

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega

328p

Назва теми

КвРБКІ 210494.21.04.41 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 KI2-21-4


Підпис

Віктор ШУНЕВИЧ

Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Андрій НІЧЕПОРУК

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

« 2 » 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

Віктору ШУНЕВИЧУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-технічний засіб вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера Atmega 328p

Керівник проекту (роботи) Нічепорук А.О., доц кафедри КІС

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 07.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Аналіз відомих систем та програмно-технічних засобів вимірювання часу на базі мікроконтролерних модулів

Проектування програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера atmega328p

Реалізація програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера atmega 328p

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

Структура програмно-технічного пристрою

Схема електрична принципова

Монтажна схема

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2025	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 – Аналіз відомих відомих засобів вимірювання часу на базі мікроконтролерних модулів	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування програмно-технічного засобу вимірювання часу	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – Реалізація програмно-технічного засобу вимірювання часу	30.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Віктор ШУНЕВИЧ

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Андрій НІЧЕПОРУК

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega 328p».

Автор роботи: *Віктор ШУНЕВИЧ.*

Керівник роботи: *Андрій НІЧЕПОРУК.*

Пояснювальна записка: *60 с., 27 рис., 2 табл., 3 дод., 55 джерела.*

Графічна частина: *3 креслення.*

ЗАСІБ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ У ФОРМІ ПІСОЧНОГО ГОДИНИКА.

Розвиток сучасної електроніки та мікроконтролерної техніки відкриває нові можливості для створення інноваційних пристроїв вимірювання часу. Пісочний годинник як класичний прилад для відліку часу може бути суттєво модернізований за допомогою сучасних технічних рішень, зокрема з використанням мікроконтролера Atmega 328p.

Мікроконтролер Atmega 328p надає широкі можливості для реалізації складних алгоритмів управління, обробки сигналів від датчиків положення піску та забезпечення точного електронного обліку часу. Такий підхід перетворює звичайний пісочний годинник на високотехнологічний пристрій з розширеними функціональними характеристиками.

Використання мікроконтролера Atmega 328p дозволяє реалізувати низку інноваційних підходів до вимірювання часу. Зокрема, з'являється можливість здійснювати точний електронний облік часу, встановлювати довільні часові інтервали, забезпечувати електронну індикацію залишкового часу та інтегрувати додаткові функції сповіщення та моніторингу.

Такий підхід є принципово новим словом у розвитку технічних засобів вимірювання часу, демонструючи потужний потенціал мікроелектроніки у модернізації класичних приладів.

Підпис студента





Вшун

Дата

*19 травня
2025 р*

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНО-ТЕХІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ МОДУЛІВ	6
1.1 Загальні засади, принцип роботи та сфери застосування пісового годинника.....	6
1.2 Аналіз відомих системи та програмно-техічних засобів вимірювання часу на базі мікроконтролерних модулів	8
1.3 Аналіз комерційних рішень вимірювання часу	18
1.4 Постановка задачі.....	21
2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ У ФОРМІ ПІСОЧНОГО ГОДИНИКА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА328P	23
2.1 Вимоги до проєктованого програмно-технічного засобу, постановка задачі розробки засобу вимірювання часу.....	23
2.2 Структура програмно-апаратного пристрою	24
2.3 Аналіз обраних рішень	31
2.3.1 Аналіз апаратних рішень.....	31
2.3.2 Аналіз програмних рішень.....	38
2.4 Оцінка вартості компонентів Програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісового годинника на базі мікроконтролера Atmega 328p.....	40
2.5 Висновки	42
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ У ФОРМІ ПІСОЧНОГО ГОДИНИКА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА 328P	43

КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Пісовий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega 328p	Літера	Арквш	Арквшів
Виконав		Шуневич В.		19.05.25				
Перевір.		Нічепорук А.О.		18.05.25			2	60
Н.контр.		Кисіль Т.М.		19.05.25		ХНУ, КІ2-21-4		
Затвер		Павлова О.О.		18.05.25				

3.1 Програмна реалізація для мікроконтролера Atmega 328p	43
3.2 Операційна логіка.....	47
3.3 Макет 3-d моделі для корпусу програмно-технічного пристрою	49
3.4 Тестування спроектованого ПТП	53
3.4.1 Апаратне тестування	54
3.4.2 Програмне тестування.....	55
3.4.3 Функціональне тестування.....	56
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТОК А Копія креслення «Структура програмно-технічного пристрою»....	63
ДОДАТОК Б Копія креслення «Схема електрична принципова»	64
ДОДАТОК В Копія креслення «Монтажна схема»	65

ВСТУП

У сучасному світі цифрових технологій велика увага приділяється не лише функціональності, а й візуальній привабливості та інтуїтивності взаємодії з пристроями. Класичні методи відліку часу, яким є пісочний годинник, залишаються популярними завдяки своїй простоті, символічності та зрозумілості. Пісочний годинник це не лише засіб для вимірювання проміжку часу, але й естетичний об'єкт, що асоціюється з рівномірністю, спокоєм та плином часу. У поєднанні з сучасними мікроконтролерними технологіями та елементами індикації, такими як світлодіоди, виникає можливість реалізувати функціональний, стильний і програмовано-керований пристрій.

У рамках даної роботи реалізовано програмно-технічний засіб, що імітує дію пісочного годинника, побудований на базі мікроконтролера Atmega328p (Arduino Nano) одного з найпоширеніших і доступних мікроконтролерів, який широко використовується у вбудованих системах та навчальних проектах. Візуалізація процесу «пересипання піску» реалізується за допомогою світлодіодної матриці, на якій окремі світлодіоди послідовно гаснуть або засвічуються, створюючи ефект руху піщинок зверху вниз демонструючи цим тривалість часу. Кожна така "піщинка" відповідає певному інтервалу часу. Такий підхід дозволяє не лише зобразити плин часу, а й гнучко налаштувати загальну тривалість циклу.

Пристрій має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс керування також за допомогою кнопок користувач може обирати тривалість відліку, а також запускати або зупиняти годинник. Живлення пристрою може здійснюватися як від зовнішнього джерела, так і автономно (наприклад, від батареї або через порт USB). Крім того, реалізація даного годинника дозволяє розширення функціональності — наприклад, додавання звукового сигналу після завершення циклу або синхронізація з іншими пристроями.

Подібний пристрій може застосовуватись у побуті як кухонний таймер, інтервальний таймер для вправ, елемент дизайну приміщень, або як навчальний

приклад для ознайомлення з мікроконтролерним програмуванням, принципами роботи таймерів, керування індикацією та обробкою подій від кнопок.

Метою даної роботи є проектування, розробка та реалізація прототипу програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера Atmega328p з використанням світлодіодної індикації.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання та візуалізації часу в мікроконтролерних системах.

Предметом дослідження є програмно-технічний засіб вимірювання часу у формі пісочного годинника, побудований на основі мікроконтролера Atmega328p, із використанням світлодіодної матриці та елементів керування.

					КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНО-ТЕХІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ МОДУЛІВ

1.1 Загальні засади, принцип роботи та сфери застосування пісового годинника

Пісковий годинник – це пристрій для вимірювання часу, що працює за принципом рівномірного пересипання сипучого матеріалу (зазвичай дрібного піску) через вузький прохід між двома з'єднаними скляними колбами. Він використовується для відліку фіксованого проміжку часу, який визначається об'ємом піску та розміром отвору.

Конструкція пісового годинника передбачає герметичне з'єднання двох резервуарів або іншими словами колб вузькою струєю, що забезпечує стабільний потік піску без впливу зовнішніх факторів, таких як вологість та тиск. Час пересипання визначається фізичними характеристиками піску: розміром та формою частинок, їхньою щільністю та тертям між собою. Найпростіший пісковий годинник можна побачити на Рис 1.1.



Рисунок 1.1 – Найпростіший пісковий годинник

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1.2 Аналіз відомих системи та програмно-технічних засобів вимірювання часу на базі мікроконтролерних модулів

На сьогодні існує досить велика кількість програмно-технічних систем та засобів вимірювання часу. Зокрема, одним із них є проєкт «вічного» годинника LumiTime, реалізованого на базі мікроконтролера ATtiny13. Пристрій вирізняється автономністю завдяки живленню від сонячних елементів і використанню енергозберігаючих алгоритмів. Індикація часу відбувається через 12 світлодіодів, а активація — лише за натисканням кнопки, що зменшує споживання енергії. Проєкт є повністю відкритим, доступний для відтворення. Схему проєкту можна побачити на рисунку 1.2 [dou.ua/forums/topic/47864].

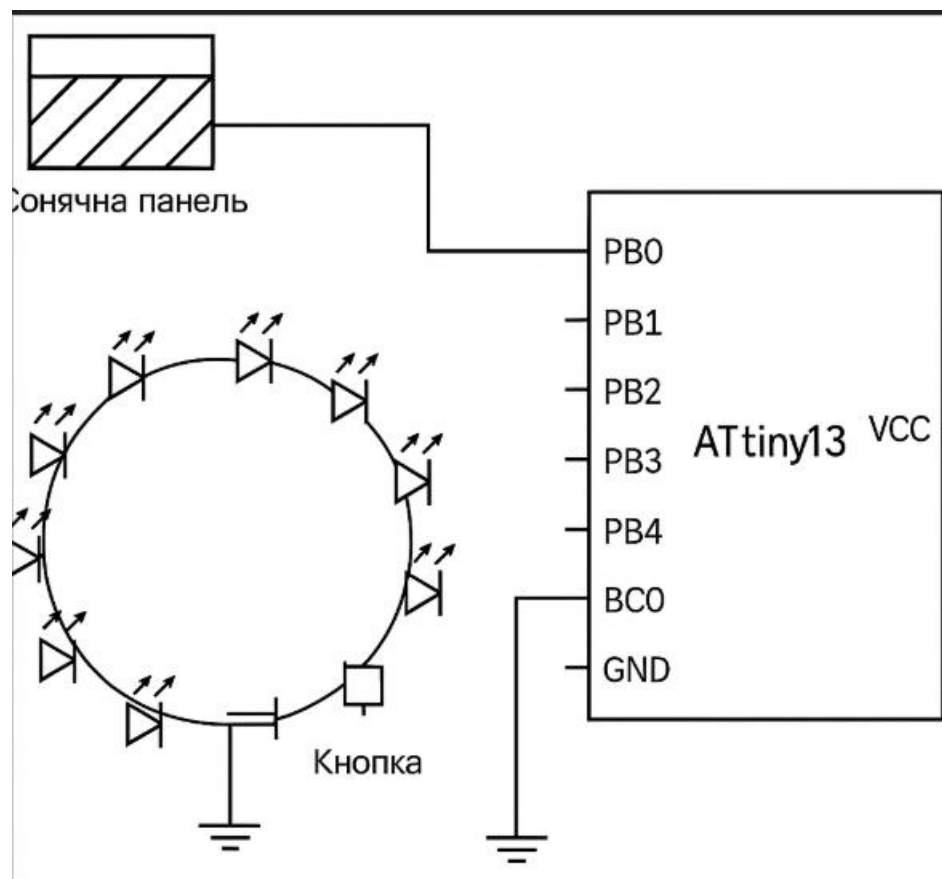


Рисунок 1.2 – Схема вічного годинника

Мікроконтролер годинника працює в режимі зниженого енергоспоживання. Кожні 0,5 секунди він виходить із сну, виконує короткий цикл (що триває

приблизно 100 наносекунд), оновлює внутрішній лічильник мілісекунд і повертається у сплячий режим, де споживання струму складає лише 3–5 мікроампер. Цей цикл регулюється внутрішнім сторожовим таймером (Watchdog Timer), побудованим на нестабільному RC-генераторі.

Схема пристрою має обмежене місце у корпусі наручного годинника тому було використано по мінімальній кількості та у мініатюрному виконанні. Це можна побачити на схемах на рис. 1.3-1.4.

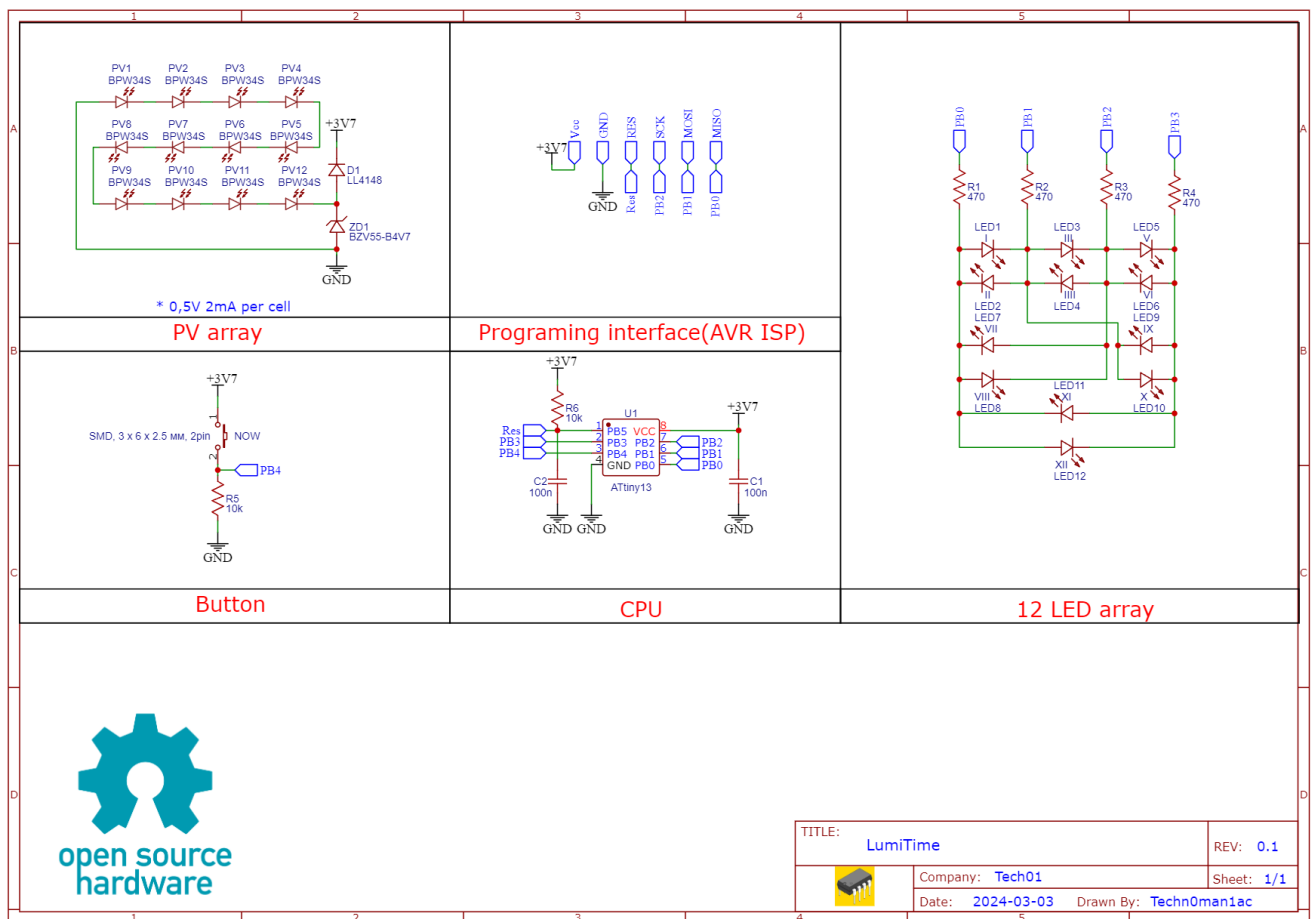
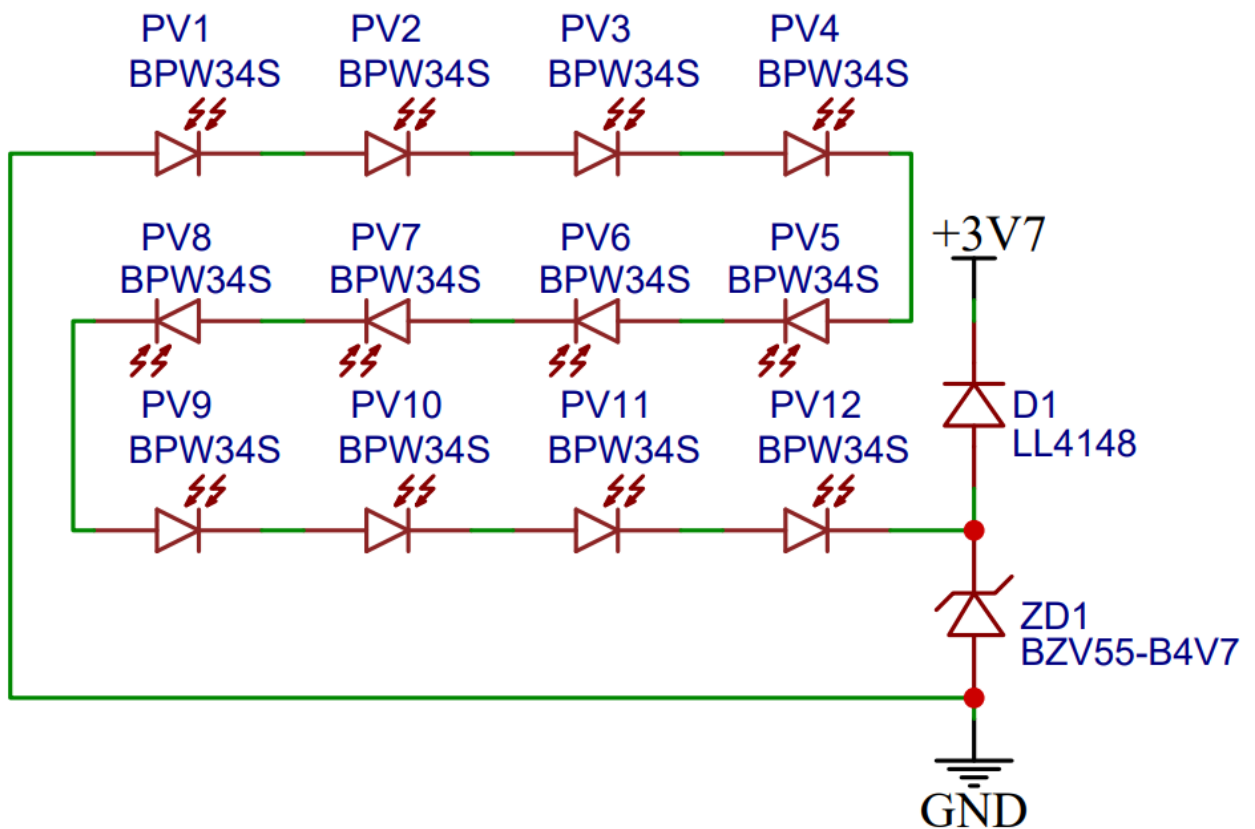


