

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

Дипломна робота
магістра

з теми: **«РОЗРОБКА БАГАТОКАНАЛЬНОГО ВОЛЬТМЕТРА НА
ARDUINO ДЛЯ ФІЗИЧНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ»**

Виконав:
магістрант 2 курсу F1-M22 групи
спеціальності 014 Середня освіта
(Фізика)
Онуфран Владислав Вадимович

Керівник: **Оптасюк С.В.**,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРИЧНІ СИГНАЛИ	7
1.1. Класифікація електричних сигналів	7
1.2. Вимірювання слабких електричних сигналів за допомогою аналого-цифрового перетворювача	16
1.3. Підсилення електричних сигналів за допомогою операційних підсилювачів.....	26
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ARDUINO: ОПИС ТА ОСОБЛИВОСТІ	35
2.1. Що таке Arduino?.....	35
2.2. Експлуатація Arduino UNO.....	37
2.3. Мікроконтролер ATmega328P	38
2.4. Аналого-цифровий перетворювач на Arduino UNO.....	41
2.5. Аналого-цифровий перетворювач ADS1115	41
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА БАГАТОКАНАЛЬНОГО ВОЛЬТМЕТРА	47
3.1. Усунення завад та шумів на аналогових входах.....	47
3.2. Подільник напруги	53
3.3. Моделювання багатоканального вольтметра	55
3.4. Удосконалення схеми багатоканального вольтметра	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТОК 1	65
ДОДАТОК 2	67
ДОДАТОК 3	68

ВСТУП

Актуальність роботи.

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка багатоканального вольтметра на Arduino для фізичного навчального експерименту» актуальна з кількох важливих причин. Почнемо з того, що Arduino та інші мікроконтролери все більше поширюються в наукових та інженерних дослідженнях, що відображає прогрес сучасних технологій. Створення вимірювача напруги з кількома каналами за допомогою технології Arduino має цінне практичне застосування, оскільки дозволяє вимірювати напругу в різних точках для фізичних експериментів. Це особливо корисно для дослідження різних фізичних явищ, де необхідний моніторинг та аналіз коливань напруги в реальному часі.

Крім того, розробка багатоканального вольтметра може мати практичне застосування в освітніх цілях, допомагаючи покращити підходи до вивчення фізики та зробити їх більш доступними для учнів і викладачів. Використання цього типу вольтметра також може виявитися корисним у різних областях наукових досліджень, де вимірювання напруги є важливим компонентом експериментів або досліджень.

Тому ця дипломна робота має практичне значення, сприяє розвитку нових технологій у фізичних вимірюваннях і робить важливий внесок у розширення можливостей фізичних експериментів і досліджень у навчанні учнів.

Мета роботи.

Метою цієї дипломної роботи є розробка та конструювання багатоканального вольтметра з використанням платформи Arduino з метою розширення можливостей вимірювання напруги для фізичних експериментів. Основні завдання включають розробку та створення пристрою, здатного вимірювати напругу одночасно в кількох вузлах, а також кодування програмного забезпечення для простої реєстрації та перегляду даних.

Мета полягає в тому, щоб створити ефективний інструмент для фізичних досліджень, який можна було б використовувати в навчальних установах і наукових лабораторіях. Впровадження багатоканального вольтметра на Arduino

дозволить вчителям і учням кількісно визначати напругу в окремих точках експерименту, що є обов'язковим для розуміння фізичних явищ.

Крім того, метою цієї роботи є дослідження можливостей платформи Arduino для побудови точних і надійних вимірювальних пристроїв. Результати цієї роботи можуть мати практичне застосування в освітніх і наукових установах, а також сприяти розвитку інноваційних підходів до викладання фізики.

Завдання.

- Вивчення сучасних методів вимірювання напруги у фізичних експериментах.
- Визначити основні специфікації для багатоканального вольтметра, щоб забезпечити ефективне використання в дослідженнях і навчанні.
- Розробити схему для багатоканального вольтметра за допомогою Arduino.
- Написати програмне забезпечення для взаємодії з Arduino та збору даних.
- Уможливити одночасне визначення напруги в кількох вузлах.
- Дослідити перспективу збереження та передачі даних для аналізу.
- Випробувати багатоканальний вольтметр на різних величинах напруги.
- Оцінити ефективність і практичну цінність багатоканального вольтметра.
- Оцінити можливості його застосування в освіті.

