

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

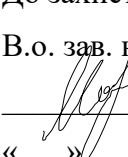
**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

«На правах рукопису»  
УДК 614.78

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК

«  »    20   р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
радіоелектронної техніки»**

**за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Універсальний контролер 3D-друку»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи РЕ-21мп  
Стратенюк Владислав Юрійович



Керівник:

Головня Вікторія Мілентіївна



Рецензент:

Чмельов В'ячеслав Орійович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент 

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

  
\_\_\_\_\_ Андрій МОВЧАНЮК

« » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студента**

**Стратенюка Владислава Юрійовича**

1. Тема дисертації «Універсальний контролер 3D-друку»

науковий керівник дисертації: Головня Вікторія Мілентіївна

затвержені наказом по університету від «09» листопада 2023 р. № 5206-с

2. Термін подання студентом дисертації 11 січня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: Вплив універсального контролера на якість і швидкість друку на 3D-принтерах

4. Вихідні дані: пристрій для віддаленого керування 3D-принтером, напруга живлення 12В, контролер ATmega32u4.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розрахунок електричної принципової схеми, конструювання друкованої плати і корпусу пристрою, розрахунок надійності та віброміцності, створення стартапу проекту, оформлення креслеників та специфікацій, пояснення конструкторських рішень

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу схеми електричні принципів, складальні креслення друкованого вузла


7. Орієнтовний перелік публікацій

9. Дата видачі завдання 01 вересня 2023 року

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання теми магістерської дисертації	05.09.2023р.	
2	Розробка плану магістерської дисертації	10.09. 2023р.	
3	Початок збору інформації для дослідження	24.09.2023р.	
4	Початок розробки пристрою	07.10.2023р.	
5	Огляд існуючих рішень	14.10.2023р.	
6	Розробка електричної схеми	21.10.2023р.	
7	Розробка друкованої плати	21.11.2023р.	
8	Розробка конструкторської документації	28.11.2023р.	
	Оформлення магістерської дисертації	09.01.2024р.	

Студент



Владислав СТРАТЕНЮК

Науковий керівник



Вікторія ГОЛОВНЯ

## РЕФЕРАТ

3D-друк, який також відомий як адитивне виробництво, здобуває все більшу популярність у світі технологій та промисловості. Ця інноваційна технологія дозволяє створювати фізичні об'єкти шляхом нанесення матеріалу шар за шаром, а це відкриває широкі можливості для виробництва різноманітних виробів, від прототипів та медичних імплантатів до мистецтва та консумерських товарів.

Для досягнення найвищої якості друку та керування процесом 3D-друку інженерам та користувачам потрібно мати ефективний і універсальний контроллер який надає користувачам високий рівень контролю над процесом друку, дозволяючи налаштовувати параметри, моніторити прогрес та віддалено керувати принтером.

**Актуальність теми** 3D-друк швидко набирає популярності в різних галузях, від прототипування та медицини до освіти та розваг. Зараз багато людей та компаній мають 3D-принтери, і вони потребують зручних і потужних засобів для керування процесом друку. Універсальний контроллер допоможе спростити процес налаштування, керування та моніторингу за 3D-друком. Зробить цей процес більш зручним та ефективним для користувачів, що допоможе зекономити час та ресурси.

**Метою роботи** є проектування та розробка універсального контролера для 3D-друку, який надасть користувачам доступ до розширеного набору функцій та можливостей для оптимізації процесу друку. Дозволить досягти кращих результатів, зменшити час виробництва та покращити якість надрукованих об'єктів. Відповідно заданим вимогам спроектувати функціональні, структурні та принципові схеми, розробити друковану плату та сформулювати обов'язкові умови та методи реалізації універсального контролера для 3D-друку.

**Об'єкт дослідження:** Універсальний контролер 3D-друку.

**Предмет дослідження:** Складові системи контролеру 3D-друку. Вивчення та оцінка того, як впровадження універсального контролера впливає на якість та швидкість друку на 3D-принтерах.

**Методи дослідження:** Для досягнення поставленої мети необхідно розглянути та проаналізувати доступні аналоги на ринку. Здійснити аналіз ТЗ, спроектувати структурну схему та схему електричну принципову а також конструкцію друкованої плати.

**Практичне значення одержаних результатів:** розробити пристрій контролю, який стане ключовою складовою системи з покращеними можливостями керування процесом 3D-друку. Разом із рекомендаціями щодо впровадження, цей контролер має бути ефективним інструментом для поліпшення якості та швидкості друку на 3D-принтерах.

**Ключові слова:** універсальний контролер, 3D-друк, віддалене керування, моніторинг, якість друку, час друку, датчики, камера, UART підключення, сумісність.

## ABSTRACT

3D printing, also known as additive manufacturing, is gaining increasing popularity in the world of technology and industry. This innovative technology allows the creation of physical objects by layering material one after another, opening up vast possibilities for producing various items, from prototypes and medical implants to art and consumer goods.

However, to achieve the highest print quality and control over the 3D printing process, engineers and users need to have an efficient and versatile controller. This controller provides users with a high level of control over the printing process, allowing them to adjust parameters, monitor progress, and remotely manage the printer.

**The relevance of the 3D printing** topic is rapidly gaining popularity in various fields, from prototyping and medicine to education and entertainment. Currently, many individuals and companies own 3D printers, and they require convenient and powerful tools to manage the printing process. A universal controller will help streamline the setup, control, and monitoring of 3D printing. This makes the process more convenient and efficient for users, ultimately saving time and resources.

**The objective of the project is** the design and development of a universal controller for 3D printing, providing users with access to an advanced set of features and capabilities to optimize the printing process. This controller aims to achieve better results, reduce production time, and enhance the quality of printed objects. In accordance with the specified requirements, the project involves designing functional, structural, and schematic diagrams, developing a printed circuit board, and formulating mandatory conditions and methods for implementing the universal controller for 3D printing.

**Research Object:** Universal 3D Printing Controller.

**Subject of Research:** Components of the 3D Printing Controller System. Investigation and evaluation of how the implementation of a universal controller affects the quality and speed of printing on 3D printers.

**Research Methods:** To achieve the set goal, it is necessary to review and analyze available market analogs, conduct a requirements analysis, design a structural diagram, an electrical schematic diagram, and the layout of the printed circuit board.

**Practical Significance of Obtained Results:** Develop a control device that will be a key component of the system with enhanced control capabilities for the 3D printing process. Along with implementation recommendations, this controller should be an effective tool for improving the quality and speed of printing on 3D printers.

**Keywords:** universal controller, 3D printing, remote control, monitoring, print quality, print time, sensors, camera, UART connection, compatibility.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до магістерської дисертації**  
на тему: Універсальний контролер 3D-друку

Київ - 2024



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	12
ВСТУП .....	13
1 АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ТА ВИМОГ ДО ПРИСТРОЮ.....	15
1.1 Огляд можливих аналогів .....	16
1.1.1 Repetier-Server .....	16
1.1.2 Node Pro від Fiberpunk .....	17
1.1.3 Repetier-Host.....	18
1.1.4 Klipper .....	19
1.1.5 Висновки .....	20
1.2 Вимоги до пристрою .....	20
1.2.1 Вимоги до WI-Fi модуля.....	20
1.2.2 Вимоги до контролера.....	20
1.2.3 Вимоги до датчику вогню та диму.....	21
1.2.4 Вимоги до корпусу.....	21
1.2.5 Вимоги до виконання конструкції пристрою.....	21
1.3 Аналіз технічного завдання.....	21
2 РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРУ 3D-ДРУКУ.....	23
2.1 Опис схеми електричної принципової.....	23
2.2 Обґрунтування схеми електричної принципової.....	15
2.3 Вибір елементної бази та матеріалів. ....	25
2.3.1 Вибір резисторів.....	25
2.3.2 Вибір транзистора.....	26
2.3.3 Вибір роз'ємів.....	27
2.3.4 Вибір мікроконтролера.....	28
2.3.5 Вибір світлодіода.....	32
2.3.6 Вибір фоторезистора.....	33
2.3.7 Вибір зумера.....	33
2.4 Розрахунок друкованої плати.....	34

2.4.1 Розрахунок розмірів друкованої плати.....	34
2.4.2 Розрахунок ширини друкованих провідників.....	39
2.4.3 Розрахунок зазорів між елементами.....	40
2.4.4 Розрахунок відстані у вузькому місці.....	41
2.5 Розробка конструкції пристрою.....	41
3 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.....	45
3.1 Розрахунок надійності.....	45
3.2 Розрахунок віброміцності.....	49
4 МЕТОДИКИ НАЛАШТУВАННЯ КОНТРОЛЕРУ 3D-ДРУКУ.....	51
4.1 Налаштування telegram.....	51
4.2 Створення ідентифікатора власного ключа.....	53
4.3 Передача інформації на носій інформації.....	58
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ .....	64
5.1 Опис ідеї проекту .....	64
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	66
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	67
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	71
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	73
ВИСНОВКИ .....	76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	77
ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	79
ДОДАТОК Б ДОВІДКА ДЛЯ РОЗМІРІВ.....	85
ДОДАТОК В ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ.....	86
ДОДАТОК Г СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА.....	88
ДОДАТОК Д СПЕЦИФІКАЦІЯ.....	89
ДОДАТОК Е СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК.....	91
ДОДАТОК Є ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ.....	92

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — друкована плата

МК — мікроконтролер

SMD — «Surface-mounted device» — поверхневий монтаж

SPI — "Serial Peripheral Interface" — послідовний периферійний інтерфейс

UART — "Universal Asynchronous Receiver-Transmitter" — універсальний асинхронний приймач-передавач

WIFI — бездротовий інтерфейс зв'язку, що використовується для безпроводного підключення до мережі

TELEGRAM — популярний месенджер, який надає можливість комунікації через Інтернет

I2C — "Inter-Integrated Circuit" - інтерфейс між інтегрованими схемами для обміну даними

SDIO — "Secure Digital Input Output" - інтерфейс для обміну даними з картою пам'яті Secure Digital

3D — це технологія створення тривимірних об'єктів за допомогою спеціальних пристроїв, що наносять матеріал шар за шаром за цифровою моделлю

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку технологій 3D-принтери визнані символами новаторства та відображають справжню сутність технологічного прогресу. Вони надають можливість перетворення ідеї у конкретну реальність через тривимірне моделювання, реалізуючи цифрові концепції у фізичних об'єктах. 3D-принтери не лише є технологічними пристроями, вони є вікнами у безмежний світ творчості, виробництва та постійних інновацій.

Обговорення 3D-друку на сьогоднішній день - це не просто дискусія про новітні технології. Це глибоке відчуття трансформації у сприйнятті не лише виробництва та дизайну, але й у самому процесі творення. 3D-друк, відомий також як адитивне виробництво, розкриває широкі можливості у створенні об'єктів, які раніше вважалися або недосяжними, або дуже складнодоступними.

Ця технологія відкриває ворота у світ, де обмеження та бар'єри виробництва втрачають свій попередній вигляд. І тут не йдеться лише про зміну індустрії та виробництва, це перетворює спосіб, яким ми уявляємо і втілюємо наші ідеї. Ідеї, які раніше виглядали або суперечливими, або залишаються лише на рівні концепцій, тепер можуть бути перетворені у реальні об'єкти за допомогою цієї передової технології.

Однак, низка проблем супроводжує цей потенціал. Складності 3D-друку можуть включати не тільки вибір відповідного матеріалу або налаштування параметрів, але і боротьбу з нерівномірністю шарів, деформацією, адгезією та іншими технічними аспектами.

Здійснення віддаленого доступу до процесу 3D-друку є ключовим елементом у сфері технологічного виробництва. Це не просто можливість контролювати або відстежувати процес: це широкий спектр можливостей, які відкриваються завдяки здатності втручатися у реальний час. Це важливо для великих виробництв, де необхідно мати постійний контроль та можливість реагувати на будь-які ситуації навіть здалеку. Також це корисно для освітніх цілей та домашнього використання, де віддалений доступ надає можливість

легко відстежувати та керувати процесом, навіть якщо ви знаходитесь в іншому місці чи просто не біля пристрою.

Звичайно, віддалене керування процесом друку в 3D має потенціал не лише уникати неполадок, а й революціонізувати якість продукції. Можливість реагувати на будь-які аномалії або помилки навіть без присутності фізичної особи на місці друку розширює можливості виправлення в реальному часі. Це значить, що процес може бути оптимізований, забезпечуючи налаштування та коригування параметрів безпосередньо у процесі виготовлення. Точний контроль та вміння втручатися у виробництво "на льоту" дозволяють досягти не тільки високих стандартів якості, а й уникнути дефектів, що можуть виникнути у процесі. Такий рівень управління зменшує ймовірність виробничого браку і сприяє підвищенню якості продукції у цілому.

