Медичного інституту

Захист відбудеться « 24 » червня 2019 р. о 10⁰⁰ на засіданні
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 18 » червня 2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки неупинно зростають обсяги використання різних портативних електронних пристроїв, для живлення яких використовуються акумуляторні батареї. В зв'язку з цим питання наявності засобів об'єктивного контролю технічного стану акумуляторів стає все більш актуальним. Особливо гостро дане питання постає при розгляді варіантів таких засобів, розрахованих на побутове використання, оскільки більшість наявних пристроїв для вимірювання ємності та інших параметрів акумуляторів коштують дуже дорого та передбачають їх використання кваліфікованими спеціалістами в лабораторних умовах.

В той же час при використанні акумуляторів у складі акумуляторних батарей необхідно, щоб всі елементи батареї були в робочому стані та мали приблизно однакову ємність. Якщо хоча б один з послідовно з'єднаних елементів має набагато меншу ємність ніж решта акумуляторів батареї, це призводить до суттєвого погіршення параметрів всієї батареї внаслідок нерівномірної розрядки її елементів. При цьому акумулятори з більшим значенням ємності при роботі розряджаються не повністю, що може призвести до прояву так званого «ефекту пам'яті» в схильних до нього типів акумуляторів, а елементи з меншим значенням ємності можуть розряджатися до нуля, або навіть перезаряджатись в зворотній полярності, внаслідок чого вони ще сильніше втрачають ємність та можуть взагалі вийти з ладу. Для того, щоб запобігти подібним наслідкам необхідно використовувати в складі батареї акумулятори лише однієї моделі з однаковим значенням ємності та періодично перевіряти їх ємність за допомогою спеціального пристрою.

Мета: розробка пристрою для зарядки та тестування ємності різних типів акумуляторів загального призначення.

Для досягнення мети в бакалаврській роботі поставлені та вирішені наступні **задачі:**

- аналіз технічних характеристик, методів зарядки та особливостей використання акумуляторів різних типів;
- аналіз існуючих пристроїв аналогічного призначення;
- розробка апаратної частини пристрою, використовуючи загальнодоступні компоненти та передбачивши можливість подальшої модифікації та вдосконалення;
- розробка програмної частини для забезпечення функціонування спроектованого апаратного модулю;
- виготовлення прототипу пристрою для перевірки його працездатності.

Об’єкт: особливості використання та методи зарядки акумуляторів різних типів; принципи функціонування зарядних пристроїв та пристроїв для тестування акумуляторів загального призначення.

Предмет: пристрій для зарядки на вимірювання ємності акумуляторів.

Використані методи: методи зарядки акумуляторів різних типів; методи вимірювання ємності акумуляторів;

Практичне значення одержаних результатів: практичне значення полягає в тому, що отриманий зарядний пристрій можна використовувати для зарядки та тестування різних типів акумуляторів, вимірювання їх ємності та проведення процесу тренування для її відновлення.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 20 найменувань, 2 додатків на 16 сторінках. Основна частина роботи становить 67 сторінок, серед яких 35 рис. та 8 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність дипломної роботи, сформульовано мету, завдання методи дослідження, подано інформацію про апробацію, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі бакалаврської роботи «Аналітичний огляд інформації по акумуляторам та зарядним пристроям» розглянуто основні типи акумуляторів, які найчастіше використовуються в ролі джерел живлення сучасної портативної електроніки.

В наш час відомо багато різних типів акумуляторів, проте з них можна виділити три типи, які використовуються для живлення сучасної електронної техніки загального призначення:

- лужні (Ni-Cd, NiMH);
- свинцево-кислотні;
- літій-іонні (Li-ion, Li-po, LiFePO₄).

Кожному конкретному типу властиві свої переваги та недоліки, і кожен з них потребує певних специфічних для нього умов експлуатації.

Лужні акумулятори поділяються на два типи – нікель-кадмієві (Ni-Cd), та нікель-метал-гідридні (NiMH). Ці два типи дуже схожі між собою як за конструкцією, так і за електричними характеристиками. Нікель-кадмієві акумулятори до недавніх пір займали перше місце за поширеністю в портативній техніці. Одним з основних недоліків даного типу акумуляторів є наявність так званого «ефекту пам'яті».