Об'єкт дослідження.

Багатоканальний вольтметр, на основі Arduino для кількісного визначення напруги у фізичних експериментах.

Предмет дослідження.

Розробка, проектування та оцінка ефективності цього вольтметра. Це включає апаратну та програмну реалізацію, тестування, калібрування та вивчення потенціалу його використання в наукових та освітніх цілях.

Наукова новизна.

Створення високоефективного та доступного багатоканального вольтметра з використанням технології Arduino є новим методом розробки

вимірювальних приладів для фізичних експериментів. Використання Arduino дозволяє поєднати простоту використання з розширеною функціональністю. Розробка обладнання, здатного одночасно вимірювати напругу в декількох точках, уможливорює використання спеціалізованих схем. Це дозволяє проводити більш складні фізичні експерименти.

Інноваційне програмне забезпечення, яке забезпечує зручний збір та аналіз даних по декількох каналах, є ще одним аспектом новизни. Врахування потреб користувачів та розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу прямо у смартфоні сприяють цьому. Вивчення потенційних застосувань розробленого вольтметра в освітніх і дослідницьких цілях, а також його реалізація в реальному світі відкриває нові горизонти для викладання і наукових досліджень.

Ці аспекти інкапсульовані в інноваційному, інтегрованому підході до створення вольтметра. Це може відкрити нові вимірювальні можливості для фізичних експериментів і просунути дослідження з використанням мікроконтролерів.

Використання багатоканального вольтметра на Arduino в освітньому середовищі - це впровадження технологій у навчальний процес. Використання такого пристрою викладачами та учнями сприяє активній взаємодії з сучасними технологіями, стимулюючи допитливість учнів до фізичних наук. Розробка нових педагогічних методів, які передбачають використання багатоканального вольтметра, сприяє підвищенню інтерактивності навчання. Учні можуть більше взаємодіяти з експериментами, спостерігати коливання напруги в реальному часі та самостійно досліджувати фізичні закономірності. Інтеграція багатоканального вольтметра в навчальну практику сприяє розвитку в учнів компетентностей у галузі STEM (наука, технології, інженерія та математика), що є життєво важливим для їхньої підготовки до майбутньої кар'єри в сучасному технологічному світі.

Таким чином, наукова новизна даної роботи в педагогічному вимірі полягає в наданні ефективного інструментарію для підвищення якості

підготовки учнів до професійної діяльності.

Апробація результатів роботи.

Розроблена модель багатоканальний вольтметр була підданий ретельному тестуванню для оцінки його функціональності та придатності для використання в шкільних умовах. Тестування включало низку технічних та педагогічних аспектів. Тестові експерименти підтвердили достатню точність та стабільність вимірювань багатоканального вольтметра при різних рівнях напруги в умовах шкільного експерименту. Отримані в результаті дані відповідали встановленим нормам вимірювань. Можливість проектування багатоканального вольтметра на основі Arduino була підтверджена. Просторовий аспект дозволяє ефективно використовувати його для реальних шкільних досліджень та експериментів.

Уроки та навчальні експерименти, що можуть бути проведені з вольтметром, зацікавлять учнів своєю інтерактивністю та можливістю власних вимірювань. Інтерес учнів до фізичних наук підвищився. Вольтметр успішно сприятиме розвитку ключових навичок учнів у сфері STEM, а саме науки, технологій, інженерії та математики. Учні матимуть змогу вивчати фізичні принципи на практиці. Вчителі матимуть можливість оцінити зручність і простоту використання вольтметра в класі. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволить ефективно організувати урок і спростити процес викладання.

ВИСНОВКИ

Доступність і простота використання платформи Arduino уможливили її технічне застосування. Просте програмування та розширювана функціональність роблять його ідеальним інструментом для шкільних експериментів.