Рисунок 1.3 – Електрична схема вічного годинника

Інтерфейс пристрою максимально простий: одна кнопка "NOW" та 12 червоних світлодіодів, розташованих по колу й позначених римськими цифрами. Особливістю є використання традиційної римської четвірки «III», як данина класичному годинникарству. При натисканні кнопки годинник активується та відображає спочатку години (одним світлодіодом), а через 0,5 секунди — хвилини,

з точністю до 5 хвилин (наприклад, 5, 10, 15 тощо). Після цього пристрій автоматично повертається в режим сну для збереження енергії.

[dou.ua/forums/topic/47864]



* 0,5V 2mA per cell

Рисунок 1.4 – Схема вічного годинника

Проект має два варіанти виконання: базовий, розроблений у середовищі EasyEDA, та повну апаратну реалізацію у вигляді РСВ-моделі (друкованої плати), що дає змогу візуально оцінити конструкцію, провести перевірку з'єднань і одразу замовити виготовлення плати безпосередньо у середовищі, де вона була розроблена. Такий підхід значно спрощує процес створення фізичного зразка пристрою при цьому користувач отримує повністю готову до виробництва плату з урахуванням усіх параметрів трасування, монтажних отворів, розташування компонентів тощо.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

На рисунках 1.5–1.7 представлено процес проектування плати у середовищі EasyEDA з візуальної точки зору дає змогу побачити процес від компонування схеми до фінального вигляду друкованої плати, що дозволяє оцінити як функціональність, так і ергономіку плати та до її розмірів та ще до її фізичного виготовлення.

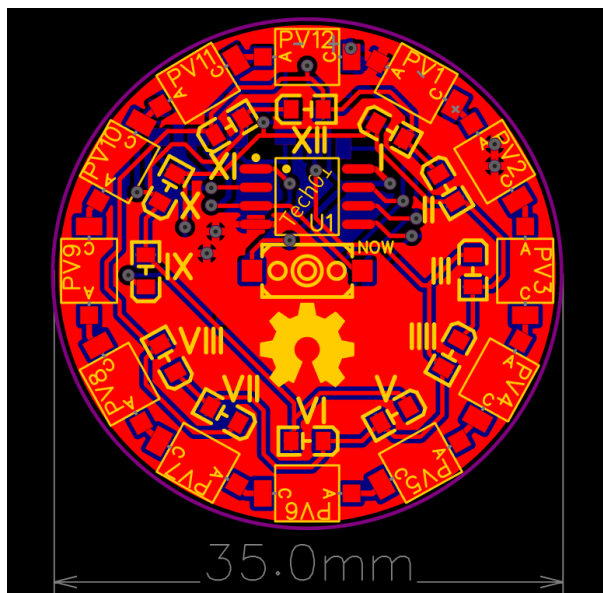


Рисунок 1.5 – Схема вічного годинника на етапі розводки плати

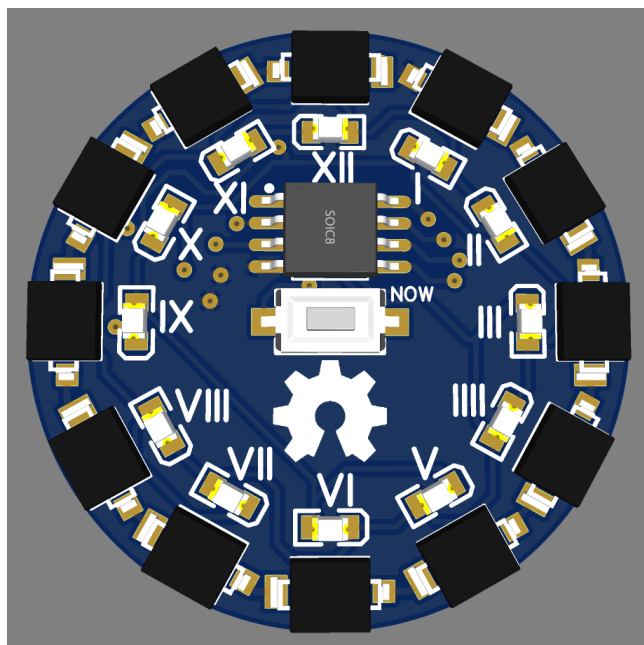


Рисунок 1.6 – Схема вічного годинника (передня частина)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

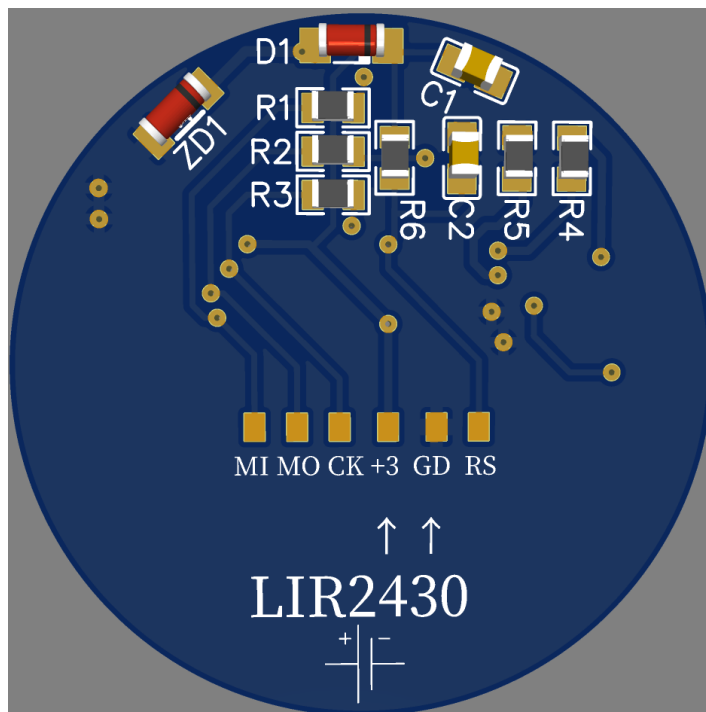


Рисунок 1.7 – Монтажна схема вічного годинника

На друкованій платі передбачено спеціальні виводи (піни) для прошивки мікроконтролера які продемонстровані на рисунку 1.7. Для зручності підключення а зазвичай підпаювання до цих контактів тонкі дроти, вирізані з LPT-кабелю. Вони добре підходять для цієї мети тому що досить м'які, щоб не пошкодити доріжки на платі, але водночас достатньо гнучкі, щоб зручно під'єднуватися до програматора або контролера без додаткового навантаження на пайку.

Для прошивки мікроконтролера використовується плата Arduino Nano, на яку попередньо завантажено скетч AVR as ISP, що дозволяє використовувати її як програматор.

Підключення здійснюється наступним чином.

- 3V (живлення плати) з'єднується з 5V на Arduino Nano;
- MI (Master In) підключається до MISO (пін D11 на Arduino);
- MO (Master Out) до MOSI (D12);
- CK до SCK (D13);
- RS до RESET (D10);
- GD до GND (земля).

Одним із прикладів сучасного підходу до побудови систем вимірювання та індикації часу є проєкт «DIY ESP32 Smart Clock», реалізований на основі мікроконтролерного модуля ESP32. Даний пристрій поєднує в собі функціональність традиційного годинника, будильника, а також метеостанції з підключенням до мережі Інтернет.

Таким чином отримуються підібрані елементи та складену схему з проєкту для реалізації яку можна побачити на рисунку 1.8

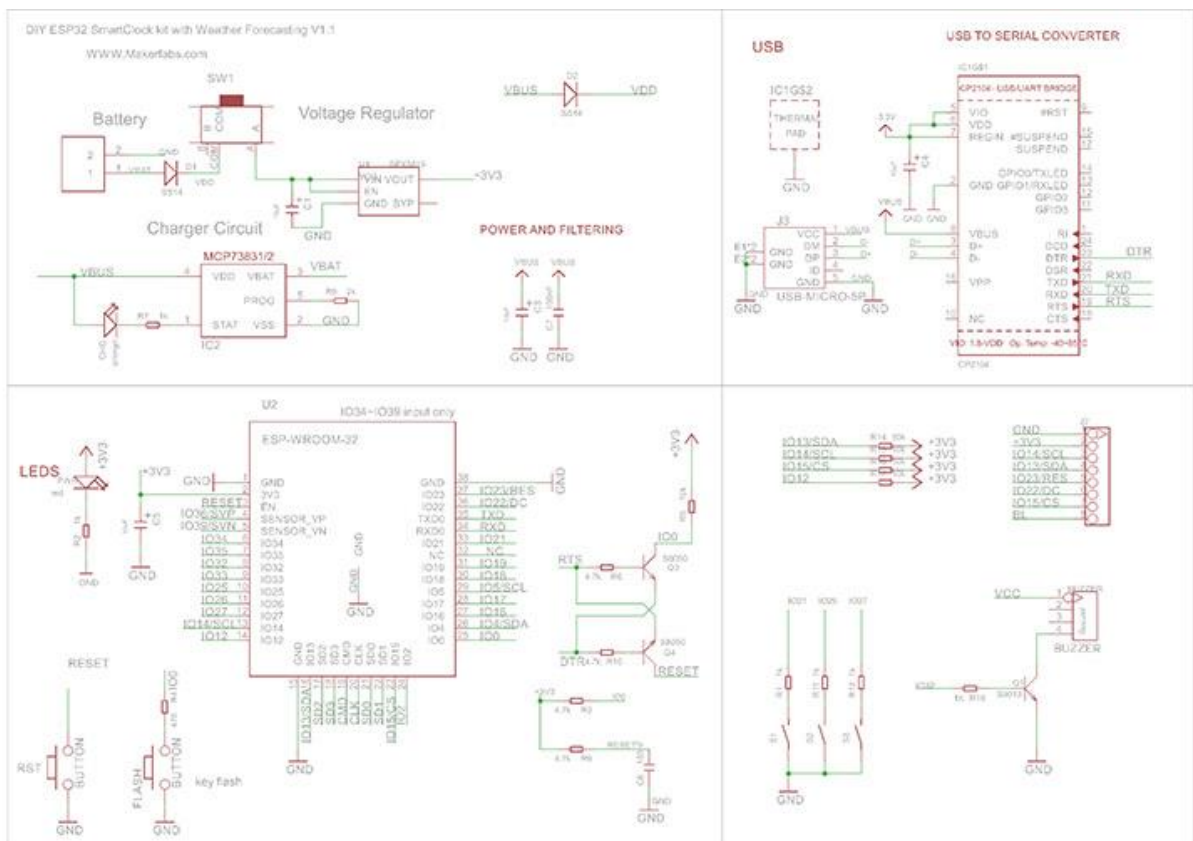


Рисунок 1.8 – Електрична схема пристрою

Апаратна частина системи включає в себе мікроконтролер, 3.5 дюймовий дисплей з сенсором, RTC-модуль (DS3231), динамік.

- мікроконтролер ESP32, який забезпечує основну обчислювальну логіку та бездротовий зв'язок через Wi-Fi;
- 3.5-дюймовий TFT-дисплей з сенсором, що дозволяє реалізувати графічний інтерфейс та сенсорне керування;



Рисунок 1.10 – Демонстрація роботи будильника



Рисунок 1.11 – Демонстрація роботи будильника (продовження)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.12 – Демонстрація роботи часовий пояс



Рисунок 1.13 – Демонстрація роботи погоди

Розглянутий проєкт демонструє можливість створення багатофункціонального годинника з розширеним функціоналом, що значно перевершує звичайні цифрові годинники. Пристрій має відкриту архітектуру та

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ

Арк.
17

гнучкість у розширенні функцій, що робить його придатним як для побутового використання, так і як навчальний або дослідницький зразок. [<https://www.makefabs.cc/article/how-to-make-a-diy-esp32-smart-clock-at-home.html>].

1.3 Аналіз комерційних рішень вимірювання часу

Цифрові пісочні годинники це інноваційне поєднання класичного принципу вимірювання часу (пісоку у колбі) та сучасних електронних технологій. Такі пристрої призначені як для декоративних, так і для практичних цілей: таймерів, іграшок, подарунків, аксесуарів для настільних ігор тощо. Особливу популярність вони здобули в стилістиці "кіберпанк" або "технодекор", де відіграють роль естетичних аксесуарів для інтер'єру. Прикладом годинника з сайту зображено на рисунку 1.14.

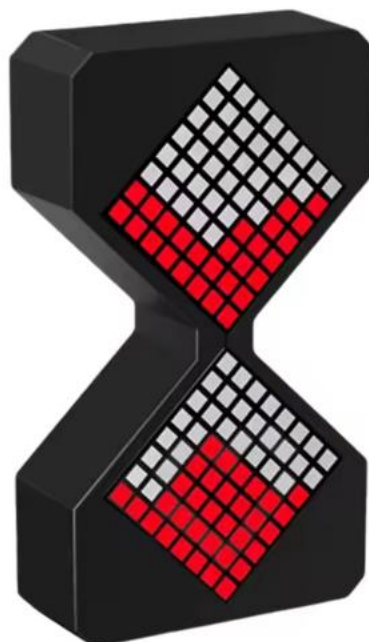


Рисунок 1.14 – Приклад годинника

Проаналізовано товари на онлайн платформах з продажу товарів таких як AliExpress, Amazon, Etsy та eBay. Усі пристрої "пісочний годинник" об'єднує призначення та виконання функцій таймеру, також було виявлено подібність у

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ключових переваг є доступна ціна. Пісочні годинники коштують значно дешевше за електронні аналоги. Окрім того, вони відразу готові до експлуатації(використання) та не потребують інструкцій чи попередньої підготовки.