Проте ключовим елементом у всьому цьому є контроль. Без належного управління процесом 3D-друку, навіть найкращий принтер або найінноваційніша технологія можуть втратити свій потенціал. І ось тут на сцену виходить універсальний контролер. Він - це не просто пристрій, що дозволяє налаштовувати параметри. Це ключ до максимальної ефективності, точності та можливостей 3D-друку.

## **1 АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ТА ВИМОГ ДО ПРИСТРОЮ**

За комплексністю системи стоїть складність управління нею, а це безпосередньо впливає на проектування відповідних пристроїв. У свою чергу, для менш складних систем необхідність у складних та високотехнологічних пристроях керування не є настільки критичною.

Це особливо важливо у масовому виробництві, де ефективне використання ресурсів та забезпечення оптимальності пристроїв керування стає пріоритетним завданням. Раціональний підхід полягає в тому, щоб пристрій мав лише необхідні для роботи функції, що дозволить знизити вартість продукту та підняти його конкурентоспроможність. Зважаючи на важливість цих аспектів у світі 3D-друку, їх вплив на устрійство універсального контролера надзвичайно суттєвий.

У цій галузі, де кожен елемент має значення, оптимізація пристрою керування є ключовим фактором для досягнення успішних результатів. Мінімізація складності пристрою, його адаптованість та ефективність використання ресурсів відіграють велику роль у забезпеченні безперебійної та якісної роботи 3D-принтера.

Отже, обґрунтований вибір інтерфейсів з низькою потужністю, здатних забезпечити потрібні функції приладу, стає критичним у процесі розробки універсального контролера для 3D-друку. Такий підхід дозволяє знизити витрати на виробництво та підвищити доступність технології, забезпечуючи одночасно стабільну та якісну роботу 3D-принтерів у різних умовах та завданнях.

## 1.1 Огляд можливих аналогів

Це рішення має специфічну спрямованість і є досить нішовим у своєму застосуванні, а найближчими аналогами зазвичай є пристрої, що входять до складу більш складних систем.

### 1.1.1 Repetier-Server

Repetier-Server — це рішення, яке дозволяє користувачам керувати своїми 3D-принтерами через веб-інтерфейс. Завдяки цьому всі параметри, які користувачі можуть встановлювати безпосередньо на принтерах, також можна легко та зрозуміло зробити з ПК. Тож вони також можуть дистанційно керувати своїми принтерами.

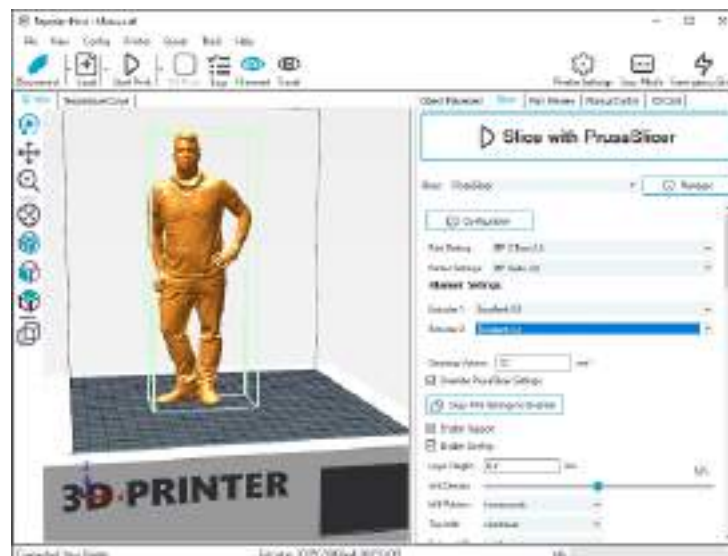


Рисунок 1.1 — Платформа Repetier - Server

Repetier-Server - це платформа для віддаленого керування 3D-принтерами [11] Має веб-інтерфейс, який дозволяє користувачам завантажувати моделі, налаштовувати параметри друку та віддалено контролювати принтер.

Забезпечує можливість моніторити прогрес друку та відстежувати статус друку через інтернет.

Плюси[11] :

- Зручний веб-інтерфейс: Має інтуїтивний та зручний веб-інтерфейс для керування 3D-принтерами.

- Віддалений доступ: Забезпечує можливість віддаленого керування принтером з будь-якого місця через Інтернет.
- Моніторинг: Користувачі можуть в режимі реального часу спостерігати за процесом друку та отримувати сповіщення про статус друку.

Мінуси [11]:

- Складність налаштування: Для віддаленого доступу та забезпечення безпеки потребує налаштування сервера, що може бути складним завданням для початківців.

### 1.1.2 Node Pro від Fiberpunk:

Node - це спосіб розширити можливості принтеру через Wi-Fi та додаткові аксесуари. Цей пристрій включає в себе спеціальну плату, яка базується на ESP-32 та має відкритий вихідний код програмного забезпечення, а також оснащена OLED-дисплеєм та унікальним мостом SD, що сприяє швидкості та надійності друкування.



Рисунок 1.2 — Платформа Node Pro

Плюси [12]:

- Графічний інтерфейс: Має графічний інтерфейс, який полегшує керування 3D-принтером.
- Простий і надійний спосіб розширити функціональні можливості принтеру через Wi-Fi та додаткові аксесуари.



- Оснащений спеціальною платою на базі ESP-32 з відкритим програмним забезпеченням, що дозволяє користувачам модифікувати його під свої потреби.
- Присутній OLED-дисплей, який полегшує інтерфейс та контроль пристрою.
- Підтримка віддаленого доступу: Може бути використаний через веб-сервер для віддаленого керування принтером.
- Передача файлу для друку через додаток

Мінуси:

- Обмежена функціональність в порівнянні з іншими платформами: Програма має менше розширених функцій, які доступні у деяких інших аналогів.
- Ціна.
- Підтримка лише двох принтерів.

### 1.1.3 Repetier-Host

Repetier-Host - це програма для керування 3D-принтерами, яка також має веб-сервер [13]. Ви можете встановити Repetier-Server на свій комп'ютер або сервер і отримувати доступ до нього через веб-інтерфейс з будь-якого пристрою.

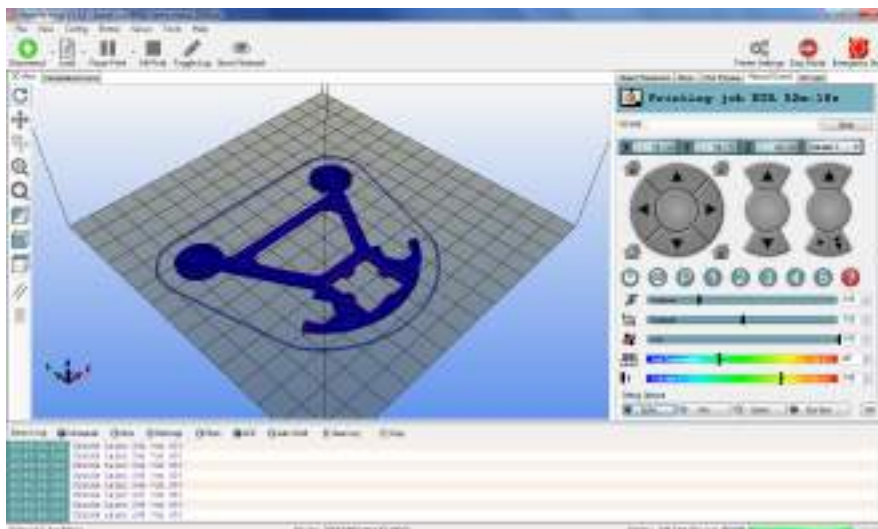


Рисунок 1.3 — Платформа Repetier Host

Плюси:

- Зручний інтерфейс: Має інтуїтивний і легко зрозумілий інтерфейс для керування принтером.
- Підтримка веб-сервера: Може використовувати веб-сервер для віддаленого керування.

Мінуси:

- Обмежені функції в порівнянні з іншими платформами: Деякі продвинуті функції можуть бути обмеженими.
- Необхідність обладнати принтер більш потужною системою, ARM архітектурою.
- Залежність від хмарних послуг: Вимагає доступу до хмарних послуг та Інтернету [14].

#### 1.1.4 Klipper

Klipper - це прошивка для 3D-принтерів, яка використовує комп'ютер або одноплатний комп'ютер, наприклад, Raspberry Pi, для обробки графічного інтерфейсу користувача та обчислення рухів принтера [14]. Вона дозволяє розширити можливості принтера, реалізувати складніші алгоритми керування рухом і використовувати потужність зовнішнього комп'ютера для оптимізації процесу друку.

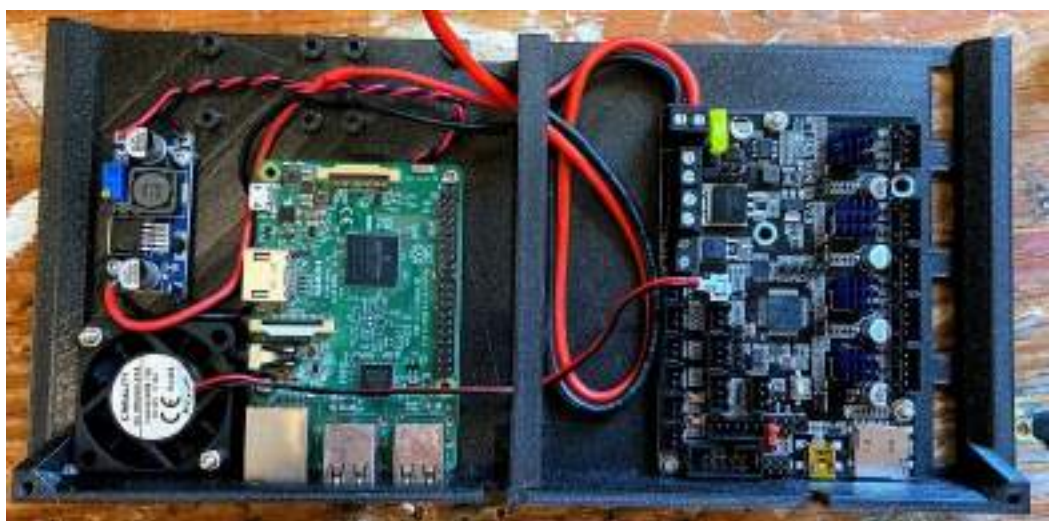


Рисунок 1.4 — Платформа Klipper

- Klipper - це відкрите програмне забезпечення для керування 3D-принтерами, яке забезпечує високу продуктивність та точність керування.
- Хоча воно не має вбудованого веб-інтерфейсу, ви можете інтегрувати його з іншими веб-серверами або інтерфейсами для віддаленого керування.

Плюси [15]:

- Висока продуктивність: Забезпечує високу продуктивність та точність керування принтером.
- Відкрите програмне забезпечення: Як відкрите програмне забезпечення, відкриває можливості розширення функціональності.

Мінуси:

- Немає вбудованого веб-інтерфейсу: Для віддаленого керування потрібно додати окремий веб-інтерфейс, що може бути додатковою роботою [15].
- Ціна за пристрій який перевищує ціну деяких бюджетних 3д принтерів
- Складність налаштування

### 1.1.5 Висновки

Наш універсальний контроллер для 3D-друку вирізняється дешевизною та простотою використання порівняно з існуючими аналогами. мета нашого диплому зробити його доступним для більшої кількості користувачів, забезпечуючи при цьому високий рівень функціональності.

## 1.2 Вимоги до пристрою

### 1.2.1 Вимоги до Wi-Fi модуля

Підтримка WiFi протоколу 802.11 b/g/n

Дальність дії 20-30 метрів.

Частота сигналу 2,4ГГц.

### 1.2.2 Вимоги до контролера

Побудована на мікроконтролері ATmega32u4 і вище

Струм споживання до 0,2 мА.

Підтримка зовнішньої Flash пам'яті.

Підтримка переривання.

Аналогових входів: 8

Вхідна напруга (рекомендована): 3.3-12В

#### 1.2.3 Вимоги до датчику вогню та диму

Напруга: 5В

Діапазон чутливості: 300-10000 ppm

Час відгуку  $\leq 10$ с

Чутливість (R в повітрі) / (R в присутності характерного газу)  $\geq 5$ с

#### 1.2.4 Вимоги до корпусу

Максимальний розмір корпусу 150x100x50мм.

#### 1.2.5 Вимоги до виконання конструкції пристрою

Кліматичні вимоги УХЛ4.2 згідно [8].

Захист від механічних впливів С1 згідно [9].

### **1.3 Аналіз технічного завдання**

Згідно з технічним завданням необхідно розробити контролер для віддаленого керування 3D-принтером. Для живлення використати роз'єм, на котрий подається напруга 5В, модуль Wi-Fi, модуль задимлення та вогню, датчик освітлення, роз'єми для підключення термопари а також SDIO та UART та зовнішніх пристроїв з напругою до 220В.