«Ефект пам'яті» – це узагальнена назва цілої низки процесів, що протікають в нікель-кадмієвому акумуляторі при певних режимах його роботи та приводять до швидкого зниження його ємності. Даний ефект проявляється при зарядці не повністю розряджених акумуляторів. При повторенні таких неповних циклів розрядки ефект посилюється, призводячи до значного зниження ємності. Виникнення даного ефекту пов'язане зі зміною структури матеріалу електродів, а також забрудненням матеріалу кадмієвого електроду продуктами побічних електрохімічних реакцій та накопиченням цих забруднювачів при неповних циклах заряд-розряд. Для відновлення акумуляторів, які втратили значну частину ємності внаслідок даного ефекту, необхідно провести декілька циклів розряд-заряд з розрядкою акумулятора до напруги 1 В.

Для нікель-кадмієвих та нікель-метал-гідридних акумуляторів стандартною вважається зарядка струмом $0,1C$ (тобто численно рівним 10% від значення номінальної ємності C) протягом 15 годин. Існують також режими швидкої та пришвидшеної зарядки, але для їх реалізації обов'язкове використання температурних датчиків для відслідковування факту завершення зарядки за підвищенням виділенням тепла акумулятором.

Найбільш популярними та перспективними автономними джерелами струму для портативної техніки на сьогоднішній день є різні типи літій-іонних акумуляторів. Їх розробка почалася ще в 70-х роках минулого століття та супроводжувалась певними труднощами. Довгий час не вдавалось створити літїєву батарею, яка була б безпечною в експлуатації. Використання металічного літїю в складі матеріалу електродів призводило до того, що при багатократній перезарядці таких акумуляторів, літїю, що виділяється на негативному електроді при зарядці, утворює довгі гострі кристали, які можуть пробити сепаратор та призвести до міжелектродного короткого замикання. Також металічний літїю має досить низьку температуру плавлення та дуже високу хімічну реакційну здатність, внаслідок чого перші прототипи літїєвих акумуляторів потребували спеціальних заходів безпеки при роботі з ними, оскільки будь-яке порушення умов експлуатації даних акумуляторів могло призвести до їх вибуху. Сучасні літїю-іонні акумулятори набагато безпечніші у використанні, оскільки в них немає металічного літїю. Весь літїю в сучасних літїю-іонних акумуляторах знаходиться в іонізованій формі, вбудований в матеріал електродів, а зарядка та розрядка таких акумуляторів полягає в перенесенні іонів літїю з одного електрода на інший.

Для зарядки літїю-іонних акумуляторів зазвичай використовують метод «CC-CV» (Constant Current – Constant Voltage), який полягає в зарядці акумулятора від джерела з обмеженням напруги до значення напруги повного заряду акумулятора та обмеженням сили струму до певного значення, як правило – $0,5C$. При цьому спочатку акумулятор буде заряджатись стабільним струмом,

а при досягненні максимальної напруги сила струму почне поступово зменшуватись таким чином, щоб напруга залишалась постійною. Коли сила струму впаде до 3–4% від початкового, зарядка припиняється.

У даному розділі також виконано порівняння технічних характеристик деяких популярних моделей зарядних пристроїв, визначено їх недоліки та встановлено ціль подальшої розробки.

У другому розділі бакалаврської роботи «Розробка апаратної частини програмно-апаратного комплексу» проаналізовано основні технічні характеристики обраних компонентів та аргументовано їх вибір, приведено опис принципу функціонування розробленої схеми пристрою в цілому та принципу функціонування окремих її частин.

Розроблена схема складається з двох функціональних частин – аналогової та цифрової (рисунок 1).