Впровадження інноваційних технологічних рішень, що дозволяють одночасно вимірювати напругу в декількох точках, робить розробку унікальною та конкурентоспроможною серед електронних вимірювальних приладів.

Інтерактивність багатоканального вольтметра та практичне залучення учнів активізує навчальний процес. Проведення власних експериментів викликає в учнів інтерес до предмета.

Розробка та використання вольтметра означає технологічний прогрес у педагогічних методах. Інтеграція сучасних технічних засобів у навчальну практику підвищує якість освіти до рівня сучасних стандартів.

Багатоканальний вольтметр допомагає учням розвивати основні STEM-навички, надаючи їм можливість практичного експериментування в науці, техніці, інженерії та математиці.

Нові технічні засоби також повинні забезпечувати зручність роботи вчителя. Система повинна мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що сприятиме ефективному проведенню уроків та навчальних експериментів.

Таким чином, розроблений багатоканальний вольтметр на базі Arduino є високоефективним і цінним освітнім ресурсом. Його технічні переваги в поєднанні з педагогічними можливостями є важливим ресурсом для розвитку якісної, сучасної шкільної освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Analog-to-digital converters: A comparative study and performance analysis; Saima Bashir, Samiya Ali, Suhaib Ahmed, Vipin Kakkar: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7813861/>
2. Analog-to-Digital Conversion - Engineering LibreTexts; James M. Fiore: https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Electrical_Engineering/Electronics/Operational_Amplifiers_and_Linear_Integrated_Circuits_-_Theory_and_Application_%28Fiore%29/12%3A_Analog-to-Digital-to-Analog_Conversion/12.05%3A_Section_5-
3. AC power meter design based on Arduino: Multichannel single-phase approach; Nattachart Tamkittikhun, Thitinan Tantidham, Puwadech Intakot: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7401422>
4. Building a Digital Voltmeter using Arduino UNO; Pooja Velavan: <https://www.learnelectronicsindia.com/post/building-a-digital-voltmeter-using-arduino-uno>
5. Analyzing and Solving Fixed-frequency Spur Issues in High Precision ADC Signal Chains; Steven Xie: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/analyzing-and-solving-fixed-frequency-spur-issues-in-high-precision-adc-signal-chains.html>
6. How to Reduce and Remove Noise In Analog Signals From Your PCB; Zachariah Peterson: <https://resources.altium.com/p/removing-noise-analog-signals-your-pcb>
7. Reducing Noise, Artifacts and Interference in Single-Channel EMG Signals; Marianne Boyer, Laurent Bouyer, Jean-Sébastien, Alexandre Campeau-Lecours: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/6/2927>
8. Classification of Signals used in Electrical Engineering; Marie Christiano: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/classification-of-signals-used-in-electrical-engineering/>
9. Signal Classifications and Properties; Rice University: https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Electrical_Engineering/Signal_Processin

- g and Modeling/Signals and Systems %28Baraniuk et al.%29/01%3A Introduction to Signals/1.01%3A Signal Classifications and Properties
10. Analogue to Digital Converter - Basic Electronics Tutorials and Revision:<https://www.electronics-tutorials.ws/combination/analogue-to-digital-converter.html>
 11. Characterization of an analog-to-digital converter frequency response by a Josephson arbitrary waveform synthesizer; Javier Díaz de Aguilar, J. R. Salinas, Oliver Kieler, Raúl Caballero, Ralf Behr, Yolanda A Sanmamed, Ángel Méndez: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6501/aafb27/pdf>
 12. Precision Pressure Sensor Measurements Using the MAX11254 Analog-to-Digital Converter: <https://www.analog.com/en/design-notes/precision-pressure-sensor-measurements-using-the-max11254-analogtodigital-converter.html>
 13. What is an Op-Amp? Operations Amplifier Circuits Explained: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/what-is-an-op-amp>
 14. Operational Amplifier Basics, Types and Uses: <https://www.monolithicpower.com/en/operational-amplifiers>
 15. Part 1 Amplifiers - University of Oxford; Dr Collins: https://www.robots.ox.ac.uk/~gari/teaching/b18/background_lectures/1P2-Op-Amp-Circuits-L1-Notes-Collins.pdf
 16. What is Arduino? | Arduino Documentation: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/whats-arduino>
 17. Getting Started with Arduino | Arduino Documentation; Karl Söderby: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-arduino/>
 18. Arduino Reference - Arduino Reference: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
 19. What is Arduino? | How Arduino Works? | Features and Applications – EDUCBA; Priya Pdamkar: <https://www.educba.com/what-is-arduino/>
 20. Introduction to Arduino: History, Hardware, and Software; Antonio Armenta: <https://control.com/technical-articles/introduction-to-arduino-history-hardware-and-software/>
 21. Arduino Docs | Arduino Documentation: <https://docs.arduino.cc/>