Разом з тим, пісочні годинники мають і певні недоліки. Зокрема, вони не передбачають можливості модифікації користувач не може змінити тривалість відліку часу (у деяких моделях регулювання часу до 10 хвилин) чи додати нові функції. Функціональність таких пристроїв є доволі обмеженою, адже вони виконують лише одну задачу відлік фіксованого проміжку часу або іншими словами таймер. Через масове виробництво багато моделей позбавлені унікальності, мають схожий зовнішній вигляд і не вирізняються індивідуальними рисами. Також варто зазначити, що бюджетні моделі часто виготовляються з неякісних матеріалів, що негативно впливає на їхню довговічність та надійність у використанні.

Комерційні цифрові пісочні годинники охоплюють сегмент недорогих іграшок та сувенірів. Їхній функціонал орієнтований на візуальний ефект і мінімальну взаємодію з користувачем. Для більш розширених функцій або індивідуалізації оптимальним рішенням є створення власного пристрою (DIY), що дозволяє адаптувати дизайн та функціонал під конкретні потреби або наукову мету зокрема, в межах дипломного проєкту.

1.4 Постановка задачі

Було проаналізовано відомі рішення для проєкту пісочного годинника. Також було встановлено, що цим рішенням притаманні такі недоліки, як обмежена функціональність, низька точність відображення часу, складність у масштабуванні та відсутність інтерактивності. Тому актуальним завданням є розробка цифрового пісочного годинника з розширеним функціоналом, покращеною точністю та можливістю адаптації до різних сценаріїв використання. З цією метою потрібно вирішити ряд етапів:

					КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1. Сформувати вимоги до функціональності та технічних характеристик пристрою.
2. Розробити структуру апаратного та програмного забезпечення.
3. Виконати прошивку мікроконтролера згідно з розробленим алгоритмом.
4. Розробити електричну принципову схему пристрою.
5. Провести тестування роботи пристрою та його окремих компонентів.

					КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ У ФОРМІ ПІСОЧНОГО ГОДИНИКА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА328Р

2.1 Вимоги до проєктованого програмно-технічного засобу, постановка задачі розробки засобу вимірювання часу

У сучасному світі технології проникають у всі сфери життя, замінюючи або вдосконалюючи традиційні речі. Одним із таких пристроїв є цифровий пісочний годинник, який поєднує естетику класичного таймера з сучасними електронними рішеннями. Він не лише слугує стильним аксесуаром, а й може виконувати практичні функції в різних сферах – від навчання та медитації до інтерактивних ігор і таймерів для кухні.

Цифровий пісочний годинник повинен відповідати ряду функціональних та технічних вимог. Основна вимога – реалістична імітація пересипання піску за допомогою світлодіодної матриці та можливість автоматичного перезапуску після перевертання. Пристрій має бути компактним, автономним, енергоефективним та простим у використанні.

Загалом при проєктуванні програмно-технічного засобу було сформульовано наступні функційні вимоги:

- до функціональних вимог відноситься реалізація ефекту пересипання "піску" на світлодіодній матриці;
- визначення положення пристрою у просторі та зміна анімації відповідно до нього. Це може корисно для візуального сприйняття користувачем ефекту пересипання, що дозволить підлаштувати роботу пристрою під конкретного користувача;
- можливість вибору часу відліку за допомогою кнопок та звісно ж автоматичний перезапуск після перевертання. Кнопки мають бути досить великими та зручними, що дозволить користувачам виконати досить швидко операції налаштування роботи пристрою;

– компактність і зручність у використанні правильної побудованої моделі корпусу.

Технічні вимоги включають в себе використання малопотужних компонентів для забезпечення автономності та надійне кріплення всіх компонентів у корпусі.

Сумісність програмного забезпечення з платформою Arduino а також мінімальне споживання енергії в режимі очікування.

Загалом проєктований програмно-технічний засіб має відповідати сучасним стандартам розробки програмного забезпечення так ж само як і апаратним рішенням, забезпечуючи стабільність, надійність та безпеку роботи. Основними критеріями, які висуваються до даного пристрою, є відповідність функціональним та нефункціональним також технічним вимогам, що забезпечать його ефективну експлуатацію.

2.2 Структура програмно-апаратного пристрою

При проєктуванні стуркутри прит пристрою особлива увага приділялась доступності компонентів та простоті їх використання. Проєктований програмно-апаратний пристрій складається з таких основних компонентів, як мікроконтролер, дві матриці, акселерометр, кнопки та дві матриці які забезпечують його функціонування (рисунок. 2.1).

Конструктивно пристрій містить Мікроконтролер (Arduino Nano) – виконує всі обчислення та керує усіма компонентами у пристрої. А саме всю програмну частину і загалом рахується серцем та мозком пристрою.

Світлодіодна матриця 8×8 (MAX7219) – є засобом відображення роботи пристрою, що реалізовано у формі анімації "пересипання піску".

У даному пристрої використано дві світлодіодні матриці. Перша є верхньою частиною пристрою, тоді як друга – нижню. За допомогою цих двох матриць продемонстровано реалізацію пересипання піску у вигляді піщинок а саме світлодіодах.

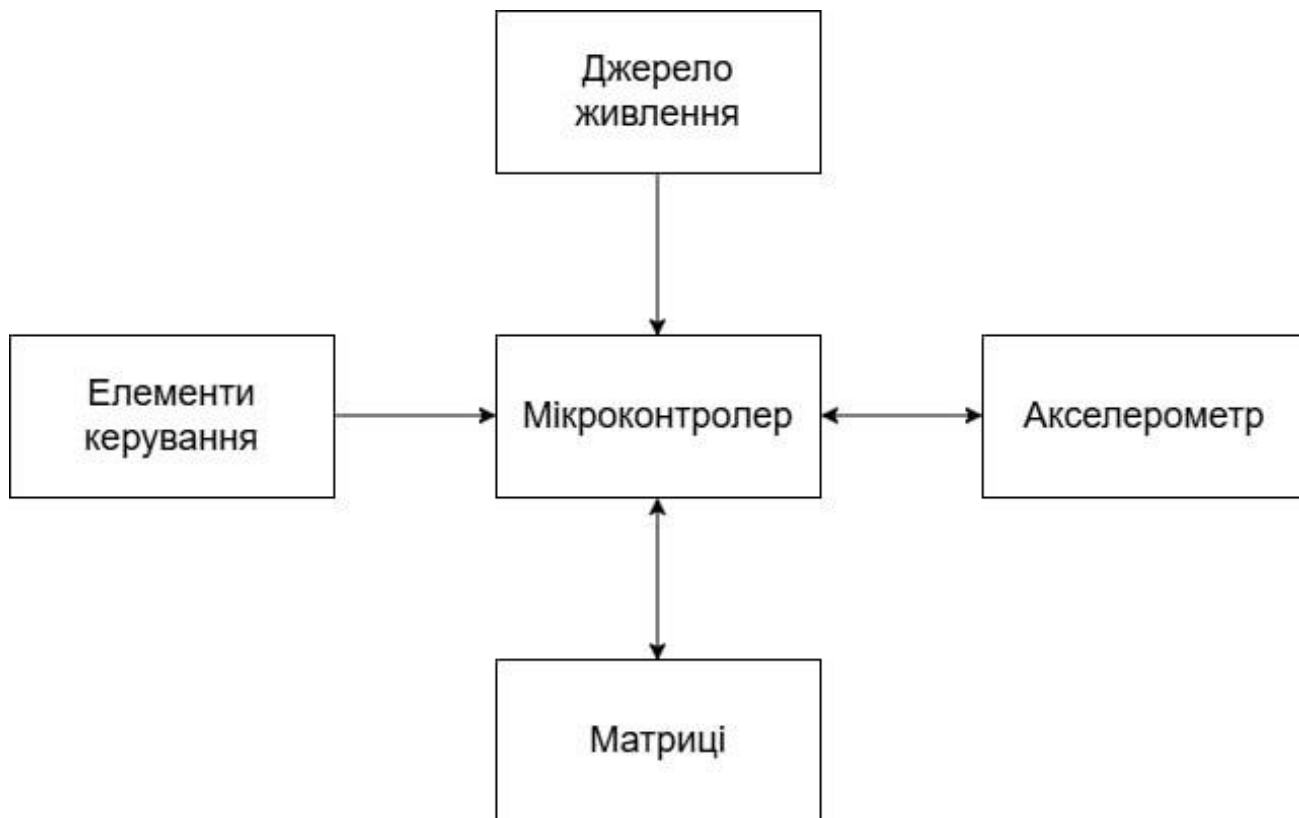


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою

Акселерометр MPU6050 – визначає положення пристрою у просторі та передає дані мікроконтролеру для подальшої обробки та застосування. В подальшому мікроконтролер передає дані нахилу для положення та переміщення піщинок у своєму просторі.

Кнопки – дозволяють користувачеві вибирати тривалість відліку а також регулювати яскравість у більшу або меншу сторону.

Акумулятор 18650 та 5V 1A Micro/Type-c/Mini 18650 TP4056 Lithium Battery Charger – забезпечує автономне живлення пристрою та заряджання акумуляторів на безпечній швидкості в 1А.

Загальна схема пристрою складається з блока живлення яким виступає керуючий мікроконтролер, також модуля індикації на матрицях, також модуля введення даних яким виступають кнопки. Та за бажанням можна влаштувати в схему акумулятор та плату заряджання цю схему можна побачити на Рис 2.1.

Загалом було розроблено три варіанти схем. Саму просту без автономного яку живлення на Рис 2.3. А також повну схему з усіма варіантами живлення від

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

акумулятора або від шнура USB type C , цей варіант можна побачити на рис 2.2. Далі йде найкращий варіант для подальшого апгрейду який зображено на Рис 2.4.

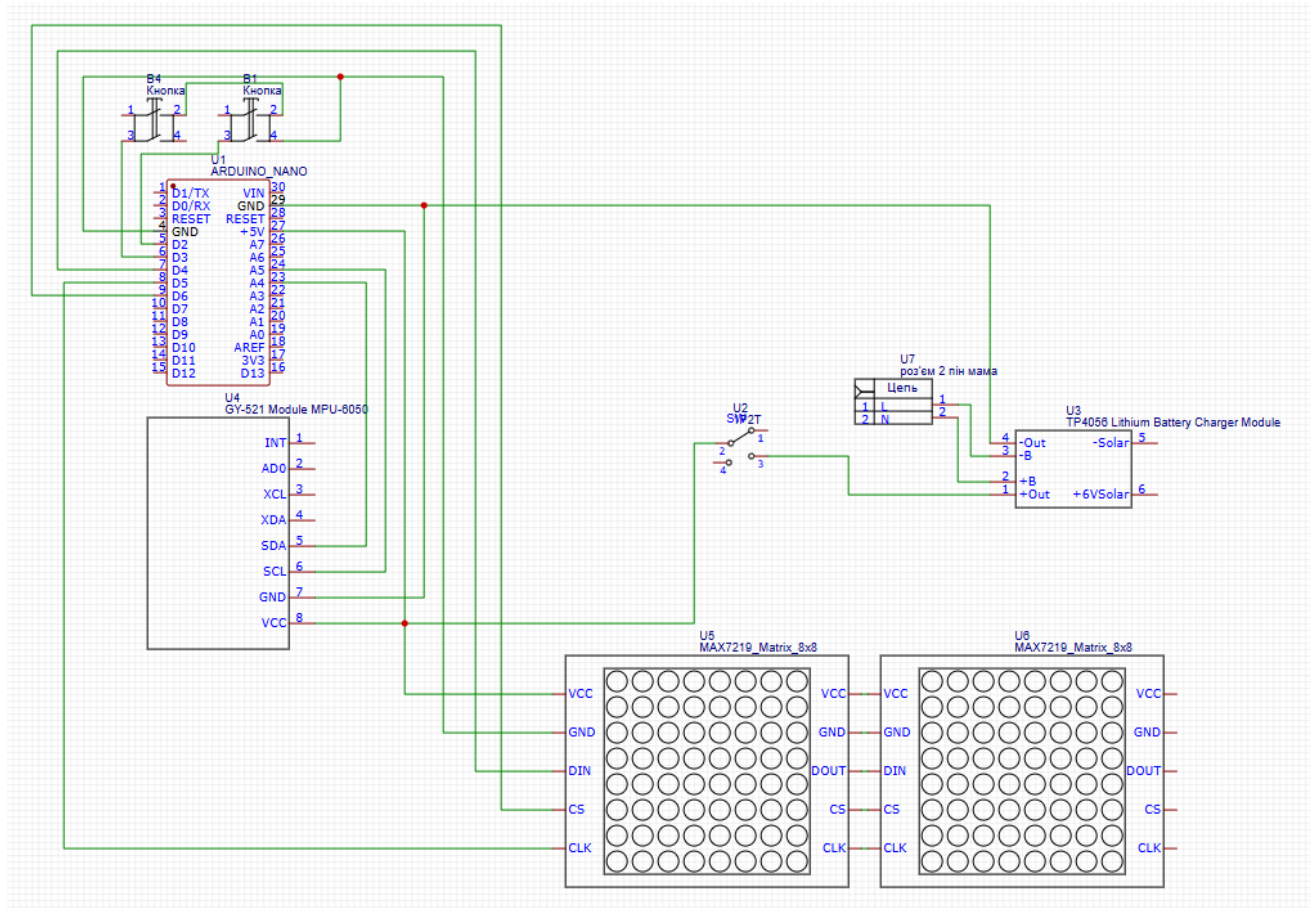


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова з автономним живленням

Автономне живлення стало фундаментальною частиною технологічної стабільності сучасного світу. Від смартфонів до електромобілів, від розумних годинників до безпілотних літальних апаратів – усі ці пристрої потребують надійних та ефективних джерел енергії для забезпечення своєї мобільності та функціональності в повсякденному житті.

Завдяки розвитку технологій акумуляторів і альтернативних джерел енергії автономне живлення стало не лише можливістю, а й необхідністю для багатьох сфер. Літій-іонні та літій-полімерні акумулятори забезпечують високу ємність і тривалий час роботи, що критично важливо для мобільних пристроїв. Водночас розвиток твердотільних батарей, паливних елементів і сонячних панелей відкриває нові горизонти в енергозабезпеченні.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Окрім побутового використання, автономне живлення відіграє ключову роль у транспорті, промисловості та військовій сфері. Електромобілі з високоефективними батареями сприяють зменшенню викидів CO₂ та зниженню залежності від викопного палива. Дрони та супутникові системи, оснащені сонячними батареями та резервними акумуляторами, можуть працювати автономно протягом тривалого часу без необхідності підзарядки.

Таким чином, автономне живлення є важливим фактором у забезпеченні стабільності та безперервної роботи сучасних технологій, впливаючи на всі аспекти життя – від персональних гаджетів до глобальних інфраструктурних систем. Його подальший розвиток стане визначальним у формуванні енергоефективного та екологічно чистого майбутнього.