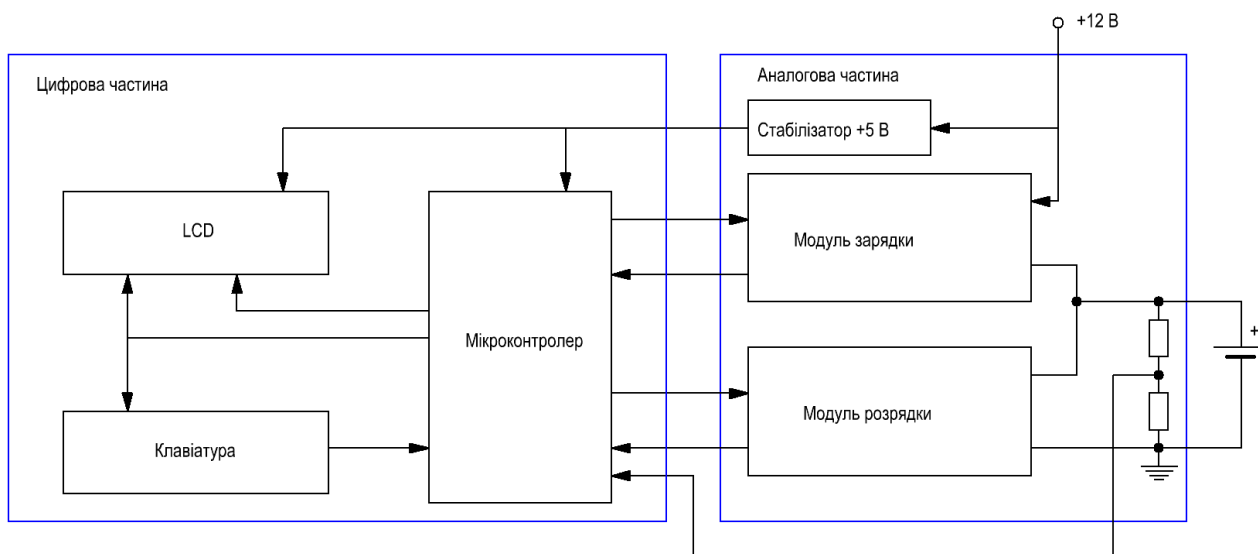


Рисунок 1 – Структурна схема програмно-апаратного комплексу

До складу цифрової частини входить:

- мікроконтролер ATmega8A;
- алфавітно-цифровий дисплей;
- кнопки управління.

Її функція полягає в управлінні аналоговою частиною шляхом подачі ШІМ-сигналів для управління струмом зарядки та розрядки, а також зчитуванні реальних значень струму та напруги на акумуляторі.

Аналогова частина складається з двох джерел струму, побудованих на біполярних транзисторах та операційних підсилювачах.

Аналогова частина схеми функціонально складається з двох керованих джерел струму, побудованих на операційних підсилювачах та дискретних транзисторах. Дані джерела струму автоматично підтримують встановлену силу струму через навантаження, доки це можливо, без втручання мікроконтролера.

При проектуванні схеми пристрою було передбачено подальше розширення функціональних можливостей пристрою, для чого було зарезервовано чотири виводи мікроконтролера: два для реалізації інтерфейсу UART для підключення пристрою до ПК, та ще два для реалізації шини I²C для підключення датчика температури або мікросхеми енергонезалежної пам'яті для збереження даних, отриманих в процесі вимірювання параметрів акумулятора, для їх подальшого перенесення на ПК та візуалізації у вигляді графіків розрядних характеристик.

У **третьому розділі** бакалаврської роботи «**Розробка програмної частини пристрою**» обрано середовище розробки програмного забезпечення та мову програмування, на якій буде проводитись розробка, обгрунтовано необхідність використання програматора для програмування flash-пам'яті мікроконтролера, описано алгоритм роботи програми в цілому та призначення і особливості реалізації окремих функцій програми.

При розробці програмної частини програмно-апаратного комплексу для зарядки та тестування акумуляторів було вирішено використати мову програмування C, та середовище розробки (IDE) Atmel Studio 7.

Мову програмування C було вибрано тому, що вона дає змогу писати досить компактний та швидкий код, що є дуже актуальним при розробці вбудованих систем, особливо в тому випадку, коли вони базуються на досить

повільному (в порівнянні з 32-бітними процесорами) 8-бітному мікроконтролері, яким ї є мікроконтролер ATmega8A. Оскільки вибраний МК містить всього 8 кбайт вбудованої flash-пам'яті, організованої як 4096 шістнадцятибітних комірок, призначених для збереження інструкцій машинного коду процесора, то використання мови програмування більш високого рівня, такої як C++, є недоцільним та призводить до надмірної витрати пам'яті та зниження швидкодії програмного коду, що є досить помітним при значенні тактової частоти процесора 16 МГц.

Для забезпечення високої швидкодії коду всі обчислення в програмі проводяться в цілочисельному вигляді. Якщо необхідно розраховувати дробові величини з фіксованою точністю, вони масштабуються до цілих і в такому вигляді проводяться розрахунки. Зворотне масштабування проводиться при виведенні результату на дисплей шляхом вставки десяткової коми після певної кількості десяткових розрядів числа. Даний принцип роботи з дробовими величинами дуже часто використовується при програмуванні комп'ютерних систем, в складі яких відсутній апаратний блок виконання математичних операцій над числами з плаваючою комою. Використання змінних типу float в даних системах є недоцільним, оскільки вимагає великої кількості обчислювальних ресурсів для виконання математичних операцій, що уповільнює роботу програми.