22. ATMEGA328P Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425630/ATMEL/ATMEGA328P.html>
23. Analog to Digital conversion in Arduino – GeeksforGeeks; Manikandansanmugam: <https://www.geeksforgeeks.org/analog-to-digital-conversion-in-arduino/>
24. Interfacing ADS1115 16-Bit ADC with Arduino – Electropeak; Mohammad Damirchi: <https://electropeak.com/learn/interfacing-ads1115-16-bit-adc-with-arduino/>
25. ADS111x Ultra-Small, Low-Power, I 2C-Compatible, 860-SPS, 16-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator: <https://electropeak.com/learn/download/ads1115-module-datasheet/>
26. Eliminate Electromagnetic Interference In Analog Water Quality Systems: <https://www.phionics.com/2020/10/15/eliminate-electromagnetic-interference-in-analog-systems/>
27. Electromagnetic Interference (EMI) Filtering Reduces Errors in Precision Analog Applications; Henri Sino: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/how-emi-filtering-reduces-errors.html>
28. How to Reduce and Remove Noise In Analog Signals From Your PCB; Zachariah Peterson: <https://resources.altium.com/p/removing-noise-analog-signals-your-pcb>
29. 3 ways to reduce power-supply noise with power modules; Sheetal Liddar: https://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/posts/3-ways-to-reduce-power-supply-noise-with-power-modules
30. Student understanding of first order RC filters - AIP Publishing; Pieter Coppens, Johan Van den Bossche, Mieke De Cock: <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article/85/12/937/1039225/Student-understanding-of-first-order-RC-filters>
31. Passive Low Pass Filter - Passive RC Filter Tutorial: https://www.electronicstutorials.ws/filter/filter_2.html

32. RC Filters - Stanford University; M. Horowitz, J. Plummer, R. Howe:
https://web.stanford.edu/class/archive/engr/engr40m.1178/slides_sp17/lecture14.pdf
33. Voltage Dividers Explained: Parallel & Series Resistor Potential; Josh Bishop:
<https://www.circuitbread.com/tutorials/voltage-divider>
34. Voltage Divider Circuits; Divider Circuits And Kirchhoff's Laws:
<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-6/voltage-divider-circuits/>
35. Designing the Feedback Voltage Resistor Divider in a DC/DC Converter:
<https://www.monolithicpower.com/designing-the-feedback-voltage-resistor-divider-in-a-dcdc-converter>
36. Arduino and HC-05 Bluetooth Module Complete Tutorial; Puneeth Kumar:
<https://www.makerguides.com/arduino-and-hc-05-bluetooth-module-complete-tutorial/>
37. All about HC-05 Bluetooth Module | Connection with Android; Adnanirshad:
<https://www.geeksforgeeks.org/all-about-hc-05-bluetooth-module-connection-with-android/>
38. HC-05 Datasheet | Bluetooth Transceiver Module | Custom; Daniel Hertz:
<https://maker.pro/custom/tutorial/hc-05-bluetooth-transceiver-module-datasheet-highlights>
39. Beginner's Guide to using the Bluetooth HC-05 Module with an Arduino:
<https://www.codeproject.com/Articles/1249451/Beginners-Guide-to-using-the-Bluetooth-HC-module-w>