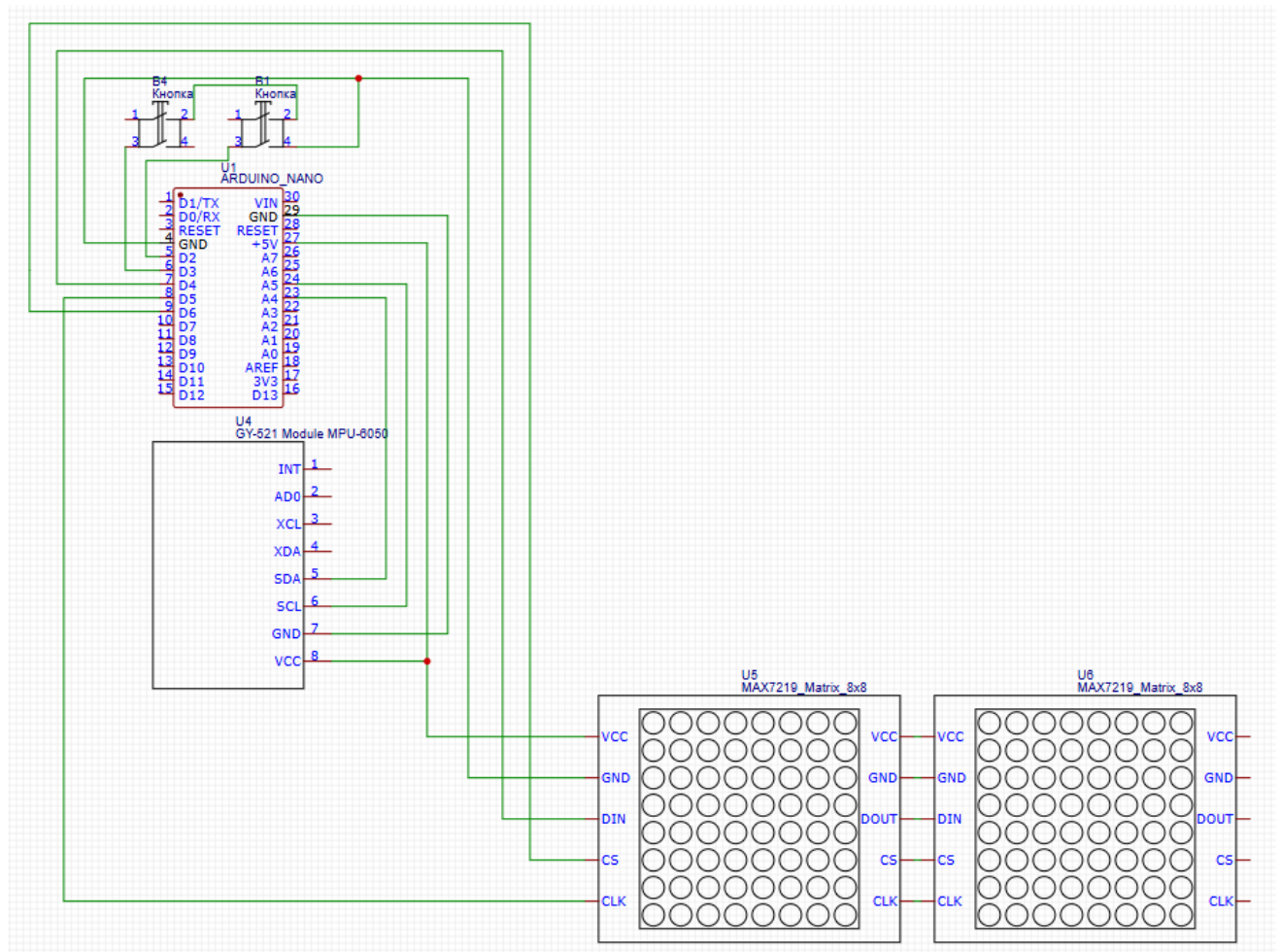


Рисунок 2.3 – Схема електрична принципова без автономного живлення

Реалізація схеми із застосуванням плати зарядки має кілька значних переваг.

По-перше, вона значно спрощує процес модифікації пристрою, оскільки дозволяє легко змінювати або оновлювати компоненти без складних перепідключень.

По-друге, така плата забезпечує зручне підключення акумулятора, що особливо важливо для портативних або автономних систем.

Важливою перевагою є й те, що акумулятор можна заряджати в будь-який момент без необхідності його вилучення чи тимчасового відключення пристрою, що робить експлуатацію більш комфортною та ефективною.

Завдяки цьому користувач отримує стабільне живлення та можливість безперервної роботи пристрою. Реалізацію схеми можна побачити на Рисунку 2.2.

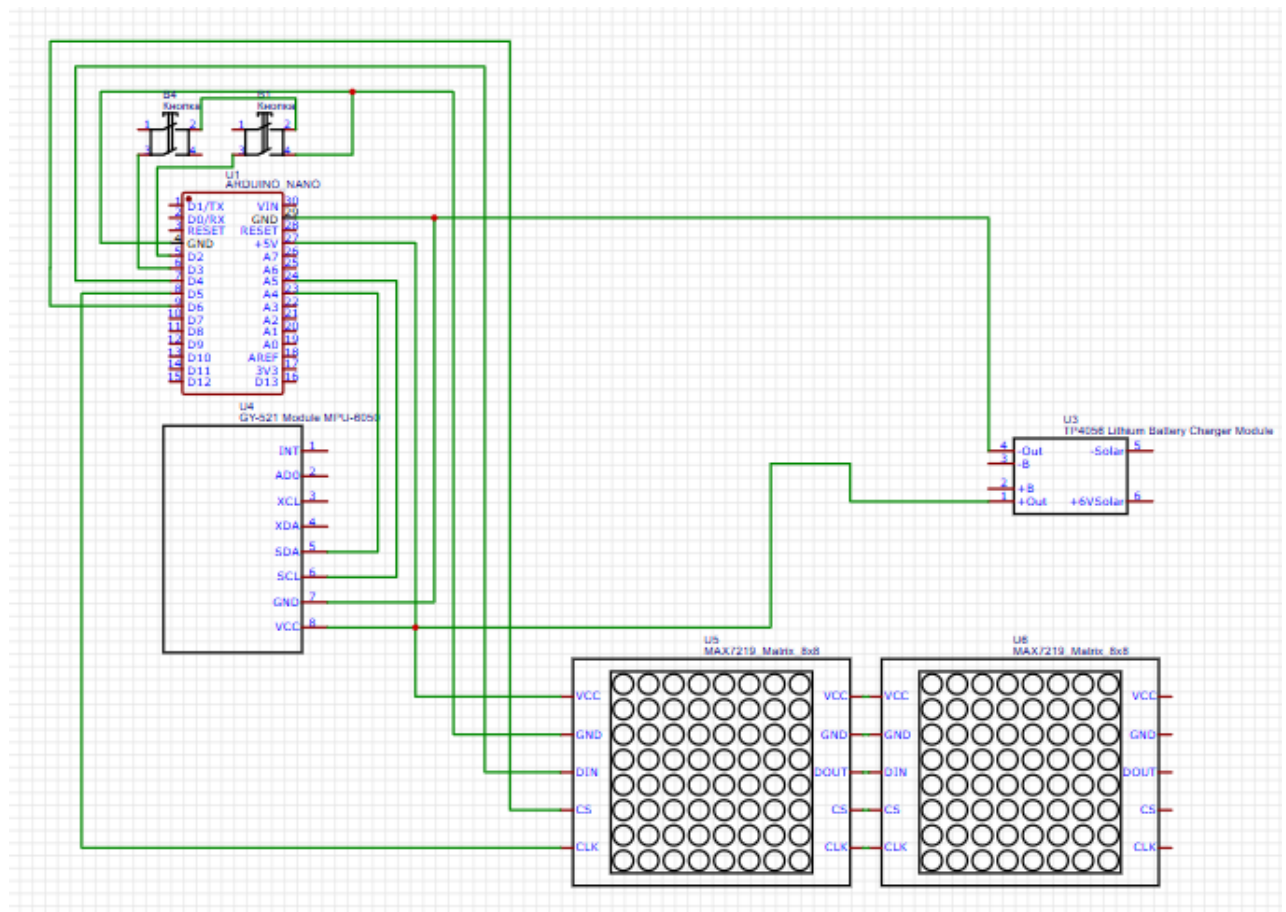


Рисунок 2.4 – Схема електрична принципова для подальшого апгрейду

Проектований засіб повинен виконувати основні функції, передбачені його призначенням, зокрема такими як надання можливості користувачам взаємодіяти з

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

системою за допомогою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, який забезпечить швидкий доступ до необхідних функцій. Також у засобі іде обробка вхідних даних у реальному часі з високою точністю та мінімальною затримкою.

Виконання обчислювальних процесів у рамках визначених алгоритмів, що гарантують точність результатів які відображені в отриманих результатах у зручному форматі, що сприяє зручному сприйняттю інформації користувачем.

Підтримка взаємодії з іншими системами, що можуть бути необхідні для коректної роботи програмного забезпечення. Це забезпечує гнучкість в налаштуванні параметрів, що дозволить адаптувати роботу системи відповідно до вимог користувача.

Окрім функціональних можливостей, проєктований засіб повинен відповідати ряду нефункціональних вимог, які гарантують його ефективність, зручність та безпеку:

Продуктивність – система повинна працювати швидко, без значних затримок, забезпечуючи високу швидкість обробки даних.

Надійність – усі процеси повинні бути спроектовані таким чином, щоб уникнути несподіваних відмов або збоїв у роботі.

Безпека – передбачена система захисту даних від несанкціонованого доступу та зловмисних атак.

Масштабованість – програмно-технічний засіб повинен мати можливість розширення, що дозволить додавати нові функції без значних змін у його архітектурі. Збільшення розміру матриць ата також інтеграція із хмарними застосунками, такими як blink IOT, Arduino IOT для виводу даних у хмару.

Енергоефективність – у випадку використання апаратних компонентів важливо, щоб система споживала мінімальну кількість ресурсів.

Ергономічність – забезпечення максимальної зручності використання системи для кінцевого користувача. Наявність кнопок з подовжувачами

Також технічні вимоги до програмно-технічного засобу повинені бути розроблені з урахуванням сучасних технічних можливостей та стандартів. Основні

технічні вимоги включають в себе Використання надійних апаратних компонентів, що забезпечують стабільну роботу пристрою або програмного забезпечення.

Сумісність із різними типами обладнання та операційних систем. Перш за все використання стандартних інтерфейсів для інтеграції з іншими системами та додатковими модулями.

Наявність механізму оновлення для вдосконалення функціональності у майбутньому.

Оптимізація використання обчислювальних ресурсів, що дозволить знизити навантаження на систему.

Вимоги до тестування та впровадження проєктований засіб повинен пройти комплексне тестування, яке включає в себе:

Функціональне тестування для перевірки виконання всіх передбачених можливостей системи.

Навантажувальне тестування з метою визначення меж продуктивності та оцінки здатності системи працювати під високим навантаженням.

Тестування безпеки, яке дозволить виявити вразливості та захистити дані користувачів.

Ергономічне-тестування, що допоможе визначити зручність взаємодії користувача із системою.

Тестування інтеграції, спроектований програмно-апаратний пристрій піскового годиника дозволяє здійснити взаємодію із іншими програмними або апаратними комплексами.

Після тестування повинна бути здійснена поетапна імплементація з можливістю внесення коригувань на основі зворотного зв'язку від користувачів.

Заключні положення в розробці програмно-технічного засобу повинна здійснюватися із дотриманням принципів гнучкої розробки (Agile) або інших сучасних методологій, що дозволяють швидко адаптувати систему до змінюваних умов експлуатації. Всі етапи розробки повинні бути документовані, а сам програмний код – структурованим та підтримуваним.

					КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Проектований засіб повинен мати довготривалий життєвий цикл, підтримку та можливість оновлення відповідно до нових вимог ринку та технологічних стандартів.

2.3 Аналіз обраних рішень

2.3.1 Аналіз апаратних рішень

При виборі апаратної частини враховувалися такі фактори, як енергоспоживання, розміри, та також сумісність із платформою Arduino та зручність у програмуванні пристрою.

Проектований пристрій складається із таких компонентів як Arduino NANO, дві світлодіодні матриці (MAX7219), Акумулятор 18650(за бажанням) та 5V-1A Micro/Type-c/Mini 18650 TP4056 Lithium Battery Charger (за бажанням), дві подовжені кнопки, акселерометр та перемикач (якщо під'єднаний акумулятор).

Arduino NANO. Є головним компонентом, що виконує функції, контролю та загалом центром усієї схеми пристрою. У пристрої використано контролер версії третього покоління або ж просто V-3.0 У таблиці 2.1. наведені параметри компонента. Також на Рисунок 2.5 зображено Arduino NANO V-3.0.

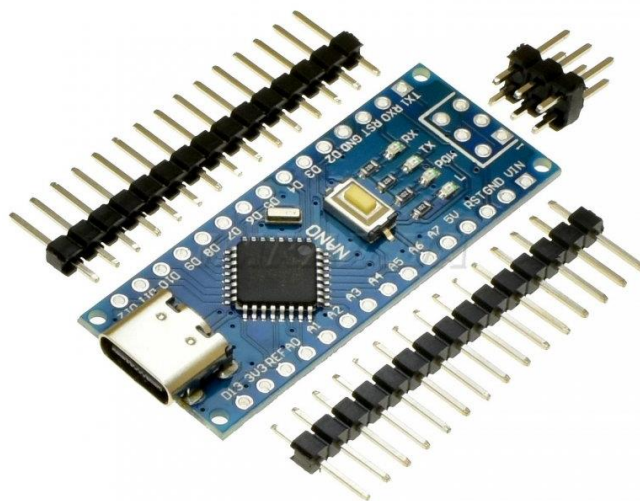


Рисунок 2.5 – Arduino NANO

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino Nano

№	Параметр	Значення
1	Робоча напруга	5V
2	Споживаний струм (без навантаження)	~19 мА
3	Споживаний струм (при підключених модулях)	30-50 мА (залежить від навантаження)
4	Споживана потужність (без навантаження)	~0.095 Вт (5В × 19 мА)
5	Споживана потужність (з навантаженням)	~0.15-0.25 Вт (залежить від периферії)
6	Максимальний вихідний струм 5V піну	500 мА
7	Максимальний вихідний струм 3.3V піну	50 мА

Arduino Nano (ATmega328P) було обрано як основний контролер через його компактні розміри що у першу чергу було потрібно, низьке споживання енергії та доступність бібліотек для керування периферійними пристроями, також простоту без лишніх функцій по типу (Wi fi).

Світлодіодна матриця на MAX7219 забезпечує зручне керування великою кількістю світлодіодів із мінімальною кількістю задіяних контактів контролера. На таблиці 2.2 можна побачити характеристики а на рисунок 2.6 матрицю.



Рисунок 2.6 – Світлодіодна матриця MAX7219

Таблиця 2.2 – Характеристики MAX7219

№	Параметр	Значення
1	Робоча напруга	5V
2	Споживаний струм (без активних світлодіодів)	~1-2 мА
3	Споживаний струм (при всіх LED ввімкнені)	~320-350 мА (для 8×8)
4	Споживана потужність (мінімальна)	~0.005-0.01 Вт
5	Споживана потужність (максимальна)	~1.6-1.75 Вт
6	Кількість світлодіодів	64 (матриця 8×8)
7	Максимальний струм на один LED	~40 мА

Акселерометр MPU6050 обраний завдяки високій точності вимірювань та підтримці цифрового інтерфейсу I²C, що полегшує інтеграцію із мікроконтролером. На таблиці 2.3 можна побачити характеристики а на рисунку 2.7 зображення акселерометра.

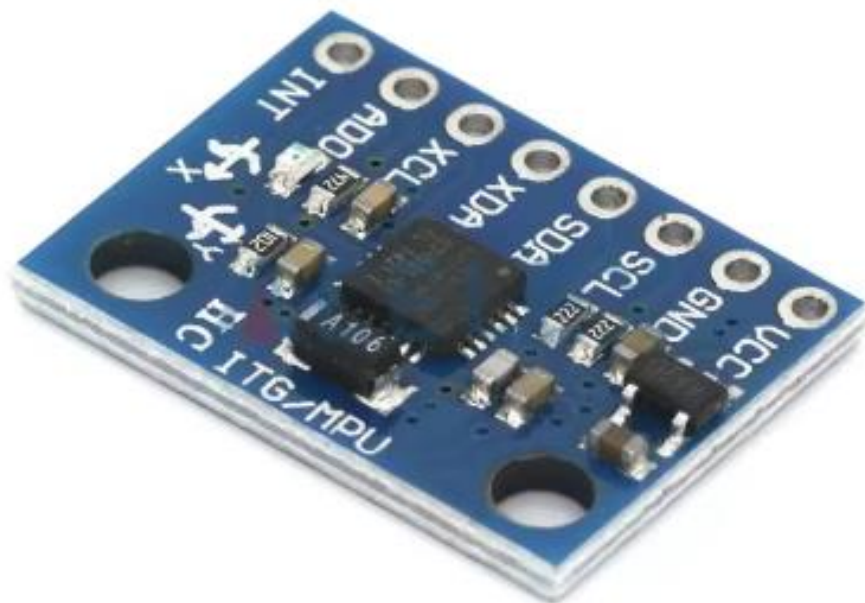


Рисунок 2.7 – Акселерометр MPU6050

Таблиця 2.4 – Характеристики Акумулятора типу 18650

№	Параметр	Значення
1	Номінальна напруга	3.7V
2	Повна заряджена напруга	4.2V
3	Ємність	1200–3500 мА·год (залежить від моделі)
4	Максимальний струм розряду	5A – 35A (залежно від типу)
5	Захист (PCM/BMS)	Є у захищених моделях

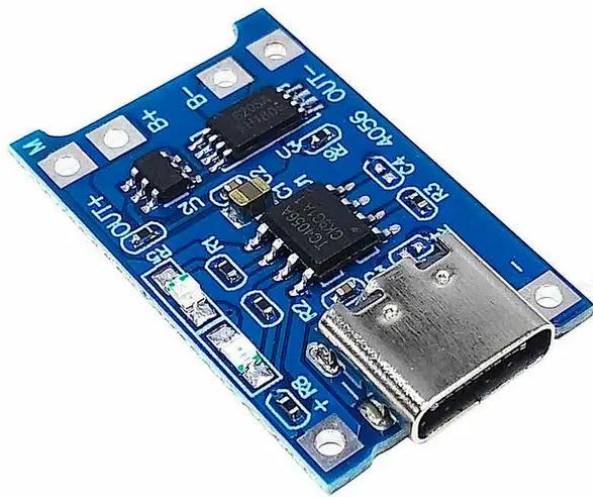


Рисунок 2.9 – Плата зарядки TP4056

Таблиця 2.5 – Характеристики TP4056

№	Параметр	Значення
1	Робоча напруга	4.5V – 5.5V (USB або контакти IN+)
2	Напруга зарядки	4.2V
3	Максимальний струм зарядки	1A (регульований резистором)
4	Захист від перезаряду	Так (~4.2V)
5	Захист від глибокого розряду	Так (~2.5V)
6	Захист від перевантаження струму	Так (~3A)
7	Інтерфейс підключення	USB type C / IN+ IN- / BAT+ BAT-

Тактова кнопка (SMD 4pin 6×6×12 мм, шток 8.5 мм) — це компактний електромеханічний перемикач, призначений для поверхневого монтажу на платі або на проводах. Вона використовується в електронних пристроях для створення короткочасного контакту при натисканні. Завдяки чотирьом виводам забезпечується надійне з'єднання з друкованою платою та має надійний контакт.