На корпусі мають бути спеціальні відкриті місця для зручного підключення зовнішніх пристроїв. Продукт повинен мати гарантійний термін не менше 12 місяців для визначення його надійності. Технічне обслуговування та ремонт може проводити сам користувач, вимкнувши живлення та від'єднавши прилад від усіх зовнішніх пристроїв.

Таблиця 2.1 – Характеристики та значення механічних та кліматичних чинників

Чинник	Характеристики чинника	Значення чинника
Синусоїдальна вібрація	Діапазон частот, Гц	10-70
	Амплітуда прискорення, м/с <sup>2</sup> (g)	19,6
	Тривалість впливу, хв	90
Знижена температура	Робоча температура, °С	+5
	Гранична температура, °С	-40
Підвищена температура	Робоча температура, °С	+40
	Гранична температура, °С	+55

Пристрій має бути призначений для використання в житлових приміщеннях та офісах. Бути відповідним групі С1 згідно з ГОСТ 16019-2001, що означає, що він призначений для стаціонарного використання в опалювальних наземних і підземних спорудах.

## 2 РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРУ 3D-ДРУКУ

### 2.1 Опис схеми електричної принципової

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також необхідних елементів для програмування. Ця плата оснащена лінійним стабілізатором напруги, який може працювати на 5 або 3,3 вольт, а також може бути живлений 12 вольтами.

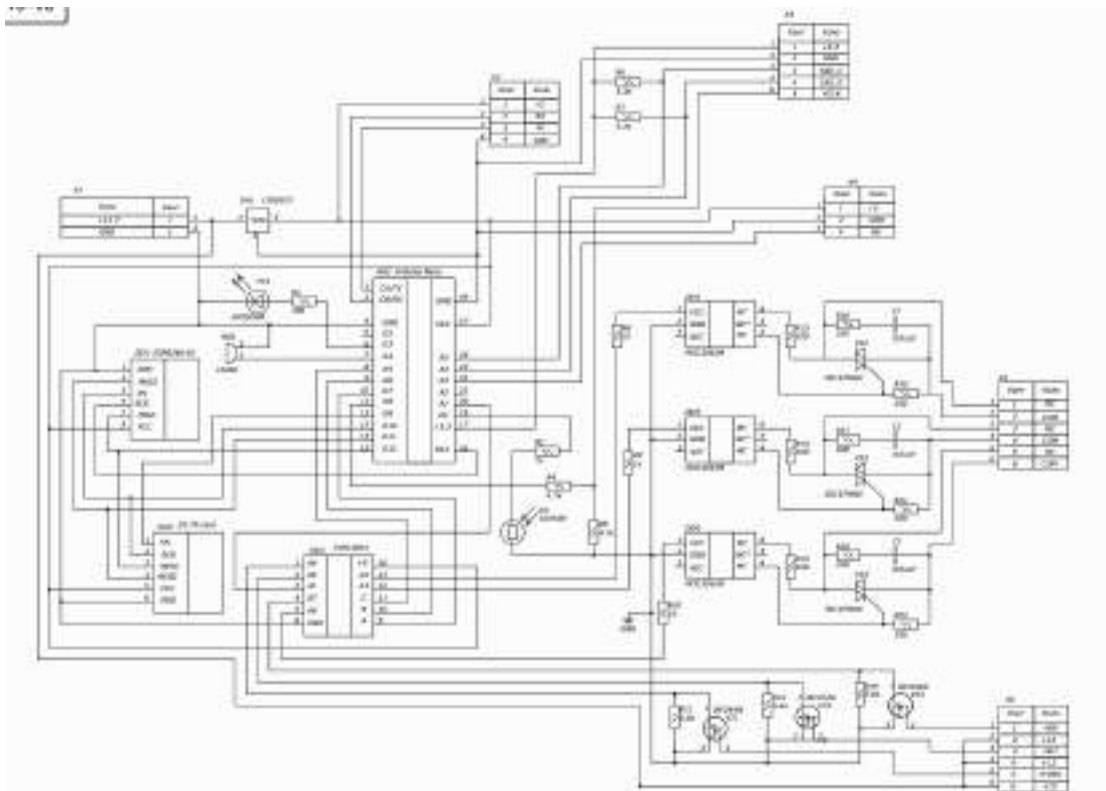


Рисунок 2.1 — Принципова схема універсального контролера 3D-друком на основі контролера Arduino Nano V3

На платі є кварцовий резонатор з частотою 16 МГц. Мікроконтролер ATmega328 має вбудований завантажувач, що дозволяє безпосередньо програмувати його без зовнішнього програматора. Обсяг пам'яті програм складає 32 КБ (2 КБ з них використовуються під завантажувач). Також є 2 КБ оперативної пам'яті SRAM та 1 Кб EEPROM для збереження даних, з якою можна працювати за допомогою бібліотеки EEPROM.

Симистор вже є засобом для контролю змінної напруги, але для управління ним ми використовуємо оптопару МОС3061М. Це забезпечує електричну ізоляцію між навантаженням і управляючою схемою. Такий перемикач може включитися в момент переходу через нуль змінної напруги, що допомагає продовжити термін служби пристроїв, які піддаються комутації. Що у свою чергу дає змогу керувати екстреним вимкненням принтеру, освітленням та увімкненням нагрівальної камери для сушки пластику.

Спричинення помилкових активацій може бути пов'язане з виникненням напругових викидів під час включення ключа, який керує індуктивним навантаженням, або з появою імпульсних перешкод у лініях живлення навантаження. Ефективний спосіб попередження спричинення помилкових активацій полягає у використанні RC-ланцюжка, який паралельно підключений до виходу ключового блоку в схемі.

У схемі передбачено світлову сигналізацію за допомогою світлодіода GNL-3012HD, який має червоний колір.

Силове коло надає можливість керування нагрівачем робочої поверхні, нагрівачем екструдера та обдувом деталі. І це все реалізовано на транзисторах IRFZ44N – N-канальні польові транзистори з ізольованим затвором (MOSFET, КМОП), виготовлені за технологією виробництва силових транзисторів - HEXFET.. При правильному охолодженні максимальна потужність розсіювання може досягати 94Вт.

Ми потребуємо розширити можливості виведення цифрових сигналів на платі Arduino, тому ми використовуємо мультиплексор 74НС4051. Цей пристрій дозволяє нам збільшити кількість доступних портів, використовуючи лише 3 цифрові виходи та один аналоговий.

Пристрій також обладнаний пристроєм WiFi на базі популярного чіпсета ESP8266EX. На борту плати знаходиться мікросхема Flash-пам'яті об'ємом 2 МБ, чіп ESP8266EX, кварцовий резонатор, два індикаторних світлодіода і мініатюрна антена з доріжки на верхньому шарі друкованої плати у вигляді

змійки. Flash-пам'ять необхідна для зберігання програмного забезпечення. При кожному включенні ПО автоматично завантажується в чіп ESP8266EX.

Перелік елементів повинен бути сформований у відповідності до RoHS та пріоритетно з найменш допустимо можливих габаритів, що дозволить суттєво зменшити розміри плати та кінцевого пристрою в цілому.

## **2.3 Вибір елементної бази та матеріалів**

Щоб полегшити процес виробництва пристрою, ми звернемо увагу на компоненти поверхневого монтажу (SMD). Використання цих компонентів дозволить значно зменшити розміри пристрою в кілька разів.

### **2.3.1 Вибір резисторів**

Існує різноманітні типи резисторів, що відрізняються за потужністю, розмірами, якістю та вартістю. Серед них чіп-резистори (SMD-резистори) та вивідні резистори, які монтується у спеціальні отвори.



Рисунок 2.1 — SMD резистори

SMD-резистори призначені для монтажу на поверхні плати. Вони відрізняються меншими розмірами порівняно з вивідними резисторами, що робить їх ідеальними для застосування у виробництві електроніки на масштабах заводу. Показано на рисунку 4.1



Ми будемо користуватися SMD-резисторами наступних типів:

1. RC1206JR-1KR-Hitano 1 kOhm 0,25W  $\pm$ 5%
2. RC1206JR-073K6L-Yageo 5,6 kOhm 0,25W 5%
3. RC1206JR-4K7R – Hitano 4,7 kOhm 0,25W 5%
4. RC1206JR-04K6L-Yageo 3,3 kOhm 0,25W 5%
5. RC1206JR-300R-Hitano 300 Ohm 0,25W 5%
6. RC1206JR-300R-Hitano 100Ohm 0,25W 5%

### 2.3.2 Вибір транзистора

Вибір транзистора для використання в якості ключа базується на кількох основних параметрах:

1. Максимальний колекторний струм.
2. Максимально допустима напруга між колектором і базою транзистора.
3. Частотні характеристики.



Рисунок 2.2 — Польовий транзистор IRFZ44N

Польовий транзистор IRFZ44N від компанії Vishay характеризується наступними параметрами:

- Максимальна напруга між стоком та витком: 55 В;
- Робочий температурний діапазон від -55°C до +175°C;
- Граничний струм: 100 А.



Рисунок 2.3 — SMD Польовий транзистор L7805CV.

Польовий транзистор L7805CV Jameco:

Діапазон вхідної напруги 7В...20В;

Робочий діапазон температур Tstg від -55°C до +175°C;

Максимальний струм навантаження 1.5А

### 2.3.3 Вибір роз'ємів

Ми вибираємо роз'єми DG301 від Degson для використання.



Рисунок — 2.4 Роз'єми DG301.

Виробник: Degson

Максимальний струм: 15 А

Максимальна напруга: 300 В

Розміри: 15 мм x 7.6 мм x 10 мм



Рисунок 2.5 — Коннектор PBS-2.54-4

Цей конектор є одним з простих способів з'єднання двох плат. Кожен контакт може передавати струм до 3А, що робить їх практично використовуваними у більшості ситуацій. Такі роз'єми не мають вбудованих механічних фіксаторів, тому важливо забезпечити правильне підключення при їх використанні. З кроком 2.54мм.



Рисунок 2.6 — Коннектор USB-A-1J

USB-A-1J - це гніздо USB типу А для монтажу на платі. Це роз'єм USB 2.0 з одним портом, орієнтованим під кутом 90 градусів для горизонтального монтажу. Він має максимальну напругу 30 В, максимальний струм 1 А, і опору контакту 30 мОм.

#### 2.3.4 Вибір мікроконтролера

Arduino Nano V3.0 - це малий, самостійний модуль, що базується на мікроконтролері ATmega328. Для взаємодії з комп'ютером використовується мікросхема CH340G.

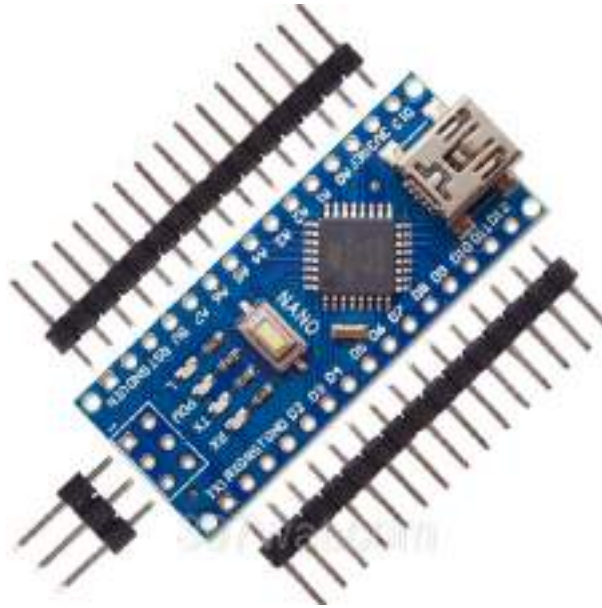


Рисунок 2.7 — Arduino Nano V3.0

- Робоча напруга: 5 В
- Рекомендована вхідна напруга: (7-12) В
- Кількість цифрових входів / виходів: 14 (6 з них можуть використовуватися як ШІМ)
- Кількість аналогових входів: 8
- Сила струму для входів / виходів: 40 мА
- Сила струму для 3.3 В виходу: 50 мА
- Обсяг пам'яті: 32 кБ (з 2 кБ використовується для бутлоадера)
- SRAM: 2 кБ
- EEPROM: 1 кБ
- Частота: 16 МГц

WiFi модуль, характеризується компактними розмірами та повною підтримкою сучасних протоколів бездротового зв'язку. Цей модуль відкриває можливості для перенесення власного проекту на вищий рівень, дозволяючи організувати зв'язок з комп'ютером або підключатися до роутера. Використовується в різних галузях, таких як системи розумного будинку, IP-камери, мережі сенсорів, гаджети та інше.