До складу проекту входять три основних файли вихідного коду, в яких реалізовані основні функції для роботи інтерфейсу та логіки програми, низькорівневі функції для роботи з апаратною частиною та функції для роботи з дисплеєм.

Також в даному розділі було розглянуто структуру користувацького інтерфейсу та продемонстровано роботу пристрою на прикладі зарядки нікель-метал-гідридного акумулятора.

Для діалогу з користувачем в пристрої використано алфавітно-цифровий дисплей 16×2 символів та чотири кнопки: «вліво» («менше»), «вправо»

(«більше»), «підтвердження» («старт») та «назад» («стоп»). Перші дві кнопки призначені для навігації по меню та зміни значення параметрів, останні дві – для переходу між різними рівнями меню та управління станом виконання програми зарядки/розрядки.

Діаграму станів інтерфейсу пристрою показано на рисунку 2.

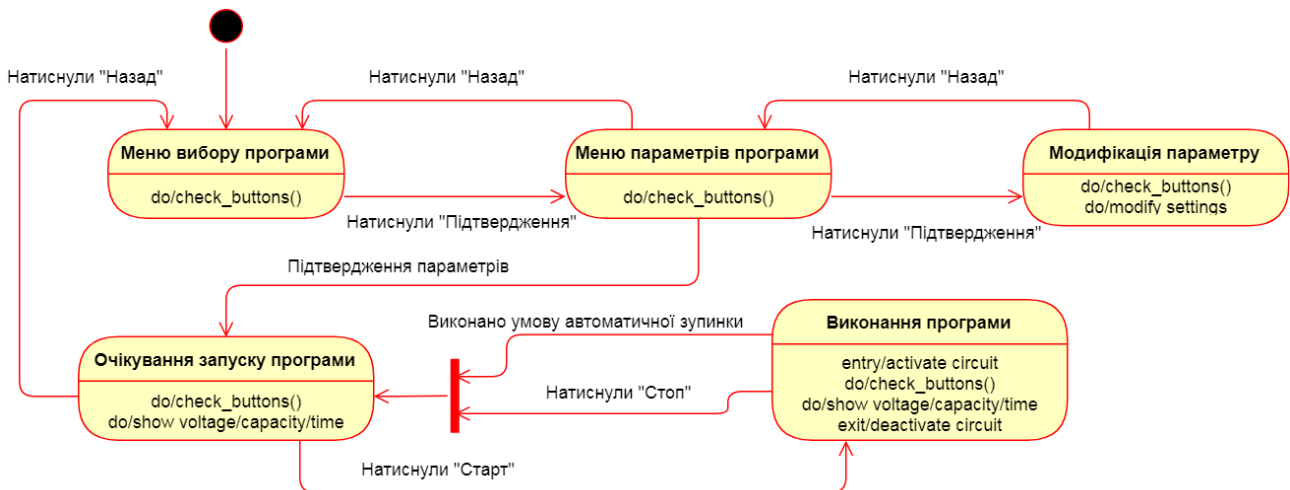


Рисунок 2 – Діаграма станів інтерфейсу пристрою

Одразу після запуску пристрою є можливість вибрати в меню один з трьох варіантів програми: просту зарядку, просту розрядку (для тестування ємності або дорозрядки нікель-кадмієвих акумуляторів) або зарядку з попередньою дорозрядкою (рекомендований режим зарядки нікель-кадмієвих акумуляторів). Після вибору програми відбувається перехід в меню налаштувань параметрів даної програми (сили струму, кінцевої напруги, тривалості, тощо), які можна модифікувати відповідно до рекомендованих параметрів зарядки конкретного типу акумуляторів, або підтвердити їх та перейти до виконання програми. Після підтвердження програма запускається в призупиненому вигляді, що дає змогу підключити акумулятор та перевірити напругу на ньому без зарядки та навантаження. Між активним та призупиненим станом можна перемикається будь-коли при виконанні програми зарядки/розрядки за допомогою кнопок «старт» та «стоп». При досягненні умови завершення, виконання програми автоматично призупиняється.

Додатки містять повну принципову схему пристрою, а також лістинг коду програми для мікроконтролера.