Основні переваги: мала вага, довговічність (понад 100 000 натискань) та широкий діапазон робочих температур. Ідеально підходить для застосування в пультах керування, аудіоапаратурі, мікроконтролерних пристроях та іншій електроніці. Тактову кнопку зображено на Рис. 2.5 а також параметри у Таблиці 2.5.



Рисунок 2.10 – Тактова кнопка SMD 4pin 6×6×12 мм, шток 8.5 мм

Таблиця 2.6 – Тактова кнопка SMD 4pin 6×6×12 мм, шток 8.5 мм

№	Параметр	Значення
1	Тип	Тактовий перемикач (Tactile Switch)
2	Монтаж	SMD (поверхневий монтаж)
3	Кількість виводів	4
6	Номінальна напруга	12 В
7	Номінальний струм	50 мА
8	Опір контактів	≤100 мОм
9	Робоча температура	-30°C ... +85°C

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ

Арк.
36

Перемикачі є важливими компонентами електронних пристроїв, оскільки вони дозволяють керувати електричними ланцюгами шляхом механічного з'єднання або роз'єднання контактів. Одним із популярних типів є повзункові перемикачі, які забезпечують зручне перемикання між кількома положеннями.

Перемикач повзунковий SS-22J04 2P2T – це компактний електромеханічний компонент, що використовується для зміни електричних з'єднань у схемах також можна побачити перемикач (рисунок 2.11). Завдяки трьом фіксованим положенням і шістьом контактам він дозволяє здійснювати перемикання між двома незалежними ланцюгами або різними режимами роботи. Завдяки надійності, простоті монтажу та широкій сфері застосування цей перемикач є чудовим вибором для радіоелектроніки, керування електронними пристроями та DIY-проектів. Характеристики можна побачити на Таблиці 2.7.



Рисунок 2.11 – Перемикач повзунковий SS-22J04 2P2T

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.6 – Параметри перемикача повзункового SS-22J04 2P2T

№	Параметр	Значення
1	Тип	Повзунковий перемикач (слайдер)
2	Модель	SS-22J04
3	Конфігурація контактів	2P2T (двохполюсний, двопозиційний)
4	Кількість контактів	6
5	Кількість положень	3
6	Номінальний струм	0.5A – 1A
7	Номінальна напруга	30V DC / 125V AC / 250V AC
8	Матеріал корпусу	Пластик + метал
9	Тип монтажу	На плату (через отвори) або пайка
10	Орієнтовні розміри	20×6×13 мм (може змінюватися)

Таким чином всі компоненти продемонстровані технічно та на параметрах пристрою дозволяють зібрати пристрій з урахуванням усіх норм безпеки.

2.3.2 Аналіз програмних рішень

Для реалізації програмного забезпечення цифрового пісочного годинника використовуються спеціалізовані бібліотеки, які значно спрощують розробку та забезпечують стабільність роботи пристрою.

Розробка програмного забезпечення цифрового пісочного годинника базується на використанні спеціалізованих бібліотек, які значно спрощують процес створення коду, забезпечують стабільність роботи пристрою та оптимізують використання апаратних ресурсів. Зокрема, застосовуються такі бібліотеки:

бібліотека дозволяє легко створювати динамічні ефекти, використовуючи мінімальні ресурси мікроконтролера.

Основні функції бібліотеки GyverGFX: Малювання ліній, фігур та тексту – дозволяє створювати різноманітні графічні елементи для візуалізації процесу відліку часу.

Оптимізація графічних операцій – забезпечує високу продуктивність навіть на мікроконтролерах з обмеженими ресурсами.

Анімаційні ефекти – можливість легко додавати динамічні зміни зображення, наприклад, поступове пересипання пікселів, що імітують пісок.

Підтримка драйвера MAX7219 – використовується для виведення зображень на світлодіодні матриці, підтримує об'єднання декількох матриць для створення більших дисплеїв.

Анімація та прокрутка тексту – зручні функції для візуалізації змін параметрів, повідомлень користувачеві тощо.

Завдяки використанню спеціалізованих бібліотек EEManager, EncButton та GyverGFX реалізація програмного забезпечення цифрового пісочного годинника стає значно простішою та ефективнішою. Бібліотеки забезпечують стабільність роботи пристрою, спрощують збереження налаштувань, обробку кнопок та енкодерів, а також дозволяють створювати якісну графічну візуалізацію процесу відліку часу. Це робить цифровий пісочний годинник зручним та функціональним рішенням для користувачів.

2.4 Оцінка вартості компонентів Програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера Atmega 328p

У сучасному світі електронні пристрої відіграють важливу роль у різних сферах життя, включаючи вимірювання часу. Пісочний годинник, як класичний інструмент вимірювання, може бути осучаснений завдяки використанню мікроконтролерних технологій. Це дає змогу підвищити його точність, додати нові функції та зробити пристрій більш зручним у використанні.

					КвРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Даний розділ присвячений аналізу вартості основних електронних компонентів, необхідних для створення програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера Atmega328p. Визначення собівартості окремих елементів допоможе оцінити доцільність використання конкретних компонентів, спланувати бюджет проєкту та оцінити перспективи серійного виробництва. Основними модулями, що використовуються в розробці, є блок живлення, сенсорний модуль, світлодіодний дисплей та контролер. У Таблиці 2.7 наведені ціни на компоненти які потрібні для реалізації пристрою.

Таблиця 2.7 – Ціни на компоненти

№	Елемент	Кількість	Ціна/грн
1	Arduino Nano 3.0 Atmega328p Controller Compatible Board WAVGAT Module	1	100
2	(MAX7219 Dot Matrix Module Microcontroller LED Module Display Module MAX7219 DIY Kit	2	50
3	GY-521 MPU-6050 Module 3 Axis analog gyro sensors+ 3 Axis Accelerometer Module	1	25
4	5V-1A Type-c 18650 TP4056 Lithium Battery Charger Module Charging Board With Protection Dual Functions Li-ion	1	25
5	SMD 4pin 6×6×12 мм, шток 8.5 мм	2	6
6	Акумулятор типу 18650	1	50
Загальна вартість			256 гривень

Загальна вартість компонентів, необхідних для створення пристрою, становить двісті п'ядесят шість гривень. Така оцінка дозволяє визначити матеріальні витрати та прийняти рішення щодо можливого вдосконалення пристрою або його оптимізації. Крім зазначених компонентів, можливі додаткові витрати на корпус, з'єднувальні дроти та інші допоміжні елементи, що можуть

впливати на загальну собівартість розробки. Також важливим фактором є вибір постачальників та можливість зниження вартості компонентів у разі закупівлі великих партій. Таким чином, оцінка вартості компонентів є важливим етапом у плануванні та розробці пристрою.

2.5 Висновки

Розроблений програмно-технічний засіб – цифровий пісочний годинник на базі мікроконтролера ATmega328P – поєднує ергономічність класичних таймерів із сучасними технологічними рішеннями. Він відповідає всім основним функціональним та технічним вимогам, зокрема забезпечує реалістичну імітацію пересипання піску на світлодіодній матриці, визначає положення у просторі за допомогою акселерометра та підтримує автономне живлення.

Пристрій відзначається компактністю, енергоефективністю та гнучкістю в налаштуванні часу відліку. Вибір Arduino Nano як основного контролера зумовлений його низьким енергоспоживанням, доступністю та сумісністю з платформою Arduino. Використання бібліотек GyverGFX та GyverMAX7219 дозволяє реалізувати плавну анімацію, а EEManager забезпечує збереження налаштувань у пам'яті пристрою. Аналіз апаратних і програмних рішень показав, що система має високу продуктивність, надійність та можливості для подальшого вдосконалення, зокрема розширення дисплея, інтеграції з хмарними сервісами та покращення автономності.

Таким чином, розроблений пристрій є сучасним, ефективним рішенням для вимірювання часу та може бути використаний у різних сферах – від побутових задач до навчальних і розважальних цілей, а також має можливість інтеграції з інформаційними технологіями.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ У ФОРМІ ПІСОЧНОГО ГОДИНИКА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA 328P

3.1 Програмна реалізація для мікроконтролера Atmega 328p

Програмне забезпечення для пісочного годинника розроблено на платформі ArduinoIDE, яка забезпечує гнучкість та простоту програмування. Arduino-код керує світлодіодами, які сигналізують про закінчення визначеного часу. Код включає функцію, яка відповідає за моніторинг датчика, який визначає рівень піску в нижній частині годинника.

На початку програми, встановлюються значення для часу, який має вимірювати пісочний годинник, та вихідні значення світлодіодів. Датчик, який встановлений в нижній частині пісочного годинника, моніторить рівень піску. Коли рівень піску опускається нижче певного порогу, датчик виводить сигнал, який активує світлодіод, що сигналізує про закінчення часу.

Arduino-код включає функції для ініціалізації, моніторингу датчика, керування світлодіодами, та перевірки стану піску.

Код оптимізовано для ефективної роботи та мінімального споживання енергії.

Програмне забезпечення легко адаптувати до різних типів пісочного годинника та налаштувань часу.

Представлений вихідний код служить основою для проекту пісочного годинника, розробленого за допомогою Arduino. Цей цифровий пісочний годинник використовує комбінацію апаратних компонентів, включаючи кнопки, світлодіодний матричний дисплей і гіроскоп, а також елементи програмного забезпечення, які керують переходами між станами та взаємодією користувача. Цей аналіз пояснює структуру коду, функції та основні концепції, які полегшують роботу «пісочного годинника», окреслюючи кожен важливий компонент для сприяння всебічному розумінню.

Код організований у кілька логічних розділів, кожен з яких відповідає за окремі функції, необхідні для роботи пісочного годинника. Це забезпечує зручність читання програми, а також дозволяє легко доповнювати її новими можливостями.

Структура програми включає такі основні модулі як Визначення параметрів та змінних які містять оголошення констант, змінних та бібліотек, необхідних для коректної роботи пристрою.

Керування пам'яттю реалізує збереження та відновлення налаштувань користувача, що дозволяє годиннику зберігати параметри.

Керування кнопками забезпечує обробку натискань кнопок, які використовуються для налаштування часу, запуску та паузи відліку.

Налаштування таймера включає ініціалізацію та обробку таймерів, що відповідають за точний відлік часу.

Оновлення дисплея відповідає за відображення поточного стану таймера на екрані, що дає користувачеві можливість контролювати процес.

Зокрема, взаємодію між цими модулями можна побачити у вигляді блок-схеми, наведеної на рисунку 3.1.

Початкові визначення відіграють ключову роль у налаштуванні роботи пристрою, забезпечуючи правильне призначення контактів та параметрів для всіх основних компонентів пісочного годинника. На цьому етапі встановлюються критичні параметри, зокрема кількість частинок піску, що визначає точність симуляції відліку часу та впливає на візуальне оновлення дисплея. Також задається конфігурація контактів мікроконтролера, яка визначає, які пінові з'єднання відповідають за кнопки керування, світлодіодний матричний дисплей та інші периферійні пристрої.

Для інкапсуляції основних властивостей таймера використовується структура «Дані», що містить параметри, такі як час у секундах, який задає тривалість відліку, та рівень яскравості дисплея, що дозволяє адаптувати пристрій до різних умов освітлення. Завдяки цьому можна легко змінювати налаштування пристрою, не порушуючи загальної логіки його роботи.

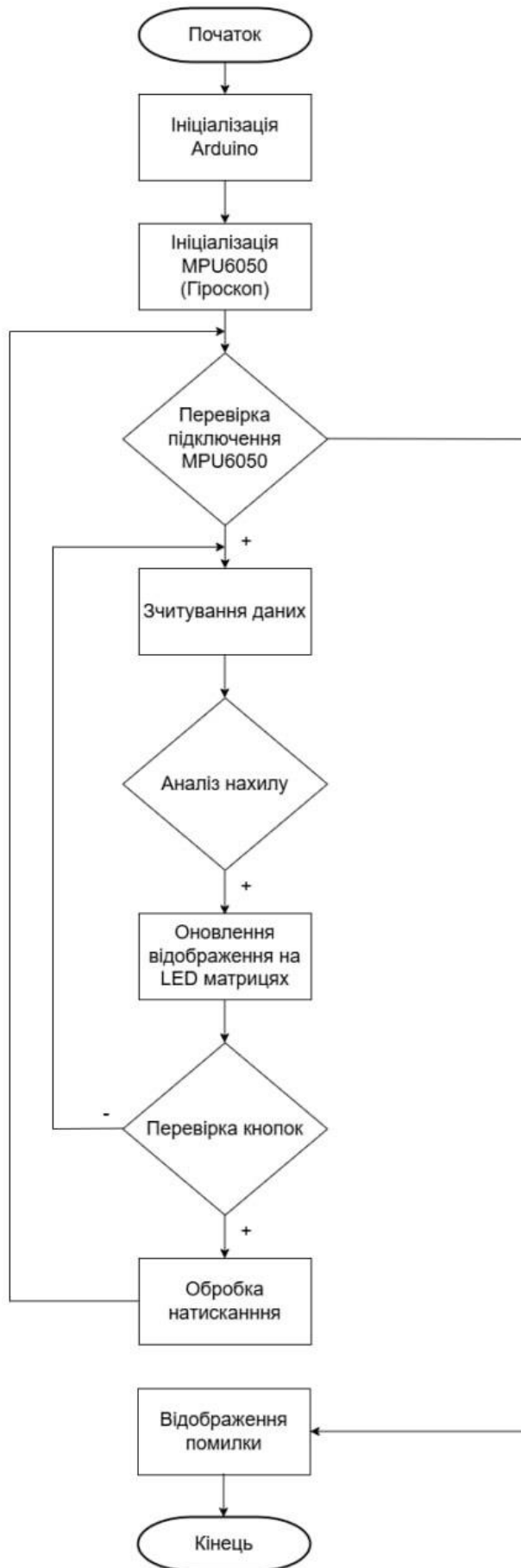


Рисунок 3.1 – Блок схема логіки роботи

Щоб забезпечити збереження параметрів після вимкнення живлення, використовується клас EEManager, який відповідає за керування енергонезалежною пам'яттю. Це дозволяє пристрою запам'ятовувати попередньо встановлені параметри, що значно підвищує зручність користування, оскільки після кожного перезапуску пісочний годинник відновлює свої налаштування без потреби в повторному введенні користувачем.

У процесі ініціалізації також налаштовуються режими роботи вхідних і вихідних контактів мікроконтролера, ініціалізується інтерфейс зв'язку з дисплеєм, зчитуються збережені параметри таймера з EEPROM та перевіряється їхня коректність. Якщо виявлено некоректні або відсутні дані, встановлюються параметри за замовчуванням, що гарантує стабільну роботу пристрою та його надійність у довготривалій експлуатації.