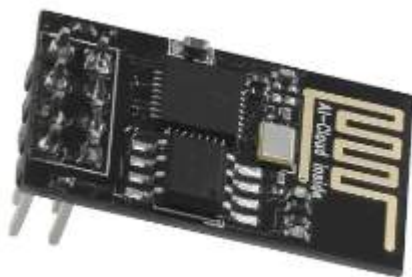


Рисунок 2.8 — Модуль Wi-Fi ESP8266

Основні характеристики:

- Стандарти 802.11 b/g/n;
- Програмна пам'ять: 512 КБ (4Мбіт);
- 3 режими роботи: AT, STA, AT+STA;
- Wi-Fi Direct (P2P);
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO;
- Підтримка SDIO 2.0, SPI, UART;
- Вбудований TCP/IP;
- Робоча частота: 2.4 ГГц;
- 14 каналів;
- Вбудований температурний датчик;
- Живлення: 3.3 В.



Рисунок 2.9 — D1-TF card

Створений модуль для використання micro-SD карт як засобу зберігання файлів. На його платі є стабілізатор напруги на рівні 3.3В та пристрій для конвертації рівнів логіки 74LVC125. Це робить модуль універсальним і дозволяє його використання як з 5В контролерами Arduino UNO, так і з 3.3В Arduino DUE.



Рисунок 2.10 — Оптосимістор MOC3061-M

Модель MOC3061-M відноситься до типу оптронів зі своєрідними електричними параметрами, які створюють надійну гальванічну ізоляцію, що витримує напругу понад 7.5 кВ між навантаженням та системою управління.

Ці радіокомпоненти базуються на ІК світлодіоді, який має зв'язок із кремнієвим двоканальним перемикачем. Оптосимістори особливо корисні при контролі над потужними симісторами. Вони спроектовані для створення зв'язку між навантаженням з напругою 220 В та логікою з низьким рівнем напруги.

Основні характеристики:

- Максимальна напруга: 600 В
- Напруга ізоляції: 4170 В
- Критична швидкість нарощення в закритому стані: 600 В
- Струм керування: 15 мА
- Струм утримання: 0.5 мА
- Робоча температура: -40°C... +85°C
- Корпус: DIP-6



Рисунок 2.11 — Мультиплексор 74HC4051

74НС4051 - це мультиплексор/демультиплексор, що працює з цифровими сигналами. Він дозволяє розширити кількість доступних портів для ввімкнення або виведення даних, використовуючи лише обмежену кількість виводів на контролері. Цей пристрій має 8 каналів, кожен з яких може бути вибраний за допомогою вхідних сигналів для передачі даних через один вихід.

- Кількість каналів: 8
- Вхідний діапазон напруги: (0-7) В
- Робочий зв'язок: цифровий
- Функція: мультиплексор/демультиплексор
- Дозволяє вибір одного з восьми входів для виведення за допомогою цифрових вхідних сигналів
- Застосування: комутація між різними джерелами даних, розширення можливостей вводу/виводу на контролері.

### 2.3.5 Вибір світлодіода

Світлодіод GNL-3012HD має розсіяне випромінювання кутом  $60^\circ$  та випромінює червоне світло. Його сила світла становить не менше 1.8 Кд/м<sup>2</sup>.



Рисунок 2.11 — Світлодіод GNL-3012HD

Постійна пряма напруга не перевищує 2 вольти. Максимальний піковий спектральний розподіл складає 0.665 мікрон. Цей світлодіод здатний приймати постійний прямий струм до 20 міліампер та максимальний імпульсний струм до 100 міліампер. Максимально допустима зворотна постійна та імпульсна напруга становить 2 вольти.

### 2.3.6 Вибір фоторезистора

#### Фоторезистор GL5528



Рисунок 2.12 — Фоторезистор GL5528

Фоторезистор GL5528 є простим датчиком освітленості. Його внутрішній опір змінюється в залежності від сили світла, яке падає на датчик. В темряві опір складає 1 МОм, при освітленні опір знижується до кількох кОм, а при яскравому світлі - до сотень Ом. Щоб отримати дані з GL5528, достатньо використати його як звичайний резистор у напівдільнику напруги.

### 2.3.7 Вибір зумера

Це звуковий випромінювач, що відтворює звукові сигнали без власного генератора. Він реагує на передані йому частоти і емітує звукові коливання відповідно до отриманого вхідного сигналу.

Пасивні зумери часто використовуються у пристроях для створення аудіосигналів, вказівок або сигналів оповіщення, де необхідно відтворювати певний звуковий тон чи мелодію. Цей тип звукового випромінювача не має вбудованого джерела сигналу і реагує лише на вхідні зовнішні сигнали, забезпечуючи простий і ефективний спосіб генерації звуків.



Рисунок 2.13 — Зумер 12085



Ця модель - 12085, має опір 16 Ом і приймає напругу живлення в діапазоні від 3 до 12 В. Розміри складають 12 на 7.5 міліметрів.

## **2.4 Розрахунок друкованої плати**

### 2.4.1 Розрахунок розмірів друкованої плати

#### 2.4.1.1 Вибір методу виготовлення друкованої плати

Обрано комбінований позитивний метод для виготовлення друкованих плат. Його переваги включають можливість створення всіх типів друкованих елементів з високою роздільною здатністю, захист фольгою ізоляції від технологічних розчинів, а також міцне зчеплення металевих елементів з діелектричною основою плати.

Проте цей метод має деякі недоліки. Відносно велика глибина травлення призводить до бічного підтравлення, що обмежує роздільну здатність процесу. Травлення рисунку по металорезисту обмежує можливість вибору травних розчинів. Після травлення рисунка схеми потрібно виконати операцію або освітлення (для покращення пайки), або видалення (після нанесення паяльної маски потрібно знову наносити фінішні покриття для пайки), що призводить до додаткових витрат.

#### 2.4.1.2 Вибір матеріалу основи друкованого монтажу і провідникового матеріалу

Обраний матеріал для основи друкованої плати - фольгований склотекстоліт з мідною електролітичною фольгою, двосторонній FR-4 35/35-1,6. Цей матеріал має декілька переваг, таких як висока міцність, термостійкість, доступність, низькі втрати та високий поверхневий опір. Однак варто відзначити, що в порівнянні з гетинаксом, він в декілька разів дорожчий.

#### 2.4.1.3 Вибір класу точності плати

Для цього проекту обрано третій клас точності для друкованої плати через невелику щільність монтажу. Щодо розміщення провідникового рисунку, також

вибраний третій клас точності. Основні конструктивні розміри відповідають вимогам таблиці 2.1 за стандартом ГОСТ 23751-86 для другого класу точності.

Таблиця 2.1 — Мінімальні значення розмірів основних параметрів елементів друкованих плат для вузького місця

Параметри	Розмір (мм)
1 Ширина провідників $t$	0,25
2 Прогалина між провідниками $S$	0,25
3 Відношення діаметру отвору $d_0$ до товщини плати $H_n$ , тобто $j = d_0 / H_n$	0,33
4 Гарантійний поясок $b$	0,1

#### 2.4.1.4 Попередній вибір виду друкованої плати

Обраний вид друкованої плати для цього пристрою - двостороння плата з металізованими отворами. Це дозволить розмістити вивідні елементи та елементи поверхневого монтажу з однієї сторони плати.

#### 2.4.1.5 Вибір варіантів встановлення ЕРЕ на платі

Обрано варіанти встановлення електронних радіоелементів (ЕРЕ) на друковану плату та формування їх виводів за рекомендаціями зі стандартів ГОСТ 29137-91 (для автоматизованої технології складання друкованого вузла) та ОСТ4.091.124-79 та ОСТ4.070.010-78. Вхідні дані для розрахунку площі друкованої плати наведені в таблиці 2.2.

#### 2.4.1.6 Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів

Згідно з процесом, спершу розраховується необхідна площа ( $S_m$ ) для розміщення електронних радіоелементів (ЕРЕ). Це вимагає обчислення суми площ всіх елементів з урахуванням вибраних варіантів їх встановлення. Тут важливо врахувати площі всіх елементів, які будуть розміщені на друкованій платі за обраними методами фіксації.

Таблиця 2.2— Вхідні дані для розрахунку ДП

Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Встановочні розміри, мм	Загальна Площа, мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Резистор Nitano	R1	21		3x1,5x0,55	4.5
Світлодіод GNL-3012HD	HL1	1		5x5	25
Фоторезистор GL5528	R3	1		5x5	25
Симистор Z0107NN0	VS1	3		8.9x6.6	59
Транзистор IRFZ44N	VT1	3		10.3x4.6x16	48
Транзистор L7805CV	DA1	1		10.3x4.6x16	48
Конденсатор 0.01 мкФ 50В	C1	3		7.2x2.4	17.5
Оптосимистор MOC 3061M	DD4	3		6.3x6.8	42
Роз'єм DG301-5.0-02P	X1	7		7.6x10	76

Продовження таблиці 2.2

Роз'єм PBS-2.54-4	X3	1		3x25	75
Роз'єм PBS-2.54-6	X5	1		3x30	90
Роз'єм USBA-1J	X2	1		13x14	182
Arduino Nano	DD4	1		18x43	775
D1-TF card	DD2	1		20x30	600
ESP8266	DD1	1		24x14	336
74HC4051	DD3	1		6.5x20	130
Зумер 12085	HA1	1		5x5	25

Після визначення необхідної площі для плати враховуються кілька аспектів, такі як обраний клас точності, розміри, експлуатаційні умови та тип та кількість плат. Розміри сторін плати обираються відповідно до стандартних розмірів згідно з ОСТ 4.010.020–83, дотримуючись максимально можливих габаритів та співвідношення сторін.

Розраховується площа для кожного ЕРЕ, яка встановлюється за допомогою відповідної формули.

$$S_m = S_{mg} + 1,5S_{cg} + 2,5S_{kg}, \quad (2.1)$$

де  $S_{mg}$  – площа малогабаритних ЕРЕ;

$S_{cg}$  – площа середньогабаритних ЕРЕ;

$S_{kg}$  – площа крупногабаритних ЕРЕ.

До площі малогабаритних відносяться резистори, конденсатори, сумарна площа виходить  $570\text{мм}^2$ ;

До середньогабаритних віносять роземи, оптосимистори, транзистори які мають загальну площу  $900\text{мм}^2$ ;

До крупногабаритних відносяться мікросхеми, модуль Wi-Fi та карти пам'яті які становлять  $2000\text{мм}^2$ ;

В результаті обчислень з таблиці 2.2 ми отримали результати. що загальна площа плати  $6000\text{мм}^2$ ;

Площа допоміжних зон визначається як площа, необхідна для розміщення елементів кріплення плати в приладі, радіаторів для відведення тепла від електронних радіоелементів (ЕРЕ), а також додаткових пристроїв для кріплення елементів на платі. Розміри цих елементів встановлюються згідно довідників або шляхом виконання розрахунків для допоміжних зон.

Сумарна площа плати обчислюється за формулою 2.2.

$$S_p = S_m + S_d, \quad (2.2)$$

де  $S_d$  - площа допоміжних зон.

Площа допоміжних зон, яка враховує площу кріпильних отворів, конструкцію корпусу, розміри корпусу, наявність контактних площадок для поверхневого монтажу (SMD), оцінюється приблизно на рівні близько  $920$  квадратних міліметрів. Ця площа враховує різноманітні аспекти для забезпечення встановлення всіх електронних радіоелементів (ЕРЕ) на плату.

За результатами розрахунків формули 2.2 ми отримали плозу плати в  $6920 \text{ мм}^2$

Для цього проекту обрана двостороння друкована плата з розмірами (75x115) мм і металізацією з обох сторін.