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» наведено аналіз факторів виробничого середовища при роботі з комп'ютерною технікою. Проаналізовано вплив таких факторів, як виробничий шум та вібрація і параметри мікроклімату у виробничому приміщенні, приведено санітарні норми щодо дії даних факторів, а також рекомендації щодо їх мінімізації. Також в даній спеціальній частині розглянуто питання організації робочого місця та питання забезпечення електробезпеки.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи:

1. На основі проведеного аналітичного огляду параметрів акумуляторів різних типів та технічних характеристик деяких популярних моделей зарядних пристроїв визначені вимоги до розроблюваного пристрою, такі, як наявність можливості розрядки акумуляторів стабільним струмом та можливість встановлення низьких значень струмів зарядки та розрядки.

2. Проведено розробку апаратної частини пристрою, використовуючи загальнодоступні електронні компоненти та модулі.

3. Проведено розробку програмного забезпечення для розробленої апаратної частини.

4. Виготовлено прототип пристрою для демонстрації його роботи.

5. Вирішені окремі питання з охорони праці.

Розроблений пристрій можна використовувати для зарядки та тестування різних типів акумуляторів, вимірювання їх ємності та проведення процесу тренування для її відновлення. Розроблений пристрій є універсальним, тобто підтримує роботу з будь-якими типами акумуляторів, напруга яких не перевищує 5 В, та значення струму зарядки та розрядки не перевищує 1 А.

АНОТАЦІЯ

Кокойло А. Д. Програмно-апаратний комплекс для зарядки та тестування акумуляторів. – Кваліфікаційна робота бакалавра з напрямку підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія на здобуття кваліфікації «фахівець з інформаційних технологій». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Бакалаврська робота спрямована на дослідження методів зарядки та тестування різних типів акумуляторів. Практичне значення результатів дослідження та розробки полягає у можливості їх використання при тестуванні різних типів акумуляторів загального призначення.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків та двох додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі досліджуються характеристики та особливості експлуатації найбільш розповсюджених типів акумуляторів; розглядаються методи їх зарядки, а також проводиться порівняння характеристик наявних моделей зарядних пристроїв. У другому розділі проводиться розробка апаратної частини програмно-апаратного комплексу, розглядаються характеристики використаних компонентів та проводиться детальний опис принципів функціонування окремих частин схеми. Третій розділ присвячено розробці програмного забезпечення для контролю режиму роботи програмно-апаратного комплексу; приведено опис середовища розробки Atmel Studio, приводяться блок-схеми алгоритму роботи розробленого програмного забезпечення та описуються деталі його реалізації. У висновках наведено аналіз виконаної роботи та отриманих результатів дослідження та розроблення. У додатку А наведено повну принципову схему пристрою, а в додатку Б – лістинг програмного коду.

Бакалаврська робота містить 67 с. (без додатків), 35 рис., 8 табл., 20 джерел посилання та 2 додатки.

Ключові слова: акумулятор, зарядка, управління енергією, енергетична ємність, ефект пам'яті, АТмега.

ABSTRACT

Kokoilo A. Software and hardware complex for charging and testing of rechargeable batteries. – Bachelor's thesis in the field of training 6.050102 Computer Engineering. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

The Bachelor's Thesis is aimed at researching the methods of charging and testing various types of batteries. The practical value of the research and development results consists in the ability to use them when testing different types of general-purpose batteries.

An explanatory note on Bachelor's Thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions and two appendices. The introduction determines the relevance of the topic, formulated the purpose, object, subject and objectives of research and development of the Bachelor's Thesis. In the first chapter, the characteristics and features of operation of the most common types of accumulators are studied; methods of their charging are considered, as well as a comparison of the characteristics of existing models of chargers. The second chapter deals with the development of the hardware part of the software and hardware complex, reviews the characteristics of the components used and provides a detailed description of the principles of operation of individual parts of the scheme. The third chapter is devoted to the development of software for monitoring the mode of operation of the software and hardware complex; the description of the development environment of Atmel Studio is given, the flow diagrams of the algorithm of the work of the developed software are presented and the details of its implementation are described. The conclusions give an analysis of the work performed and the results of research and development. Appendix A provides a complete schematic diagram of the designed device, and in Appendix B, the listing of the code.

Thesis contains 67 pages (without appendices), 35 figures, 8 tables, 20 references and 2 appendices.

Keywords: rechargeable battery, charging, energy management, energy capacity, memory effect, ATmega.