Бібліотека `GyverMAX7219` інтегрована для керування світлодіодною матрицею 8x8, надаючи візуальний зворотний зв'язок щодо стану таймера. Ця матриця служить не тільки як вихідний дисплей, а й як інтерактивне середовище, яке представляє частинки піску. Крім того, датчик руху Mini6050 використовується для виявлення змін орієнтації, підвищуючи інтерактивність, дозволяючи механізму розпізнавати положення за допомогою даних у реальному часі.

Керування введенням даних користувача здійснюється за допомогою двох кнопок, визначених фреймворком `EncButton`. Кнопки «вгору» та «вниз» полегшують налаштування тривалості таймера та яскравості дисплея. Віртуальна кнопка служить механізмом скидання пісочного таймера. Функція «кнопок» обробляє взаємодію користувача, виявляючи клацання та кроки, забезпечуючи детальний контроль над налаштуваннями таймера та регулюванням яскравості на основі введення користувача.

Основним елементом роботи коду є керування падаючими частинками піску. Включення класу `Timer` дозволяє ефективно виконувати дії, що залежать від часу, як-от регулярне оновлення дисплея через регулярні проміжки часу. Функція «падіння» визначає логіку, що керує спуском частинок піску, умовно оновлюючи

їх положення на основі поточного стану таймера та кутової орієнтації, визначеної датчиком руху.

3.2 Операційна логіка

Робоча логіка функціонування пісочного таймера реалізована за допомогою безперервної циклічної функції, яка виконує низку ключових операцій у режимі реального часу. Цей цикл постійно контролює та аналізує стан внутрішньої пам'яті пристрою, забезпечуючи зчитування й обробку змінних параметрів, які зберігаються протягом роботи таймера. Водночас відбувається візуалізація інформації, пов'язаної зі станом таймера, шляхом рендерингу положень пісочних частинок на світлодіодній матриці, що створює ефект справжнього пісочного годинника. Крім того, в межах цього циклу здійснюється постійне оновлення даних відповідно до введених користувачем команд або змін, що дозволяє пристрою адаптуватися до нових умов експлуатації та сценаріїв використання.

Код Arduino для пісочного таймера ефективно використовує комбінацію апаратних і програмних принципів для створення цікавого та інтерактивного пристрою відліку часу. Завдяки своїй модульній структурі код визначає чіткі функціональні обов'язки для кожного компонента, сприяючи як взаємодії користувача, так і зворотному зв'язку в реальному часі. Інтеграція світлодіодної матриці, датчика руху та кнопочних входів об'єднується, щоб створити цілісну та інтуїтивно зрозумілу взаємодію з користувачем.

Цей проект є прикладом потенціалу систем на базі Arduino для поєднання цифрових функцій із відчутною взаємодією, пропонуючи надійну платформу для подальших досліджень та інновацій у цифрових рішеннях для хронометражу.

Тестування було реалізовано у вигляді інтерактивних веб-сторінок, що значно спростило процес перевірки роботи окремих компонентів системи. Таке рішення дало змогу не лише візуально контролювати стан таймера й поведінку його елементів, а й швидко вносити необхідні корективи без потреби в повній компіляції чи перезавантаженні основної програми. Приклади реалізованих тестів наведено на

рисунках 3.2–3.4, що ілюструють практичне застосування цього підходу під час розробки програмно-технічного засобу.

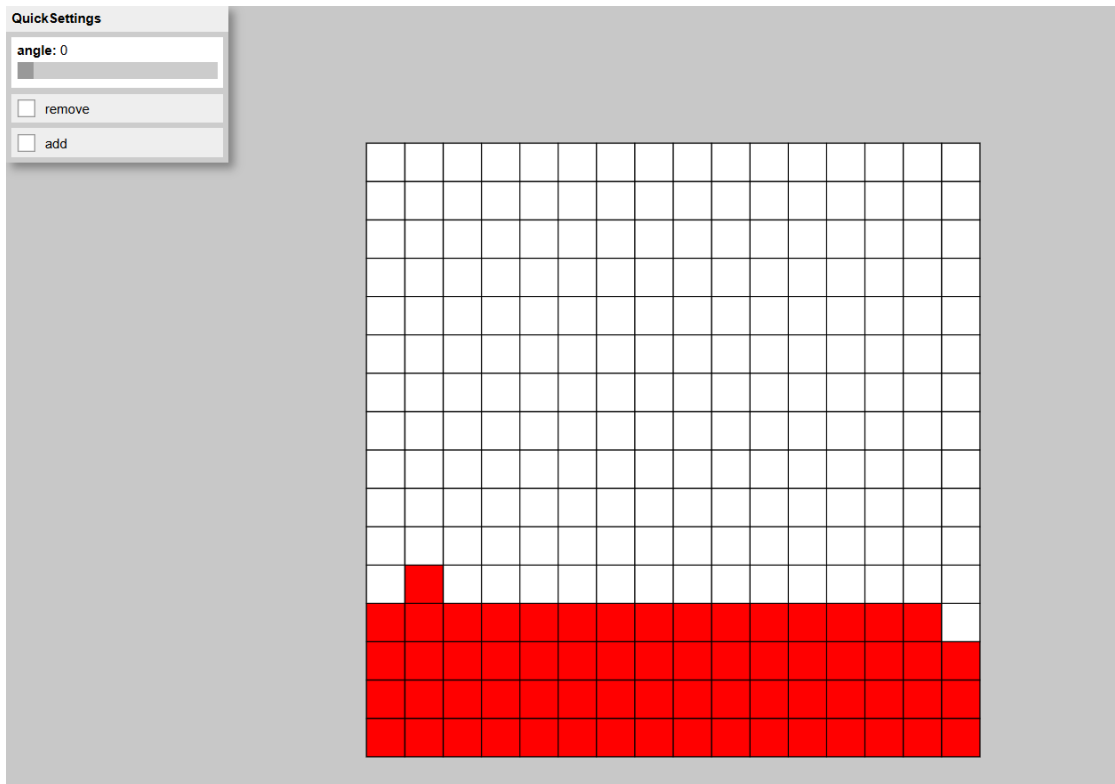


Рисунок 3.2 Тестування руху піщинок у площині

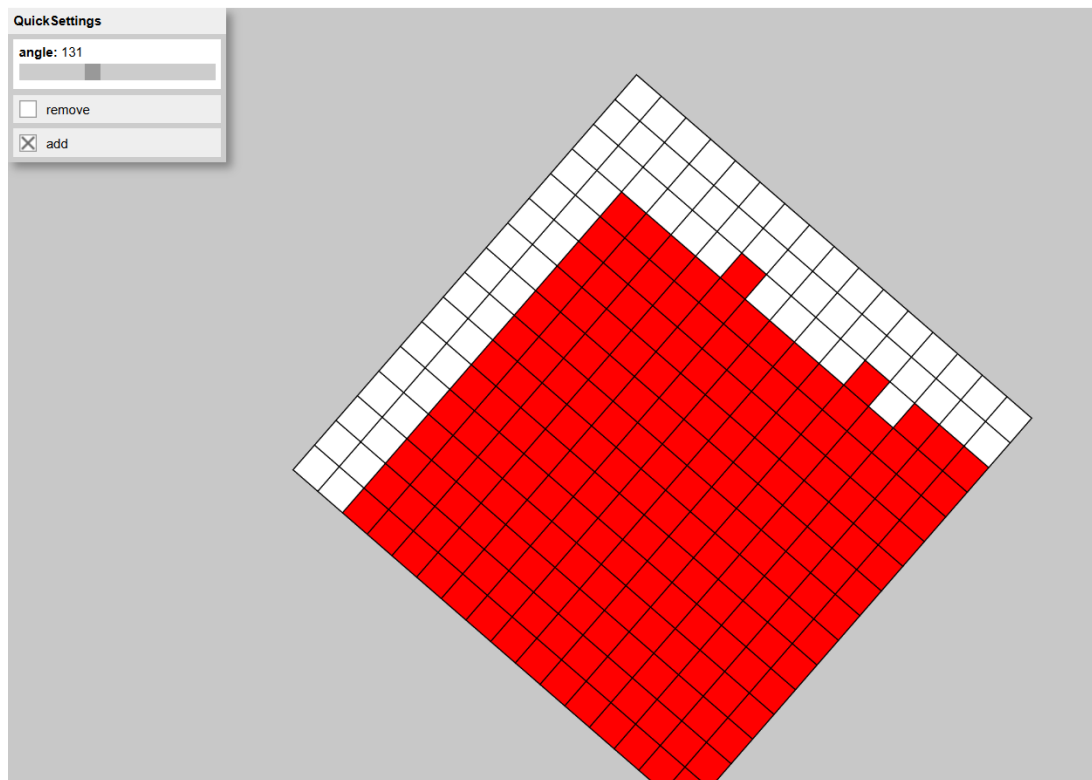


Рисунок 3.3 – Тестування переходу піщинок

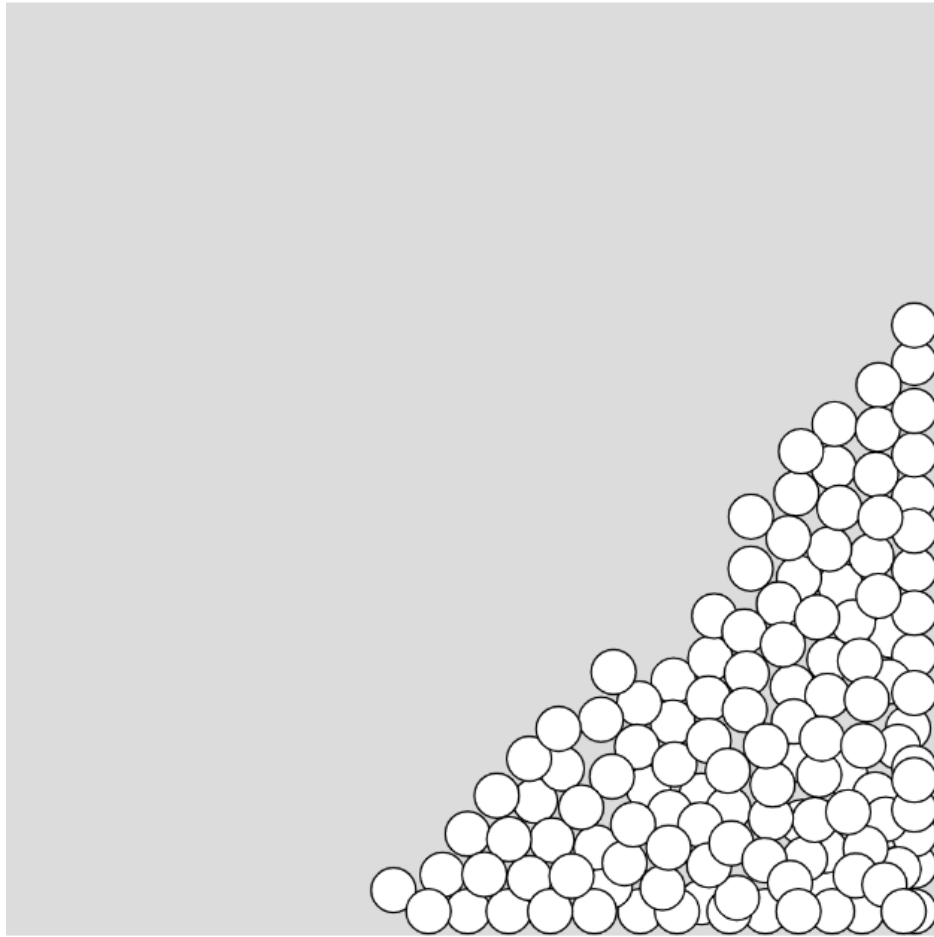


Рисунок 3.4 – Тестування руху піщинок за курсором

Таким чином тестування що демонструють логічні умови руху піщинок мають підґрунття фізики та математики, а саме матричних переміщень що дозволяє виконувати роботу алгоритму.

3.3 Макет 3-d моделі для корпусу програмно-технічного пристрою

3D-модель корпусу пісочного годинника розроблена з використанням програмного забезпечення для 3D-моделювання. Модель включає в себе точні розміри та геометрію корпусу, а також дизайн отворів для кнопок та світлодіодів або іншими словами матриць.

Модель розроблена з урахуванням естетичних аспектів, забезпечуючи гармонійний вигляд пристрою. Вона враховує конструктивні особливості для зручного розміщення датчика та світлодіодів. Модель розроблена таким чином,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

щоб легко її можна було друкувати на 3D-принтері, забезпечуючи точність виготовлення корпусу.

Розроблена модель включає в себе ретельно опрацьовані та деталізовані візуалізації елементів корпусу пристрою, які відображають його конструктивні особливості та функціональні компоненти. Зокрема, у складі моделі представлена нижня частина корпусу, яка містить усю основну електронну частину, включаючи друковану плату, роз'ємні з'єднання, елементи живлення та інші функціональні компоненти, що забезпечують роботу пісочного таймера. Крім того, до структури корпусу входить верхня закриваюча кришка, яка виконує не лише захисну функцію, а й завершує загальний вигляд пристрою, надаючи йому цілісного та завершеного вигляду. Це продемонстровано на рисунках 3.5 –3.8.



Рисунок 3.5 – Частина корпусу для електричної складової

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 3.6 – Закриваюча кришка корпусу

Також використано таку ж саму модель як і нижню тільки пусу для пісочного годинника щоб можна було його перевертати. Іншими словами кажучи заглушка, яку зображено на Рисунку 3.7.

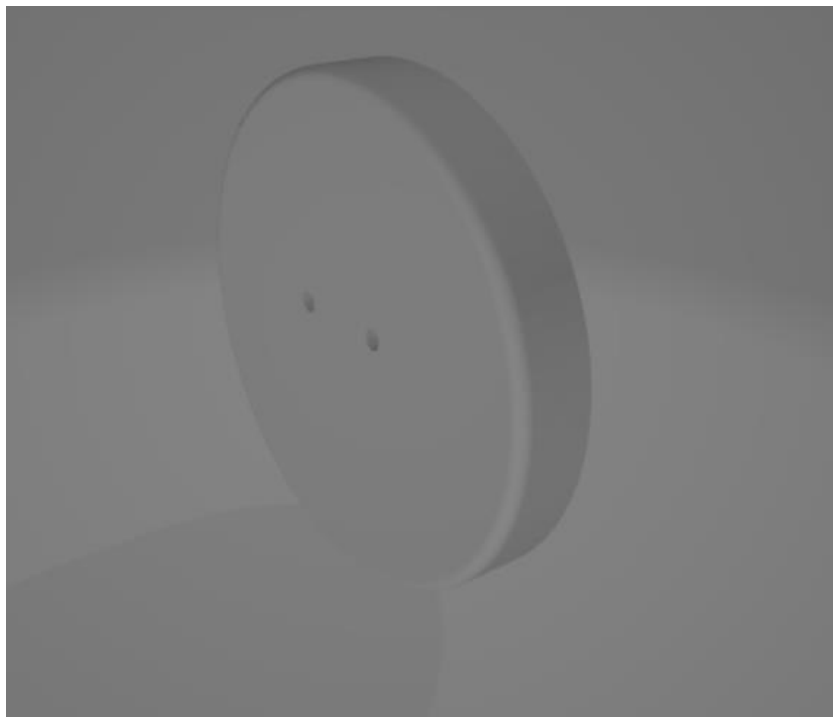


Рисунок 3.7 – Частина корпусу заглушка

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для візуального представлення було розроблено головну модель для пісочного годинника з розрахунком розмірів матриць 8x8 було створено модель яку зображено на Рисунок 3.8.