#### 2.4.2 Розрахунок ширини друкованих провідників

Для визначення ширини провідників на платі потрібно враховувати максимальні значення напруги та струму, що проходять через сигнальні та силові ланцюги. При аналізі технічного завдання виявлено, що для сигнальних провідників максимальний струм ( $I_{\max}$ ) становить 0.2А, а для силових - 2А. Зараз проведемо розрахунки ширини друкованих провідників за допомогою відповідних формул.[23]

##### 2.4.2.1 Розрахунок для сигнальних провідників:

- Клас точності плати - 0.25мм
- Нижнє відхилення (допуск ширини провідника) – (-0.05)
- Мінімальне значення ширини провідників у вузькому місці

$$Vs = 0.25 + |-0.05| = 0.3\text{мм}$$

- Обираємо клас точності на один менше – 0.45
- Допуск на ширину провідника – (-0.1)
- Мінімальне значення ширини провідника у широкому місці

$$Hs = 0.45 + |-0.1| = 0.55\text{мм}$$

- Розрахунок падіння напруги на ньому (3%)
- Питомий опір провідника –  $0.0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$
- Довжина провідника 0.110м
- Товщина фольги  $35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$
- Напруга 12В
- Струм 0.2А

$$\frac{0.110 \cdot 0.2 \cdot 0.0175}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 0.03} = 6.111 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

2.4.2.2 Розрахунок для силових провідників:

- Клас точності плати - 0.25
  - Нижнє відхилення (допуск ширини провідника) – (-0.05)
- Мінімальне значення ширини провідників у вузькому місці

$$Vs = 0.25 + |-0.05| = 0.3 \text{ мм}$$

- Обираємо клас точності на один менше – 0.45
- Допуск на ширину провідника – (-0.1)
- Мінімальне значення ширини провідника у широкому місці

$$Hs = 0.45 + |-0.1| = 0.55 \text{ мм}$$

- Розрахунок падіння напруги на ньому (3%)
- Питомий опір провідника –  $0.0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$
- Довжина провідника 0.110м
- Товщина фольги  $35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$
- Напруга 220В
- Струм 2А

$$\frac{0.110 \cdot 2 \cdot 0.0175}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 220 \cdot 0.03} = 0.016 \text{ мм}$$

2.4.3 Розрахунок зазорів між елементами

2.4.3.1 Розрахунок зазорів для сигнальних:

Розрахунок мінімальної допустимої ширини провідника з урахуванням струму на ньому

Максимальний струм 0.02А

Товщина фольги  $35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$

Щільність струму в провіднику  $20 \text{ А}/\text{мм}^2$

$$S = \frac{0.02}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 0.0285 \text{ мм}$$

#### 2.4.3.2 Розрахунок зазорів для силових:

Розрахунок мінімальної допустимої ширини провідника з урахуванням струму на ньому. Максимальний струм 2А. Товщина фольги  $35 \cdot 10^{-3}$  мм  
Щільність струму в провіднику  $20 \text{ А/мм}^2$

$$s = \frac{2}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 2.857 \text{ мм}$$

Тепер проведемо розрахунок відстані у вузькому місці

#### 2.4.4 Розрахунок відстані у вузькому місці

Треба обчислити розмір вузького проміжку для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками в узькій та широкій областях, з урахуванням певної умови.

##### 2.4.4.1 Розрахунок відстані у вузькому місці для сигнальних:

У вузькому місці ширина провідника

$$T_{minVS} = \max(0.3, 0.016, 2.85) = 2.857 \text{ мм}$$

У широкому місці ширина провідника\

$$T_{minHS} = \max(0.55, 0.016, 2.85) = 2.857 \text{ мм}$$

##### 2.4.4.2 Розрахунок відстані у вузькому місці для силових:

У вузькому місці ширина провідника

$$T_{minVS} = \max(0.3, 6.11 \cdot 10^{-3}, 0.0285) = 0.3 \text{ мм}$$

У широкому місці ширина провідника

$$T_{minHS} = \max(0.55, 6.11 \cdot 10^{-3}, 0.0285) = 2.857 \text{ мм}$$

Після розрахунків можна зробити висновок, що оптимальна ширина для сигнального провідника становить 0.55 мм, а для силового - 2.85 мм.

## 2.5 Розробка конструкції пристрою

Корпус, розроблений у програмному середовищі SolidWorks, складається з двох частин. На його боковій стороні знаходиться виріз, який дозволяє зручно



підключати живлення, принтер, використовувати світлову індикацію та карту пам'яті. На задній частині розміщений виріз, що відкриває можливості підключення відеокамери, нагрівачів і різних датчиків, корисних для коригування процесу друку. Також передбачено виріз на передній частині для підключення датчиків, що слідкують за оточуючим середовищем, включаючи освітлення, а головне - датчики диму та вогню.

Друкована плата встановлюється у спеціальній заглибленій частині корпусу, який фіксується між двома елементами та закривається за допомогою чотирьох гвинтів М3 довжиною 20 мм. Такий форм-фактор виявився дуже зручним і компактним, його можна легко виготовити на 3D-принтері як у невеликих, так і у великих обсягах виробництва. Однак, його потенційний недолік - широкий доступ, через який пил може потрапити всередину, хоча це також дозволяє природньо охолоджувати пристрій. На рисунках 8.1 та 8.2 зображені верхня та нижня кришки відповідно, на рисунку 8.3 - збірка, на рисунку 8.4 - повністю зібраний пристрій.

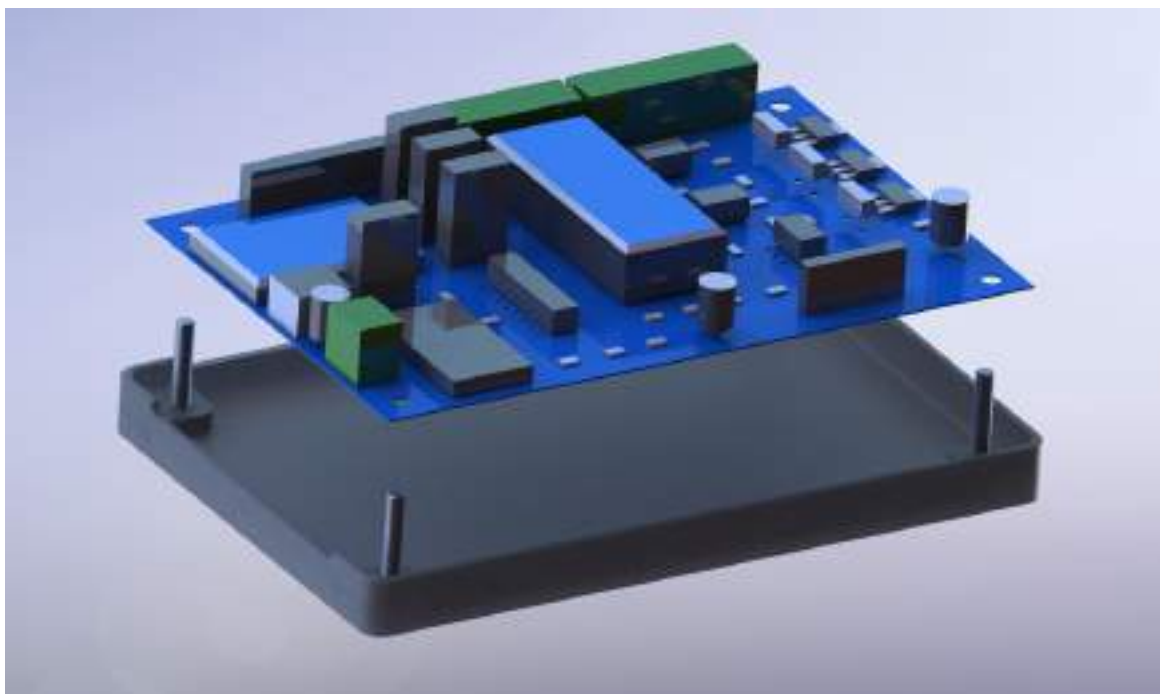


Рисунок 2.14 — Нижня кришка



Рисунок 2.15 — Верхня кришка

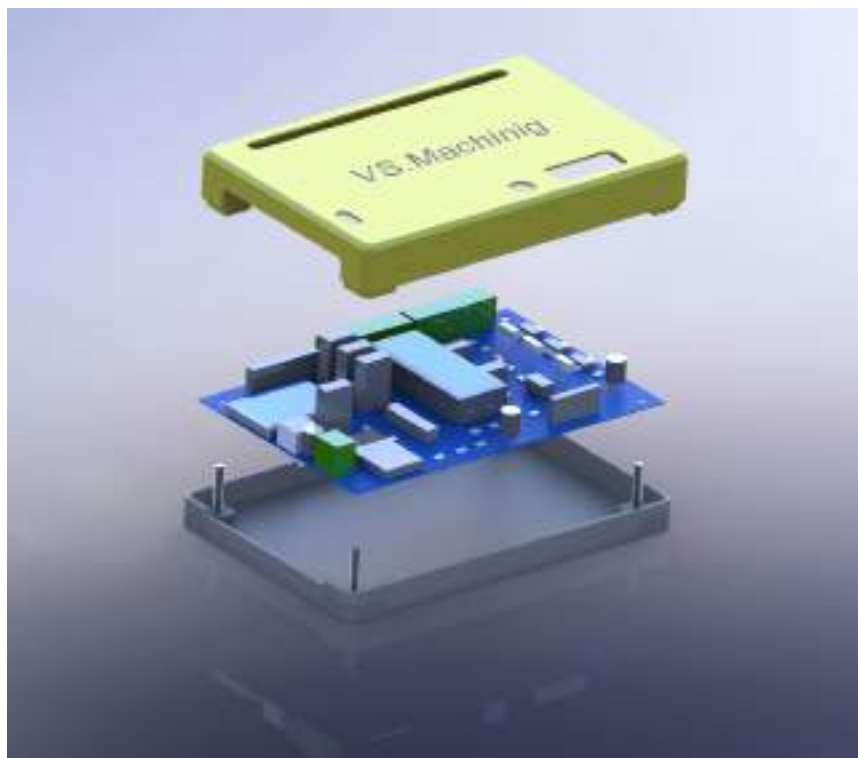
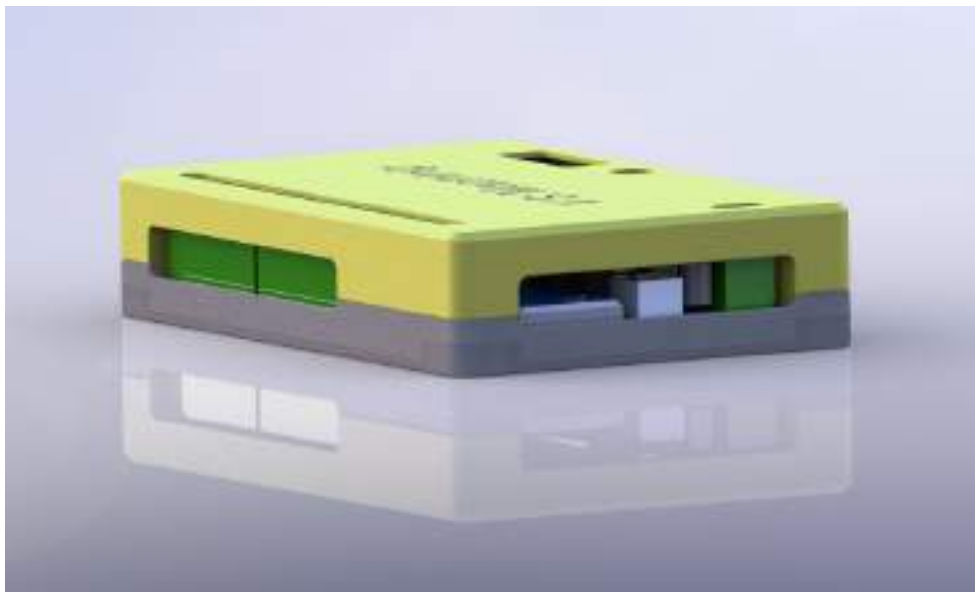


Рисунок 2.16 — Збірка



а)



б)

Рисунок 2.17 — Зовнішній вигляд приладу: а) - вид зверху; б) - вид збоку

Успішно завершили розробку пристрою та переходимо до розрахунку що підтверджують працездатність.

## 3 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

### 3.1 Розрахунок надійності

У разі відмови, пристрій потребує відновлення, щоб знову функціонувати належним чином. Під час відновлення, він повертається до вихідного стану перед відмовою. Тривалість відновлення зазвичай займає значну кількість годин, але тривалість безвідмовної роботи дуже велика. Тому розрахунки здійснюються, враховуючи тривалість безвідмовної роботи. Функціонування на цій ділянці  $\lambda_0(t) = \text{const}$  описується експонентним законом.  
 $P(t) = e^{-(k \cdot \lambda_0 \cdot t)}$

Так як пристрій має складну структуру з точки зору надійності, на цій ділянці також використовується відповідне відношення, визначене формулою 3.1.

$$\lambda_0 = \sum_{i=0}^n \lambda_i ; \quad (3.1)$$

$\lambda_0$  – параметр потоку відмовлень системи;

$\lambda_i$  – параметр потоку відмовлень  $i$ -го елемента системи;

$k$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації.

На робочій ділянці середнє напрацювання на відмову при експонентному законі за формулою 3.2

$$T_0 = 1 / \lambda_0 ; \quad (3.2)$$

Розрахунок надійності при раптових відмовах проводиться, враховуючи найбільш небезпечні фактори, такі як:

- Екстремальні температурні умови навколишнього середовища;
- Максимальні перегріву внутрішніх елементів;

- Екстремальна вологість.

Параметр відмовності для кожного елемента обчислюється за допомогою формули 3.3.

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot a_1 \cdot a_2; \quad (3.3)$$

де  $\lambda_{0i}$  – параметр потоку відмовлень і-го елемента в нормальних умовах (відповідно до нормативно-технічної документації);

$a_1, a_2$  – коефіцієнти, що враховують вплив температури та коефіцієнта завантаження  $K_n$  і вологість відповідно.

$$a_1 = K_1 \cdot K_2;$$

$$a_1 = 1,07 \cdot 2,5 = 2,675$$

$K_1, K_2$  – поправочні коефіцієнти.

Щодо ймовірності відновлення, вона залежить від часу за експоненціальним законом, оскільки ця схема вважається відносно простою з точки зору можливості ремонту. Цей факт виражається за допомогою формули 3.4.

$$P_B(1) = 1 - e^{(-1/T_B)}; \quad (3.4)$$

де  $P_B(1)$  – імовірність того, що фактична тривалість робіт з відновлення працездатності виробу не перевищує заданої.

Напрацювання до можливої першої відмови - це період, протягом якого ймовірність безвідмовної роботи залишається на зазначеному рівні гарантійної ймовірності згідно з технічним завданням. Цей період визначається за допомогою формули 3.5.

$$T_{\min} \approx T_{\text{сер}} (1 - \gamma); \quad (3.5)$$

Середній час відновлення блоку, формула 3.6

$$T_{\text{в1}} = \frac{\sum_{j=1}^n (\lambda_j T_{\text{вj}})}{\sum_{j=1}^n \lambda_j}, \quad (3.6)$$

Припущення, що були зроблені, дозволяють використовувати теорему множення ймовірностей. Після групування рівнонадійних елементів вона має наступний вигляд:

Розбиваємо елементи на рівнодійні групи.

Розрахунок значень надійності для всіх рівнонадійних груп, що входять до складу пристрою приведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Результати розрахунків надійності приладу

Тип елемента	Кількість Nj	Інтенсивність відмов для нормальних умов, $\lambda_0 \cdot 10^6$ 1/год	Середній час відновлення ЕРЕ, Tвi, год	$\lambda_{ij}$	$\lambda_i$	Інтенсивність відмов групи в реальних умовах, $\lambda_j = N_j \lambda_0 \cdot 10^6$ , 1/год	Середній час відновлення групи Tвi-0) Tвi, год
1 Резистори	18	0,37	1,05	0,70	0,65	0,24	18,9
2 Рез'ємні	8	0,37	1,05	0,70	0,65	0,24	8,4
3 Транзистори	7	0,85	0,90	0,50	0,35	0,29	6,3
4 Мікросхеми	3	0,25	0,55	0,50	0,50	0,5	0,60
5 Світлодіоди	7	0,20	0,30	0,70	0,70	0,14	1,65
6 Реле	3	0,2	0,25	0,65	0,65	0,13	0,75
7 Плата друкована	1	0,35	0,50	0,70	0,85	0,29	0,5
8 Паїки з'єднувальні	50	0,02	0,20	0,50	0,50	0,01	1
9 Провід з'єднувальний	4	0,002	0,20	0,50	0,50	0,008	0,8
						2,14	41

Параметр потоку відмов за формулою 3.1 складає:

$$\lambda_0 = 2,14 \cdot 10^{-6} \text{ [1/год]}.$$

Середній час напрацювання пристрою на відмову в заданих умовах експлуатації за формулою 3.7

$$T_0 = 1/2,14 \cdot 10^{-6} = 467290 \text{ [год]}. \quad (3.7)$$

Ймовірність безвідмовної роботи, це ймовірність того, що на протязі часу відмова пристрою не наступить, визначається за формулою.

Графік ймовірності безвідмовної роботи зображено на рисунку 3.1.

Напрацювання до можливої першої відмови за формулою 3.2

$$T_{\min} \approx 467290 \cdot (1 - 0,95) = 23364 \text{ [год]}.$$

Середній час відновлення за формулою 3.5

$$T_{\text{вн}} = \frac{41 \cdot 10^{-4}}{2,14 \cdot 10^{-4}} = 19,1 \text{ [хв]}$$

Отже, ми розрахували середній час відновлення пристрою, який складає 19 хвилин. Це означає, що ми успішно впоралися з завданням, оскільки відведений час на це становив 30 хвилин.

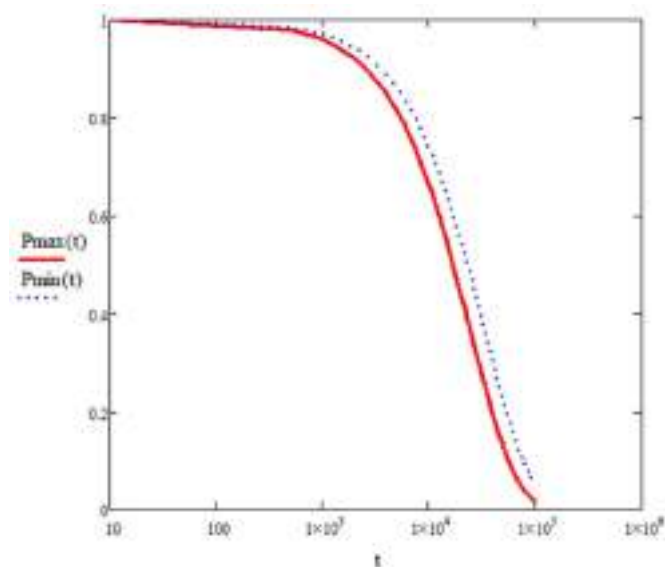


Рисунок 3.1 — Графік ймовірності безвідмовної роботи

В результаті розрахунків надійності встановлено наступне: середня інтенсивність відмов пристрою складає 2,14 відмови на годину; середній час відновлення працездатності пристрою становить 19,1 години; напрацювання до можливої відмови складає 23364 години.

Запропоновані показники вказують на те, що обрана база елементів, спосіб і принцип компонування, використані під час проектування пристрою, відповідають вимогам щодо середнього часу роботи перед відмовою та мінімального часу відновлення функціональності, зазначеним у технічному завданні (дод.А).

### 3.2 Розрахунок віброміцності

Розрахунки вібрації друкованого вузла, будемо розраховувати по встановленій методиці [1]. Проведемо розрахунок частоти власних коливань друкованої плати. Потрібна інформація: довжина плати.  $a = 0,115$  м; ширина плати  $b = 0,075$  м; товщина плати  $h = 1,6 \cdot 10^{-3}$  м;

Отже, ми працюємо з двостороннім фольгованим склотекстолітом FR-4 35/35 у якості матеріалу для друкованої плати. Враховуючи параметри матеріалу: модуль пружності  $E = 1,1 \cdot 10^{10}$  кг/м<sup>2</sup> та коефіцієнт Пуассона  $\xi = 0,28$ , ми маємо знайти приведену масу цієї плати. Також на платі встановлені елементи, їх загальна маса - 0,215 кг.

$$m_n = \rho h = 1,9 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 2,85 \text{ кг/м}^2 \quad (3.8)$$

Визначимо приведену масу плати з деталями: ,

$$m = m_n + m_0 = 1,9 + \frac{0,215}{0,115 + 0,075} = 3,02 \quad (3.9)$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi)} = \frac{1,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 0,72} = 1,27 \quad (3.10)$$



Визначаємо значення функції для кріплення плати в трьох точках:

$$\beta = \frac{a}{b} = 0,955$$

де коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

$$\phi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,621 \frac{0,28}{0,955} + \frac{1}{0,913}}{1 + 1,621 \frac{1}{0,871}}} \approx 1,654 \text{ Гц}, \quad (3.11)$$

Визначимо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\phi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{1,654}{0,012} \cdot \sqrt{\frac{1,27}{2,32}} \approx 101,36 \text{ Гц}. \quad (3.12)$$

Оскільки резонансна частота плати становить  $f = 102$  Гц, що перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ( $f = 60$ ), варіант кріплення плати, що використовується, задовольняє вимоги щодо віброміцності і не потребує застосування додаткових методів для підвищення її віброміцності.

## 4 МЕТОДИКИ НАЛАШТУВАННЯ КОНТРОЛЕРУ 3D-ДРУКУ

### 4.1 Налаштування telegram

Для початку необхідно було підключити пристрій до мережі інтернет, для цього я в роботі використав модуль вайфай на базі ESP8266, це дозволить підключити пристрій до інтернету та налаштувати зв'язок з Telegram ботом для отримання даних з датчиків, температуру, освітлення, чи є вміст диму, тощо.

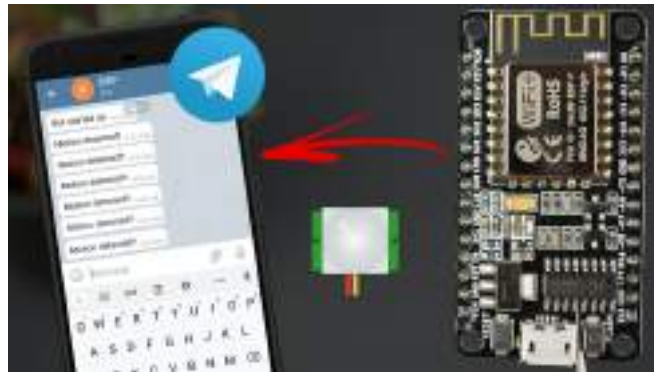


Рисунок 4.1 — Модель передачі на пристрій

Telegram Messenger - це платформа обміну повідомленнями та голосовими дзвінками через Інтернет. Доступний для смартфонів і комп'ютерів, він безкоштовний та позбавлений реклами. Також у Telegram є боти - це програми, які можна налаштовувати та взаємодіяти з ними, відправляючи повідомлення чи команди. ESP32/ESP8266 взаємодіють з ботом Telegram, отримуючи та обробляючи повідомлення, а також надсилаючи відповіді.

Для початку мені необхідно було встановити Telegram на свій телефон, я зайшов в PlayMarket за рисунком 4.2 та встановив.



Рисунок 4.2 — Вигляд програми

Відкрив телеграм канал під назвою BotFather, відкрився чат з ботом і далі я натиснув “/start”



Рисунок 4.3 — Вигляд чату

далі необхідно було створити власне бота, я скористався командою “/new bot”



Рисунок 4.4 — Створення бота

Отримав повідомлення з посиланням для доступу до бота та маркером бота Зберіг цей маркер бота, оскільки він мені знадобиться, щоб ESP32/ESP8266 міг взаємодіяти з ботом.

## 4.2 Створення ідентифікатора власного ключа.

Бот може обробляти лише повідомлення від користувачів, чії ідентифікатори у Telegram співпадають з вказаними в налаштуваннях. Щоб це перевірити, ESP може зіставляти ідентифікатор відправника з зазначеним ідентифікатором користувача у Telegram. Якщо вони співпадають, бот обробить повідомлення, інакше його ігноруватимуть.

Це нам дуже на руку, тому що це забезпечує максимальну безпеку при використанні універсального контролера для 3D-друку.

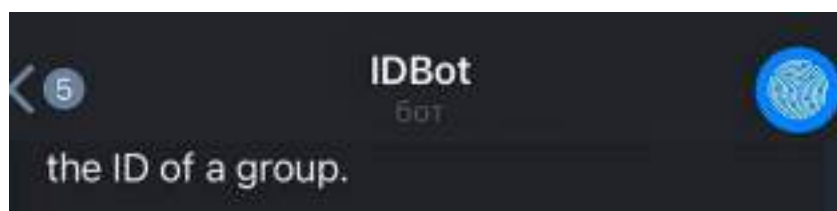


Рисунок 4.5 — Вигляд каналу

Для того щоб власне створити ідентифікатор, необхідно знайти IDBot Почати з ним роботу та написати йому “getid”. Після цього бот написав мені ідентифікатор мій і я його записав для подальшого використання.

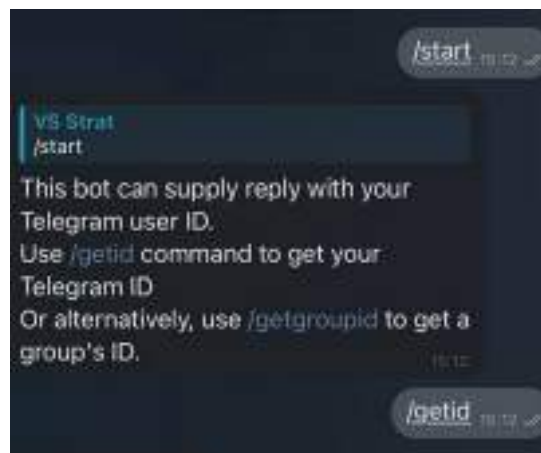


Рисунок 4.6 — Отримання ідентифікатору

З Telegram каналом закінчили, тепер ми маємо прошити плату для керування, для початку нам необхідна універсальна бібліотека, вона має назву Universal Telegram Bot Library.

А також додатково встановити бібліотеку ArduinoJson, для цього в

програмі ARDUINO ide я зайшов в керування бібліотекою, знайшов пошуку нам необхідну та встановив в нашу систему.