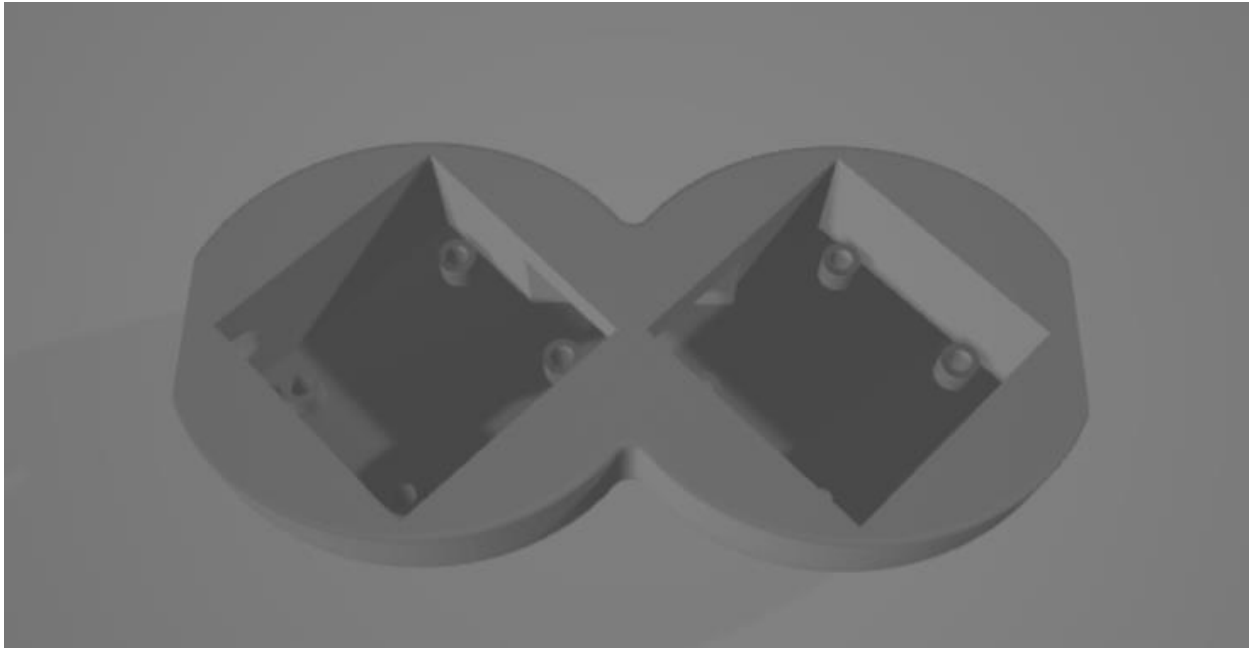


Рисунок 3.8 – Головна частина корпусу

У проєкті використані стандартні формати 3D-моделювання, що дозволяє легко експортувати модель для друку. Також моделі оптимізовані для зручного використання 3D-принтера, забезпечуючи точність та якість друку.

3D-модель корпусу для годинника розроблена відповідно до всіх сучасних стандартів як з точки зору естетики, так і безпеки для користувача. Вона поєднує в собі стильний дизайн та ергономічність, забезпечуючи комфортне використання в повсякденному житті.

При розробці особлива увага приділялася як візуальній привабливості, так і функціональним характеристикам, що робить корпус не лише приємним на вигляд, але й практичним у використанні. Продумані конструкційні особливості гарантують зручну посадку годинника на руці, захист від зовнішніх впливів і довговічність матеріалів.

Цей корпус стане ідеальним рішенням для тих, хто цінує якість, естетику та надійність у своєму аксесуарі.

3.4 Тестування спроектованого ПТП

Тестування проекту включає в себе такі ключові етапи та напрямки як перевірка працездатності пристрою. Метою тестування є перевірка повної функціональності а також надійності пристрою, який імітує роботу пісочного годинника з використанням світлодіодної індикації у вигляді матриць та датчика руху.

Обладнання для тестування являє собою основну технічну складову та такі елементи як: Мікроконтролер ArduinoNANO, Світлодіодна матриця, Гіроскоп, Макетна плата, З'єднувальні провідники, також основний елемент Джерело живлення(5V 1A).

Після підбору елементів отримаємо зібрати схему яка зображена на Рисунку 3.9.

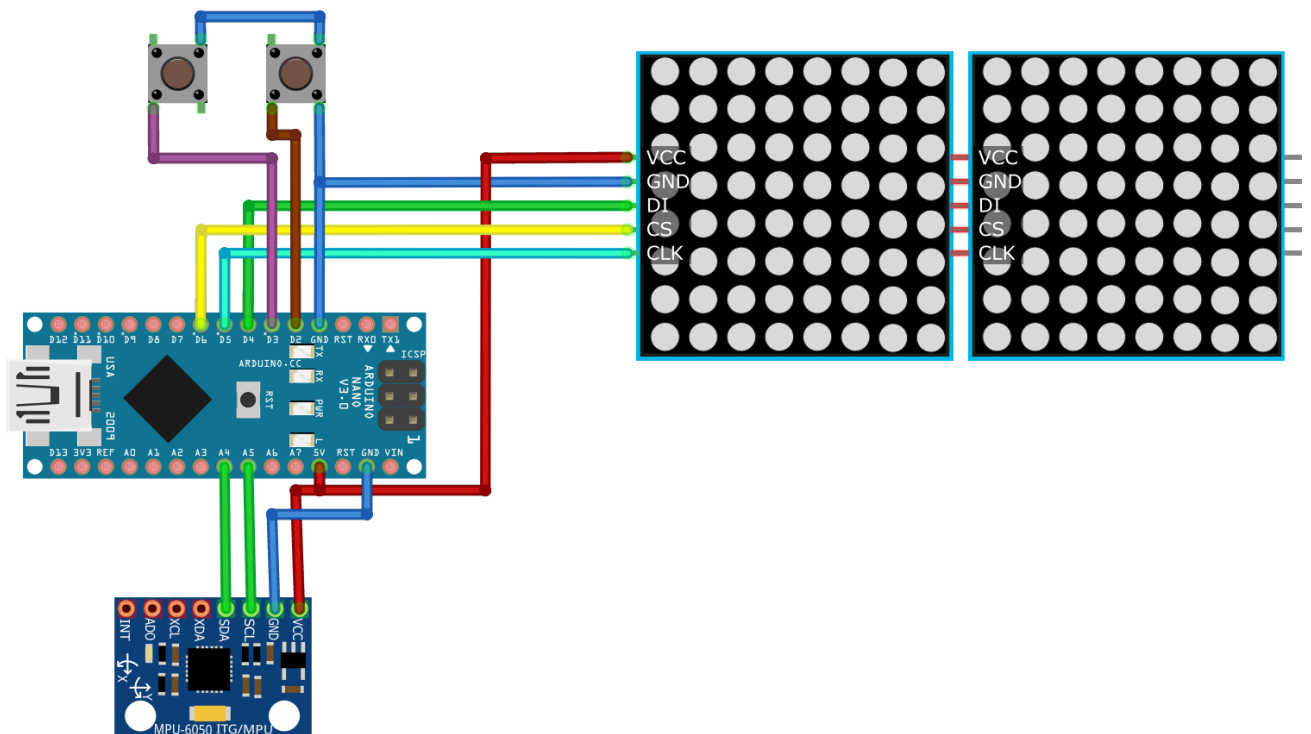


Рисунок 3.9 – Схема пристрою(спрощена)

Після виконаних задач вийшла спрощена схема без автономного живлення, але є також і варіант із автономним живленням та платою заряджання, також туди

входить перемикач живлення для вмикання або вимикання пристрою. Це продемонстрован на зображенні на рисунку 3.10.

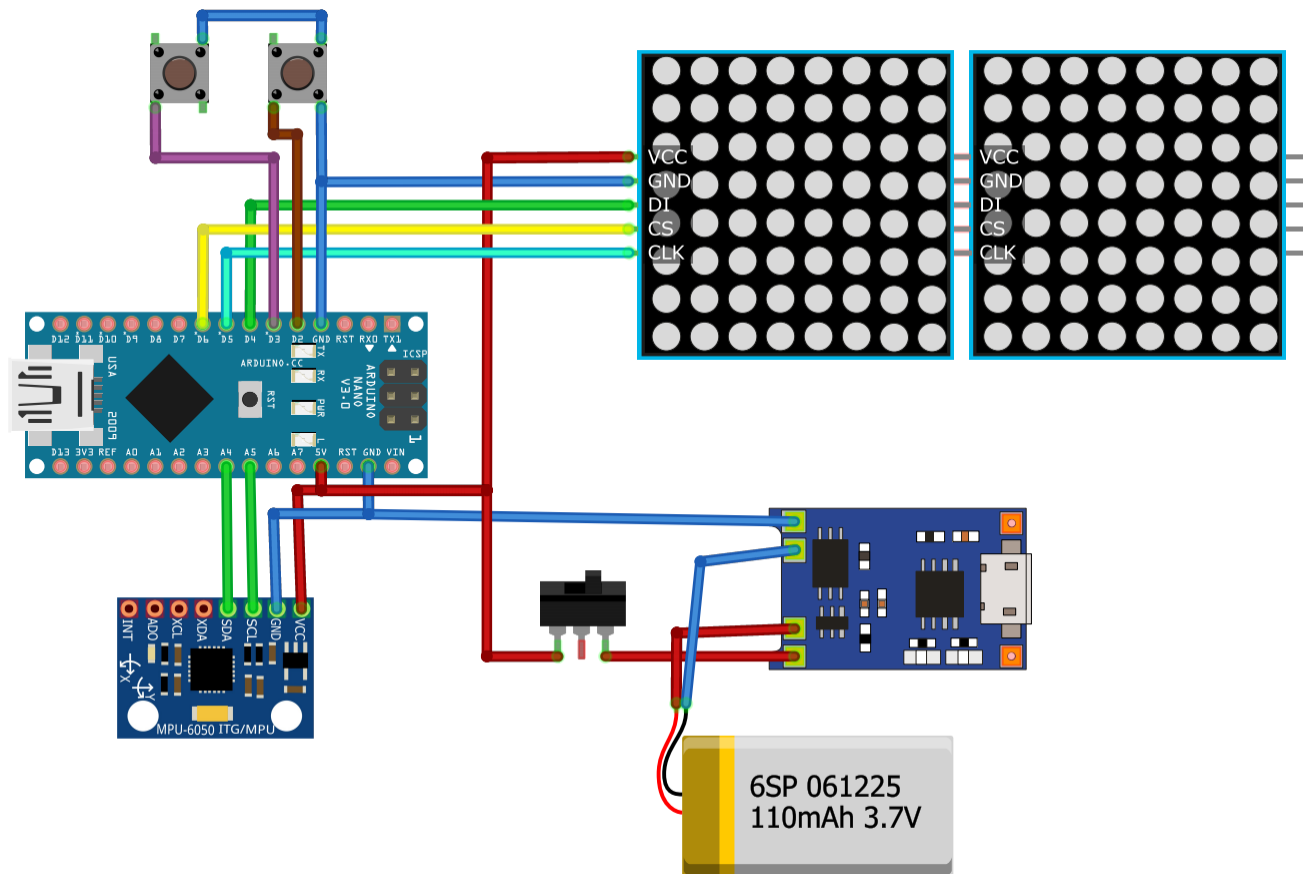


Рисунок 3.10 – Схема пристрою(повна)

3.4.1 Апаратне тестування

Напрямок тестування у першу чергу йде апаратне тестування у якому перевіряється фізичний монтаж схеми для тестування коректності підключення світлодіодів. Ось тут можна побачити як світлодіодами мають виступати піщинки піску та як вони рухаються у просторі матриці 8x8.

Далі йде контроль роботи датчика руху з яким і пов'язане відображення на маатрицях у вигляді стікання піщинок під різким кутом, у різні сторони. Також є важливим перевірка на стабільності електричного живлення щоб не згорів ніякий елемент схеми, але у контролера все ж є стабілізатор напруги і в ситуаціях врятує

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

пристрій. Однак ні один пристрій не має точної інструкції що може стати у випадку перенапруги.

Діагностика механічної міцності конструкції а саме міцності конструкції корпусу. Так як на пристрій пісочний годинник зазвичай не буває сильного навантаження у процесі проектування 3D-моделей було створено великий запас по конструкції щоб мати стабільну та привабливу конструкцію як у золотого перетину.

3.4.2 Програмне тестування

Контроль послідовності світлової індикації полягає у тому, щоб забезпечити коректну роботу світлодіодів у системі. Іншими словами, кожен світлодіод "знає", у який стан йому переходити залежно від вхідних даних. У випадку з матрицею розміром 8x8 світлодіодів, їхня робота синхронізується з гіроскопом та програмним забезпеченням. Завдяки цьому, світлодіод змінює своє положення відповідно до кута нахилу гіроскопа. Таким чином, система може візуалізувати рух або орієнтацію пристрою.

Перевірка реакції на рух людини виконується за допомогою гіроскопа, який фіксує всі нахили пристрою чи об'єкта, на якому він встановлений. Гіроскоп реагує на найменші зміни положення, що дозволяє точно відстежувати рухи користувача. Це особливо важливо для забезпечення точності роботи системи.

Програмне забезпечення включає всі необхідні алгоритми та налаштування, які враховують можливі нюанси роботи пристрою. Це допомагає запобігти збої, помилкам або некоректній поведінці системи під час її використання. Наприклад, у програму можуть бути закладені механізми обробки випадкових похибок гіроскопа або способи адаптації до різних сценаріїв використання.

Тестування програмного забезпечення проводиться з урахуванням усіх можливих сценаріїв взаємодії системи з користувачем, що дозволяє гарантувати її стабільність, функціональність та відповідність вимогам.

3.4.3 Функціональне тестування

При запуску таймера час та світлодіоди у матрицях встановлюються у положення за замовчуванням. Це означає, що пристрій ініціалізує стандартні параметри відображення, щоб забезпечити правильний старт роботи. Після цього, при переміщенні пристрою активується функція таймера, яка починає відлік часу відповідно до заданих параметрів.

Коректність відліку часових інтервалів у пристрої забезпечується контролером, а саме його вбудованим процесором. Він відповідає за точність обчислення часу, що дозволяє забезпечити стабільну і передбачувану роботу пристрою. Завдяки цьому можна бути впевненим, що таймер відліковує час без похибок і виконує свою функцію так само, як і механічний пісочний годинник.

Однією з ключових особливостей роботи пристрою є плавність згасання та вмикання світлодіодів, що імітує процес пересипання піску в реальному пісочному годиннику. Цей ефект реалізований таким чином, щоб світлодіоди змінювали свою яскравість поступово, створюючи візуальний ефект падіння піщинок. При цьому швидкість згасання та засвічування залишається незмінною, що відповідає поведінці реального прототипу.

Ще однією важливою особливістю є реакція пристрою на різні типи рухів. Наприклад, коли користувач струсує таймер, система реагує на це, моделюючи природну поведінку пісочного годинника, коли пісок може перерозподілятися при різких рухах. Ця функція дозволяє пристрою працювати реалістично та додавати інтерактивності у його використання.

Такий підхід до функціонального тестування гарантує, що пристрій працює відповідно до заданих характеристик, забезпечує точний відлік часу та коректну реакцію на зовнішні дії.

Також було проведено тестування надійності. Перевірка стійкості пісочного годинника до температурних змін включає тестування в умовах високих і низьких температур, а також циклічних перепадів. Спочатку проводиться огляд пристрою, фіксуються вихідні параметри, зокрема час засипання піску, стан скла та корпусу.

Далі годинник піддається впливу високої температури $+60^{\circ}\text{C}$ протягом двох годин, після чого аналізуються можливі зміни у структурі матеріалів. Наступним етапом іде випробування за температури -20°C , що дозволяє оцінити цілісність скла, відсутність тріщин і конденсату. Завершальним тестом є циклічне чергування нагрівання та охолодження протягом кількох циклів для перевірки довготривалої стійкості. Після всіх випробувань проводиться повторний огляд і аналіз змін у функціональності пристрою, що дозволяє визначити рівень його адаптації до температурних коливань. Загалом такий тест показує надійність пристрою а саме цілісність.

Перш за все годинник оснащений функцією регулювання яскравості, що дозволяє вручну налаштовувати рівень підсвічування піщинок на матрицях залежно від умов освітленості. Завдяки влаштованій опції робота годинника залишається стабільною як у повній темряві, так і при яскравому світлі, забезпечуючи комфортне використання у будь-яких умовах. Незалежно від змін навколишнього освітлення, яскравість залишається оптимальною, що підвищує зручність взаємодії з пристроєм та гарантує його надійність у різних середовищах.

Таким чином у ході тестування спроектованого програмно-технічного продукту (ПТП) було перевірено його відповідність заявленим технічним вимогам та функціональним характеристикам. Проведені випробування дозволили оцінити стабільність роботи системи, її продуктивність, надійність та зручність використання.

За результатами тестування виявлені недоліки та проведено їхнє усунення, що дозволяло підвищити ефективність та довговічність роботи пристрою. Функціональність продукту була підтверджена в різних сценаріях використання, що гарантує надійність та його відповідність очікуванням кінцевих користувачів.