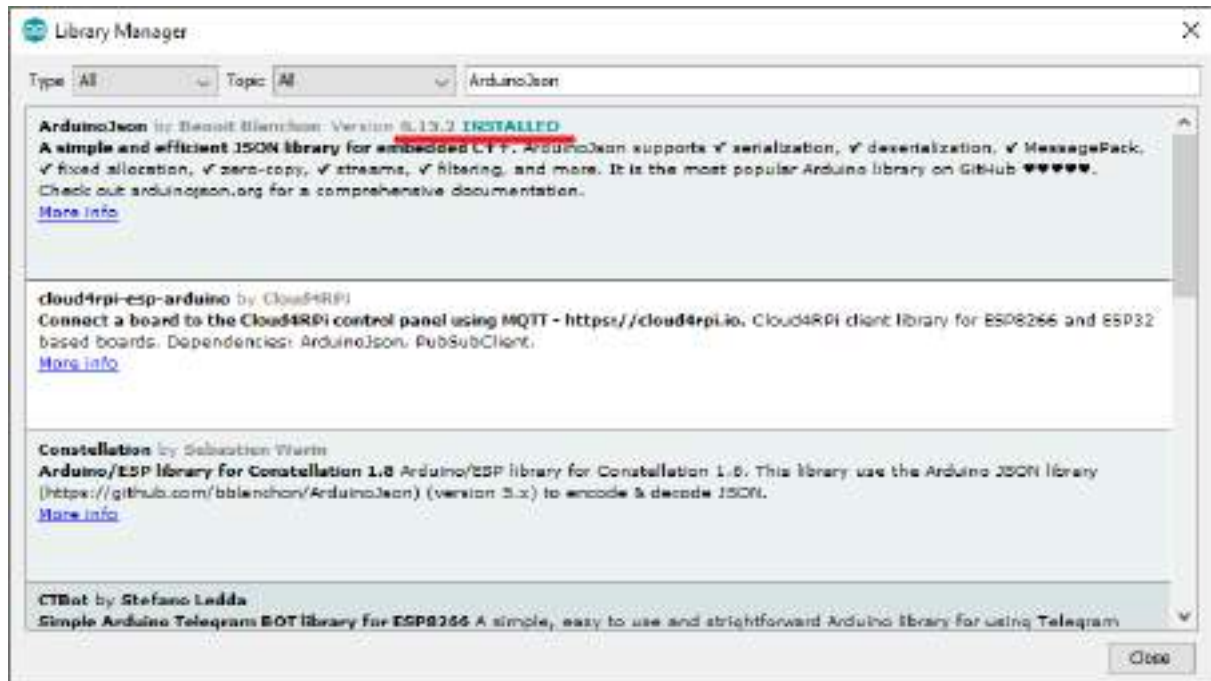


Рисунок 4.7 — Менеджер бібліотеки

Далі я написав невеличку програмку керуванням надсилаючи боту повідомлення він відповідає, включивши в код мій ідентифікатор та ідентифікатор боту.

імпортував бібліотеки

```
#ifdef ESP32
#include <WiFi.h>
#else
#include <ESP8266WiFi.h>
#endif
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
```

Вставив свої ідентифікатори

```
const char* ssid = "REPLACE_WITH_YOUR_SSID";
```

```
const char* password = "REPLACE_WITH_YOUR_PASSWORD";
```

Визначив тестові входи для початку роботи

```
const int PrinterPin = 2;
```

```
bool PrinterState = LOW;
```

Тепер те що мені надав телеграм бот BotFather і вставив його

```
#define BOTtoken  
"XXXXXXXXXX:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XX" // your Bot Token (Get from Botfather)
```

Свій ідентифікатор

```
#define CHAT_ID "XXXXXXXXXX"
```

Створив новий клієн вайфаю

```
WiFiClientSecure client;
```

Створив бота з маркером і клієнтом

```
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
```

Тепер ініціалізуємо перевірку на повідомлення

```
int botRequestDelay = 1000;
```

```
unsigned long lastTimeBotRan;
```

тепер він кожену секунду перевірятиме повідомлення

Тепер перевіряємо на нові повідомлення і обробляємо інформацію.

```
void handleNewMessages(int numNewMessages) {  
    Serial.println("handleNewMessages");  
    Serial.println(String(numNewMessages));  
    for (int i=0; i<numNewMessages; i++) {  
        String chat_id = String(bot.messages[i].chat_id);
```

Безпека понад усе, тому виконуємо захист, якщо повідомлення написав хтось  
інший окрім мене

```
if (chat_id != CHAT_ID) {  
    bot.sendMessage(chat_id, "Unauthorized user", "");  
    continue;
```

```
}
```

Якщо це повідомлення від мене, то він зберігає текст та оброблює його

```
String text = bot.messages[i].text;
```

```
Serial.println(text);
```

```
String from_name = bot.messages[i].from_name;
```

Якщо він отримає повідомлення /start

```
if (text == "/start") {
```

```
String welcome = "Welcome, " + from_name + ".\n";
```

```
welcome += "Use the following commands to control your 3D-printer.\n\n";
```

```
welcome += "/power_on to turn printer ON \n";
```

```
welcome += "/power_off to turn printer OFF \n";
```

```
welcome += "/state to request current state \n";
```

```
bot.sendMessage(chat_id, welcome, "");
```

```
}
```

і відправляємо повідомлення боту

```
bool sendMessage(String chat_id, String text, String parse_mode = "")
```

```
bot.sendMessage(chat_id, welcome, "");
```

коли він запуститься - він мені напише Welcome

тепер додамо функцій, тепер він при повідомленні /power ввімкне або вимкне

дистанційно принтер

```
if (text == "/power_on") {
```

```
bot.sendMessage(chat_id, "Printer state set to ON", "");
```

```
PrinterState = HIGH;
```

```
digitalWrite(PrinterPin, PrinterState );
```

```
}
```

```
if (text == "/power_off") {
```

```
bot.sendMessage(chat_id, "Printer state set to OFF", "");
```

```
PrinterState = LOW;
```

```
digitalWrite(PrinterPin, PrinterState);
```

```
}
```

А також перевірка на різні стани

```
if (text == "/state") {  
  if (digitalRead(PrinterPin)){  
    bot.sendMessage(chat_id, "Printer is ON", "");  
  }  
  else{  
    bot.sendMessage(chat_id, "Printer is OFF", "");  
  }  
}
```

Прошивши плату і перевіривши бота, я отримав ось такий результат

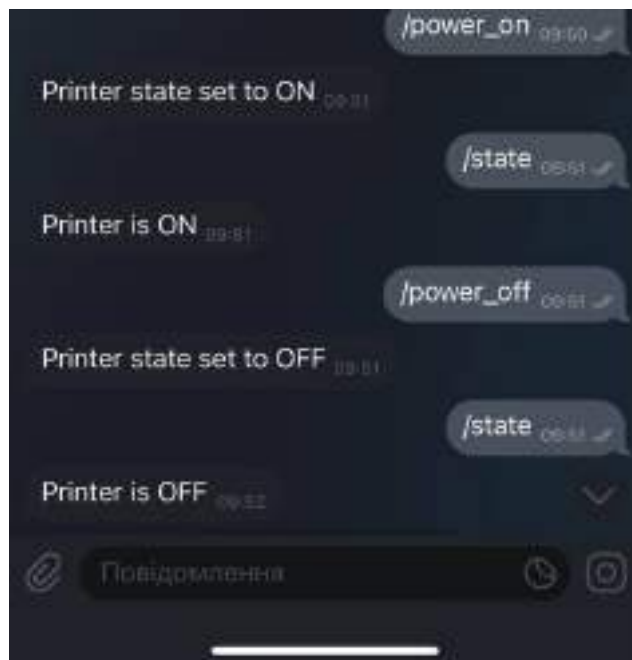


Рисунок 4.8 — Перевірка роботи

Таким чином на платі Arduino я зміг вмикати та вимикати світлодіод за допомогою Telegram

Наступним кроком у керуванні універсальним контролером 3D-друку є передача інформації на принтер, я буду використовувати модуль D1-TF card



Ми будемо використовувати інтерфейс SPI для підключення SD.

### 4.3 Передача інформації на носій інформації

Для початку нам необхідно відформатувати карту пам'яті як FAT32. Для цього необхідно спочатку вставити в картку власного ПК і зайти в папку Мій комп'ютер і знайти ту саму картку і натиснути Властивості і форматування.

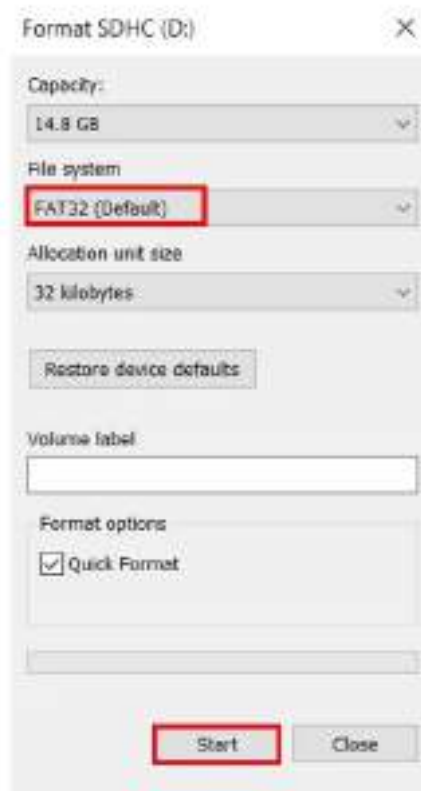


Рисунок 4.9 — Форматування флеш пам'яті

Через кілька хвилин моя карта відформатувалась і я перейшов до наступного кроку.

Далі відкриваємо Arduino IDE і починаємо писати код для підключення. Встановив спочатку необхідні бібліотеки, ініціалізовано їх ось таким чином.

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

Створив файл, куди я буду зберігати інформацію по карці

```
File myFile;
```

Швидкість спілкування ПК з платою

```
Serial.begin(115200);
```

Тепер Ініціалізував картку microSD

```
if (!SD.begin(15)) {  
    Serial.println("initialization failed!");  
    return;  
}  
Serial.println("initialization done.");
```

Та почнемо записувати щось у картку

```
myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE);  
if (myFile) {  
    Serial.print("Writing to test.txt...");  
    myFile.println("testing 1, 2, 3.");  
    // close the file:  
    myFile.close();  
    Serial.println("done.");  
} else {  
    // if the file didn't open, print an error:  
    Serial.println("error opening test.txt");  
}
```

з записом у карту я розібрався, далі я почав розбиратись як зчитувати данні.

```
myFile = SD.open("test.txt");  
if (myFile) {  
    Serial.println("test.txt:");  
  
    // read from the file until there's nothing else in it:  
    while (myFile.available()) {  
        Serial.write(myFile.read());  
    }  
}
```

```
// close the file:  
myFile.close();  
} else {  
    // if the file didn't open, print an error:  
    Serial.println("error opening test.txt");  
}
```

Тепер підготую Arduino до тестів

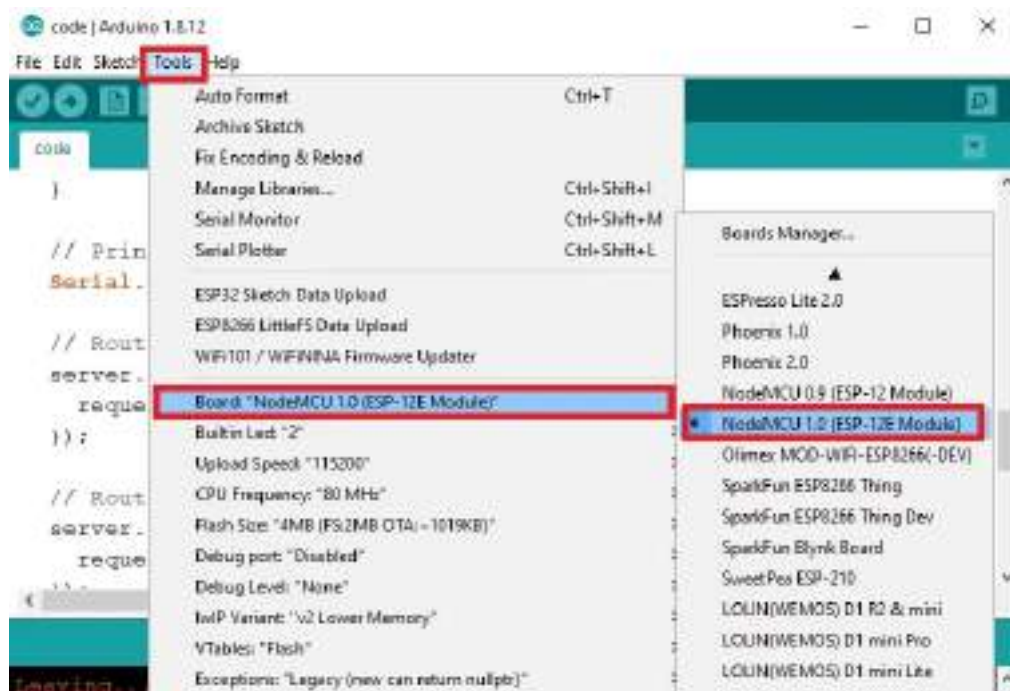


Рисунок 4.10 — Вибір плати

Підключив все необхідне по схемі, запустив контролер і ось який результат я отримав.