Таким чином, тестування показує, що розроблений пристрій повністю відповідає поставленим вимогам та готовий до подальшого впровадження.

					КВРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту було спроектовано та реалізовано програмно-технічний засіб вимірювання часу у формі пісочного годинника, що поєднує естетичну привабливість класичного пісочного годинника із функціональністю цифрових електронних систем. Основою реалізації пристрою став мікроконтролер Atmega328p, який забезпечив стабільну та надійну роботу всієї системи, а також дозволив реалізувати низку програмованих функцій для керування індикацією та обробки подій.

На основі проведеного аналізу аналогічних пристроїв та технічних рішень, було обґрунтовано доцільність використання світлодіодної матриці як візуального засобу індикації. Завдяки поетапному згасанню або засвічуванню світлодіодів створюється ефект пересипання піску, що дозволяє користувачу інтуїтивно сприймати плин часу. Такий підхід поєднує символічність пісочного годинника з можливостями точного цифрового відліку.

У першому розділі роботи розглянуто загальні принципи побудови систем вимірювання часу, зокрема класичні та цифрові годинники, а також наведено теоретичне обґрунтування доцільності створення електронного пристрою у вигляді пісочного годинника. Було розглянуто сучасні підходи до реалізації візуалізації часу за допомогою світлодіодів, що дозволило визначити переваги такого типу індикації та високу наочність, простоту реалізації, доступність елементної бази.

У другому розділі здійснено проєктування пристрою. Визначено функціональні та технічні вимоги до системи, зокрема: можливість вибору інтервалів часу, запуск та скидання відліку за допомогою кнопок, візуалізація часу на матриці, модульність та потенційна можливість масштабування або вдосконалення. Запропоновано структурну та функціональну схему пристрою, виконано обґрунтований вибір компонентної бази, включаючи контролер, індикатори, кнопки керування та джерело живлення та розроблено електричну принципову схему пристрою.

У третьому розділі представлено макет для практичної реалізації, а також створено програмне забезпечення для мікроконтролера. Програмна частина забезпечує керування світлодіодною матрицею в заданому алгоритмі, обробку натискання кнопок та контроль за тривалістю таймера. Під час тестування пристрій продемонстрував стабільну роботу в різних режимах. Візуалізація часу відбувалася плавно, а інтерфейс виявився інтуїтивно зрозумілим навіть для користувачів без технічної підготовки.

Особливістю реалізованого пристрою є можливість гнучкого налаштування таймерів, простота у виготовленні, а також естетичність і наочність індикації. Враховуючи мале енергоспоживання та доступність компонентів, пристрій може бути використаний у різних сферах як кухонний таймер, таймер для ігор або навчальних занять, елемент інтер'єру, демонстраційна навчальна модель у галузі мікроконтролерного програмування або схемотехніки.

Таким чином, виконана робота досягла поставленої мети розроблено та виготовлено прототип програмно-технічного засобу вимірювання часу у формі пісочного годинника на базі мікроконтролера Atmega328p, що поєднує класичну форму візуалізації часу з сучасними цифровими технологіями. Створений пристрій є прикладом поєднання інженерного підходу, естетики та доступності реалізації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Lobakkang. Atmega328p timer. Lobakkang's Blog. 2022. URL: <https://lobakkang.github.io/2022/02/15/atmega328p-timer-delay/> (дата звернення: 22.04.2025).
2. Smetronic. ATmega 328p: Countdown timer. GitHub Gist. 2017. URL: <https://gist.github.com/smetronic/f718653b4a5e242d71ca1b5361117b5a> (дата звернення: 22.04.2025).
3. Programming ATmega328p Input Capture. ee-diary. 2022. URL: <https://www.ee-diary.com/2022/06/programming-atmega328p-input-capture.html> (дата звернення: 22.04.2025).
4. Deniz Ariyan. ATmega328P-Interrupt-Based-Timer. GitHub. URL: <https://github.com/denizariyan/ATmega328P-Interrupt-Based-Timer> (дата звернення: 22.04.2025).
5. Developing in C for the ATmega328: Marking Time and Measuring Time. Wellys Dev. URL: https://wellys.com/posts/avr_c_time/ (дата звернення: 22.04.2025).
6. Atmega328p Timer registers and setup code. FastBitLab. 2022. URL: <https://fastbitlab.com/fsm-lecture-64-atmega328p-timer-registers-and-setup-code/> (дата звернення: 22.04.2025).
7. ATmega328P Timer Peripheral: Explanation and Usage. FastBitLab. 2022. URL: <https://fastbitlab.com/atmega328p-timer-peripheral-explanation/> (дата звернення: 22.04.2025).
8. Atmega328P Prescaler to Microseconds. Arduino Stack Exchange. 2018. URL: <https://arduino.stackexchange.com/questions/49159/atmega328p-prescaler-to-microseconds> (дата звернення: 22.04.2025).
9. #9: ATmega328P Timers. Arxterra. URL: <https://www.arxterra.com/9-atmega328p-timers/> (дата звернення: 22.04.2025).
10. Lap Stopwatch With ATmega328 Microcontroller. Instructables. URL: <https://www.instructables.com/Lap-Stopwatch-with-ATmega328-Microcontroller/> (дата звернення: 22.04.2025).

11. Weber D. AVR Timer Programming – ATmega328P. *The Webernets*. 2020. URL: <https://webernets.net/avr-timer-programming-atmega328p/> (дата звернення: 22.04.2025).

12. Kushagra K. Digital Stopwatch Using AVR ATmega328. *Circuit Digest*. 2021. URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/digital-stopwatch-using-avr-atmega328> (дата звернення: 22.04.2025).

13. MikroElektronika. ATmega328P Datasheet Summary. *MikroE Documentation*. URL: <https://download.mikroe.com/documents/datasheets/ATmega328P.pdf> (дата звернення: 22.04.2025).

14. Atmel Corporation. ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. 2016. URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (дата звернення: 22.04.2025).

15. Pratik S. How Timers Work in ATmega328P. *Circuit Digest*. 2020. URL: <https://circuitdigest.com/tutorial/how-timers-work-in-avr-atmega328p> (дата звернення: 22.04.2025).

16. SparkFun Electronics. ATmega328P Reference Guide. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/atmega328p-reference-guide/all> (дата звернення: 22.04.2025).

17. Banzi M., Shiloh M. *Getting Started with Arduino*. 3rd ed. Sebastopol: Maker Media, 2014. 262 p.

18. Schwarz J. *Practical AVR Microcontrollers: Games, Gadgets, and Home Automation with the Microcontroller Used in Arduino*. New York: Apress, 2012. 456 p.

19. Nisbet L. Digital Clock using ATmega328 and 7 Segment Display. *Hackster.io*. 2019. URL: <https://www.hackster.io/nisbet/digital-clock-using-atmega328-and-7-segment-display-b4fc42> (дата звернення: 22.04.2025).

20. Shinde A. Timer-based LED Blinking on ATmega328P. *Instructables Circuits*. 2021. URL: <https://www.instructables.com/Timer-Based-LED-Blinking-on-ATmega328P/> (дата звернення: 22.04.2025).

21. Zambetti T., Cuartielles D. *Arduino Programming Notebook*. URL: https://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino_notebook_v1-1.pdf (дата звернення: 22.04.2025).

22. Saeed K. Stopwatch using ATmega328p & LCD. *YouTube*. 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IBn99bXhABQ> (дата звернення: 22.04.2025).

23. Arduino Team. millis() function. *Arduino Reference*. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/time/millis/> (дата звернення: 22.04.2025).

24. Arduino Team. delay() function. *Arduino Reference*. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/time/delay/> (дата звернення: 22.04.2025).

25. Smith A. AVR C Programming for Beginners. *AVR Freaks*. 2019. URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/avr-c-programming-beginners-guide> (дата звернення: 22.04.2025).

26. Qureshi M. How to use Timer Interrupts in ATmega328P. *Microcontrollers Lab*. 2022. URL: <https://microcontrollerslab.com/timer-interrupts-avr-atmega328p/> (дата звернення: 22.04.2025).

27. Harper E. Digital Hourglass Using Arduino. *Hackster.io*. 2020. URL: <https://www.hackster.io/harper/digital-hourglass-using-arduino-0235c6> (дата звернення: 22.04.2025).

28. Lundin M. AVR Timer Calculator. *thexorcist.se*. URL: <https://www.thexorcist.se/avr-timer-calculator.html> (дата звернення: 22.04.2025).

29. Majumdar A. Digital Timer with Beeper using ATmega328P. *Electronics Projects Hub*. 2021. URL: <https://electronicsprojectshub.com/digital-timer-using-atmega328p/> (дата звернення: 22.04.2025).

30. López J. Sand Timer with Arduino and LED Matrix. *Instructables*. 2020. URL: <https://www.instructables.com/Sand-Timer-With-Arduino-and-LED-Matrix/> (дата звернення: 22.04.2025).

31. Neeraj R. How to Use Timer/Counter in AVR ATmega328. *Crazy Electronics*. 2018. URL: <https://crazyelectronics.com/atmega328-timers/> (дата звернення: 22.04.2025).

32. Bailey J. ATmega328P: Real-Time Clock and Timer with Interrupts. *Hackaday.io*. 2020. URL: <https://hackaday.io/project/atmega328p-real-time-clock> (дата звернення: 22.04.2025).

33. Schwartz P. *Build Your Own Electronics Workshop: Everything You Need to Design and Build Your Own Workshop Space*. New York: McGraw-Hill, 2011. 320 p.

34. Kumar R. Arduino-Based Hourglass Timer. *Engineer Garage*. 2020. URL: <https://www.engineersgarage.com/arduino-hourglass-timer/> (дата звернення: 22.04.2025).

35. Bourne R. *The AVR Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C*. 2nd ed. New Jersey: Pearson, 2013. 625 p.

36. Gibilisco S. *Beginner's Guide to Reading Schematics*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018. 272 p.

37. Ali M. Stopwatch Project using ATmega328P. *MicroDigitalEd*. 2022. URL: <https://microdigitaled.com/Stopwatch-using-ATmega328P.html> (дата звернення: 22.04.2025).

38. Horowitz P., Hill W. *The Art of Electronics*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 1224 p.

39. Gonzalez R. LED Sand Timer with Arduino. *Instructables*. 2021. URL: <https://www.instructables.com/LED-Sand-Timer-With-Arduino/> (дата звернення: 22.04.2025).

40. Maxim Integrated. Real Time Clocks Overview. URL: <https://www.maximintegrated.com/en/products/digital/real-time-clocks.html> (дата звернення: 22.04.2025).

41. MikroE. AVR Timer Interrupt Example. *MikroElektronika*. URL: <https://libstock.mikroe.com/projects/view/1159/avr-timer-interrupt-example> (дата звернення: 22.04.2025).

42. Khandelwal H. Using DS3231 RTC Module with ATmega328. *Circuit Digest*. 2022. URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/using-ds3231-rtc-module-with-atmega328> (дата звернення: 22.04.2025).

43. Williams J. Creating Timers in C for AVR. *AVR Freaks*. URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/creating-timers-c-avr> (дата звернення: 22.04.2025).

44. Pighixxx. Arduino Pinout Diagrams. *pighixxx.com*. URL: <http://pighixxx.com/test/portfolio-items/arduino-pinout-diagrams/> (дата звернення: 22.04.2025).

45. Norris B. Timer and PWM Basics with ATmega328. *Norris Labs*. 2019. URL: <https://norrislabs.com/timers-pwm-atmega328/> (дата звернення: 22.04.2025).

46. Embedded Lab. Timer-based Digital Clock using ATmega328. 2021. URL: <https://embedded-lab.com/blog/timer-based-digital-clock-using-atmega328/> (дата звернення: 22.04.2025).

47. Reyes L. Timer Counter Control Registers in ATmega. *Tutorials Point*. 2020. URL: <https://www.tutorialspoint.com/timer-counter-control-registers-in-atmega> (дата звернення: 22.04.2025).

48. Open Source Hardware Group. Timers in ATmega328P Explained. URL: <https://opensourcehardwaregroup.com/atmega328p-timers/> (дата звернення: 22.04.2025).

49. Digikey. AVR Timers Application Notes. URL: <https://www.digikey.com/en/resources/design-tools/avr-timer-app-note> (дата звернення: 22.04.2025).

50. Vogel S. Sand Timer using Microcontroller. *EE Projects*. 2021. URL: <https://eeprojects.net/sand-timer-using-microcontroller/> (дата звернення: 22.04.2025).

51. Nerd Ralph. Understanding millis() in Arduino. *nerdralph.blogspot.com*. URL: <https://nerdralph.blogspot.com/2014/01/arduino-millis.html> (дата звернення: 22.04.2025).

52. Roberts M. AVR Interrupt Programming. *EEVBlog Forum*. 2019. URL: <https://www.eevblog.com/forum/microcontrollers/avr-interrupt-programming/> (дата звернення: 22.04.2025).

					КВРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

53. ATmega328P Pinout and Features. *Components101*. 2020. URL: <https://components101.com/microcontrollers/atmega328p-pinout-features-datasheet> (дата звернення: 22.04.2025).

54. AVR Freaks Community. Timer Delay Calculation for ATmega. URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/timer-delay-calculation-atmega> (дата звернення: 22.04.2025).

55. Tinkercad. Arduino Sand Timer Simulation. *Autodesk Tinkercad*. 2021. URL: <https://www.tinkercad.com/things/arduino-sand-timer> (дата звернення: 22.04.2025).

					КВРБКІ 210494.21.04.41 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

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

Віктора ШУНЕВИЧА

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-4

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.

13.05 2025 року



Anti-Plagiarism v-15.274 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 14%**

ID: 241198 Title: БКР Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega 328p Added in a DB: 2025-05-15 Authors: Віктор ШУНЕВИЧ Heads: Андрій НІЧЕПОРУК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	67106	561	1642 (2%)	23 (4%)

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: Віктор ШУНЕВИЧ

Співавтор:

Назва: Шуневич_Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega 328p

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 1.1%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 8

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-05-15 12:55:06.0

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:

2025-05-15

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шуневич Віктор Іванович

Тема: Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера

Atmega 328p

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка електронного пристрою для візуалізації часу у формі пісового годинника на основі мікроконтролера Atmega 328p та світлодіодних матриць. У ході проєкту реалізовано апаратну частину пристрою, розроблено програмне забезпечення, яке забезпечує анімацію «пересипання піску», а також проведено тестування та оптимізацію системи.

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі здійснено огляд предметної області, проаналізовано аналогічні пристрої, обґрунтовано вибір мікроконтролера Atmega 328p та світлодіодних матриць, розглянуто методи візуалізації часу.

У другому розділі виконано розробку функціональної та принципової схем, обрано оптимальну конфігурацію підключення компонентів, розроблено схему живлення та реалізовано алгоритм відображення часу у вигляді анімації «піску».

У третьому розділі проведено програмну реалізацію проєкту, створено прошивку для мікроконтролера мовою C із використанням середовища Arduino IDE, протестовано та налагоджено систему. Також здійснено моделювання системи пристрою а саме симуляцію роботи пересипання у веб варіанті.

4. Позитивні сторони роботи: Проєкт має високу наочну та навчальну цінність, демонструє ефективне використання мікроконтролера Atmega 328p для створення креативних інтерфейсів. Реалізована система є прикладом поєднання технічного підходу з естетичним дизайном.

5. Негативні сторони роботи: Симуляція у вебзастосунку має обмежену точність порівняно з апаратною реалізацією, що потребує подальшої адаптації при перенесенні коду на фізичний пристрій.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: відміно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Мартинюк Валерій Володимирович, зав. кедр.
АІТІ та Р, ХНУ

"20" 05 2025 р.

 (підпис)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Пісковий годинник на базі світлодіодних матриць та мікроконтролера Atmega 328p

Автор Віктор ШУНЕВИЧ

Освітня програма Комп'ютерна інженерія та програмування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 123– Комп'ютерна інженерія

Науковий керівник: к.т.н., доцент, Андрій Нічепорук

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	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

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

запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;

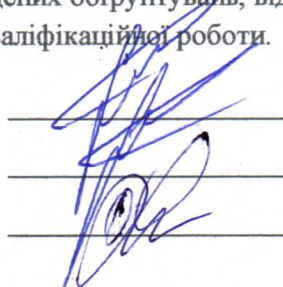
усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1.08% і адресується до 6 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



Андрій Нічепорук

Андрій Нічепорук

Ольга Павлова