Рисунок 4.11 — Результат роботи програми

Спілкування з платою вийшло, тепер треба передати необхідні файли на флешку для того щоб принтер приймав необхідні команди і виконував їх.

Тепер для роботи нам необхідно запрограмувати наші пристрої для передачі інформації з ПК на флешку по Wi-Fi.

Для початку нам необхідно встановити бібліотеку для цього завдання. Бібліотека яка нам необхідна має назву ESPWebDAV. Для встановлення необхідно знайти її на сайті GitHub і встановити на власний Пк і далі в Arduino IDE ініціалізувати бібліотеку. Всередині бібліотеки є приклади виконання їх, використавши його і замінивши на свої дані я отримав.

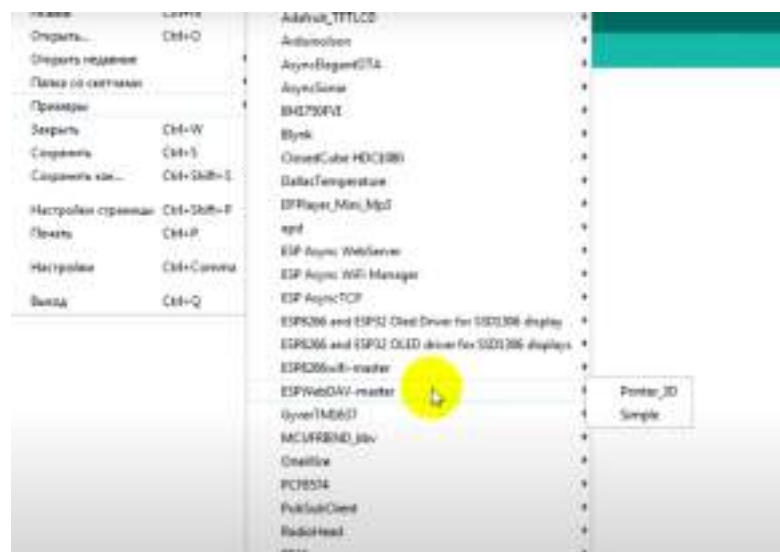


Рисунок 4.12 — Використання прикладу

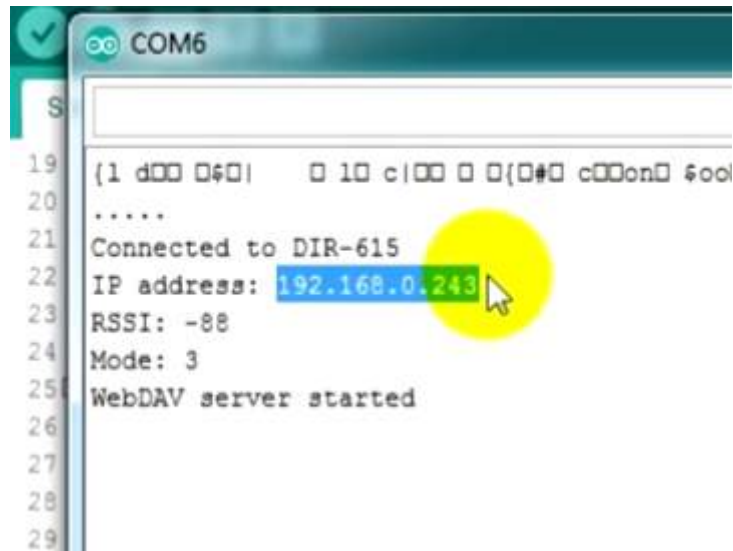


Рисунок 4.13 — Отримання IP адреси

Тепер необхідно додати інтернет флешку в папці Мій комп'ютер через IP адресу яку ми отримали раніше.

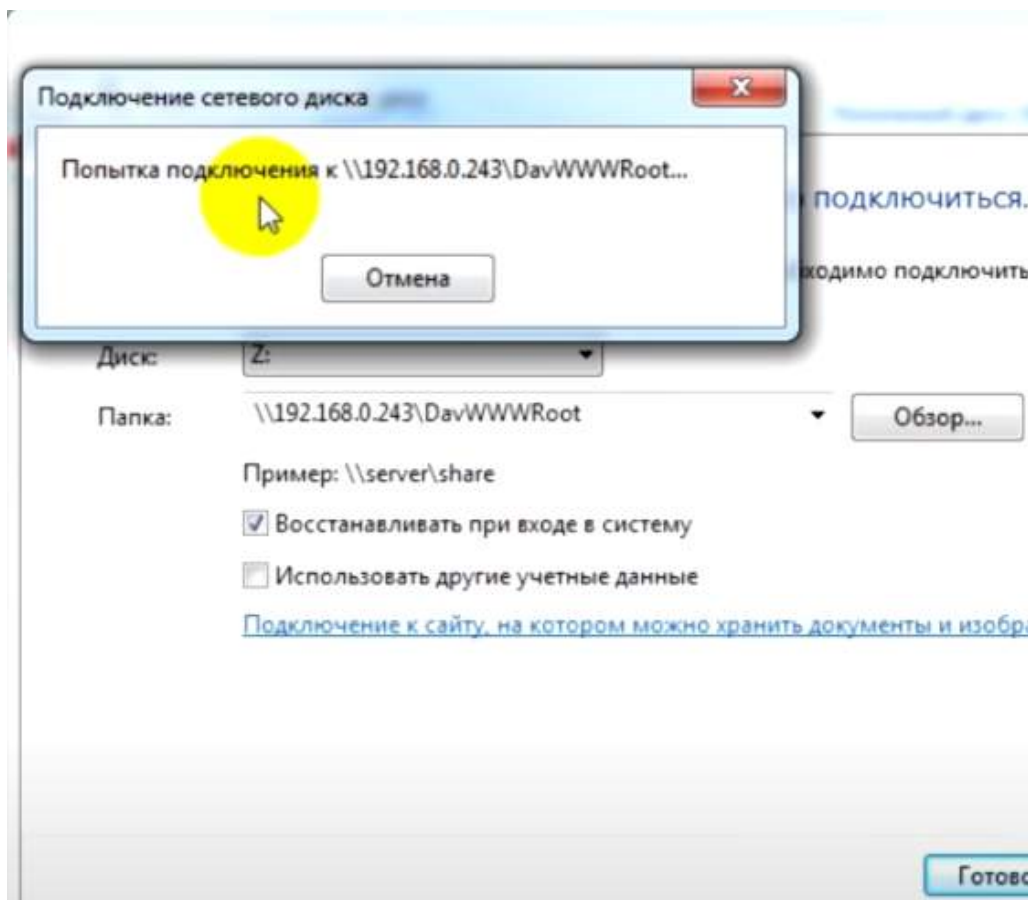


Рисунок 4.14 — Підключення локального диску

Вийшло додати папку і тепер все що я буду створювати для 3D-принтеру ми можемо передати на носій.

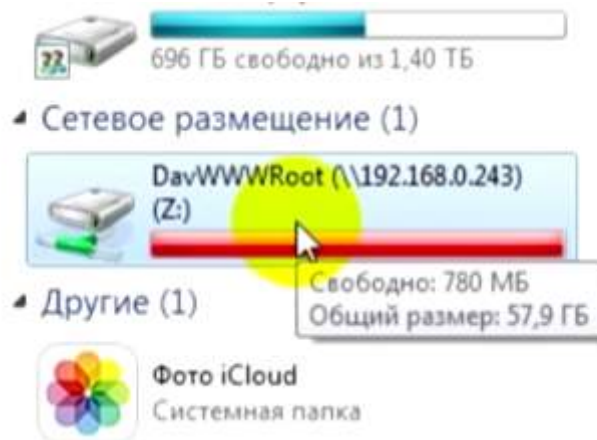


Рисунок 4.15 — Отримання результату

В ході виконаної роботи ми отримали пристрій який підключений до мережі інтернет, має стабільне підключення та напряду підключає на власному комп'ютері диск з фізичною картою пам'яті яка напряду підключена до 3Д принтеру. В ході використання ми можемо створювати необхідні файли для переміщень та налаштувань на комп'ютері і відразу отримувати їх на принтері і працювати з ними.

## 5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

### 5.1. Опис ідеї проекту

#### 5.1.1 Опис ідеї представлений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Опис ідеї проекту

<b>Зміст ідеї</b>	<b>Напрямки застосування</b>	<b>Вигоди для користувача</b>
Контролер який надає можливість віддаленого керування принтером	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Дистанційний друк</li><li>2) Оптимізація ресурсів</li><li>3) Інтеграція та масштабування</li><li>4) Домашнє використання</li></ol>	Моніторинг та керування віддалено 3Д принтером

Серед конкурентів можна виділити тих, хто також спеціалізується на виявленні потенційних загроз випромінювання: Fiberpunk Node Pro Prusa

Цей продукт відрізняється від інших аналогів і замінників за кількома ключовими характеристиками. По-перше, його простотою та доступністю, що робить його легкодоступним та зручним у використанні. Друге – універсальністю, яка дозволяє йому працювати з будь-яким принтером, що робить його унікальним на ринку. І, нарешті, його вартість, яка може бути більш доступною або економічно вигідною порівняно з іншими аналогами, забезпечуючи більше доступний варіант для споживачів.

Таблиця 5.2 —Визначення характеристик

	Технікоек ономічні характери стики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабк а сто рон а)	N (нейт раль на сторо на)	S (си льн а сто рон а)
		Наш	Node Pro	Klipper			
1	Батарея	відсутня	відсутня	відсутня		+	
2	Зовнішній вигляд	Корпус якісний надрукований на 3Д принетрі	Корпус прямокутної форми	Корпус металевий з вентиляторами		+	
3	Зручність використа ння	Невеликі розміри, доступні виходи для підключення, компактність	Невеликі розміри, доспуність підключенн я, зайвий екран	Складність налаштування, габарити, проблемне підключення			+
4	Підключен ня до телефону	Є	Є	Є			+
5	Камера	Є	Немає	Опціонально			+
6	Керування датчиками	Керування нагрівачами, живленням принтеру та сушки	Немає	Немає			



## 5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 5.3 — Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Підключення до телефону	Використання модуля ESP8266	Існує	Доступна
2	Керування 3Д принтером	Використання технологій UART/CDIO	Існує	Доступна
3	Керування увімкненням навантаження	Використання силових ключів	Існує	Доступна
4	Моніторинг процесу	Використання відеокамери	Існує	Доступна
5	Безпека	Використання модуля диму та вогню	Існує	Доступна

Так, коли всі необхідні технології доступні, це відкриває можливість для технологічної реалізації проекту. Це означає, що з наявними технологічними рішеннями та можливостями можна розробити і втілити проект у життя без значних перешкод або обмежень.

### 5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 5.4 — Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку технологій	Характеристика
1	К-сть головних гравців	3
2	Заг. обсяг продажів	200\$/од, близько 1000 екземплярів
3	Динаміка ринку(якісна оцінка)	Постійний розвиток
4	Наявність обмежень для входу	Військовий стан
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає, оскільки гаджет не входить у ряд небезпечних

Таблиця 5.5 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінність у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Безпека та зручність	Люди які мають 3Д принтери	Пристрій створений для того щоб бути максимально дешевим та доступним для будь кого	Доступна ціна, гарна якість товару, зручність використання

Таблиця 5.6 — Фактори загроз

<b>№</b>	<b>Фактор</b>	<b>Зміна загрози</b>	<b>Можлива реакція компанії</b>
1	Падіння курсу валют	Загальна вартість збільшиться	Заміна матеріалів, оптові закупівлі
2	Збільшення вартості комунальних послуг	Непланові витрати	Відсоток витрат додається до вартості гаджету
3	Поява конкуренції	Падіння попиту	Оновлення продукту

Таблиця 5.7 — Фактори можливостей

<b>№</b>	<b>Фактор</b>	<b>Зміст можливості</b>	<b>Можлива реакція компанії</b>
1	Колаборація з іншими компаніями	Залучення компаній до реклами та інтеграція пристрою в 3Д принтери	Здобуття надійних партнерів та фінансування
2	Зріст попиту	Більше товару на ринку, фінансовий оборот	Покращення фінансування, реалізація нових ідей, нові версії.
3	Поява нових технологій	Залучення нових технологій в проект	Модернізація та новизна

Успіх на ринку залежить від кількох ключових аспектів. Товар повинен мати конкурентні переваги як у ціні, так і у функціональності порівняно з конкурентами, щоб стати лідером. Вибір постачальників також впливає на конкурентоспроможність продукту. Необхідно прислухатися до вимог клієнтів, щоб зробити товар максимально доступним та зручним у використанні. Це дозволить підвищити привабливість товару як для поточних, так і для потенційних клієнтів, сприяючи його успіху на ринку.

Таблиця 5.8 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор	Обґрунтування
1	Зниження ціни	Зниження ціни у конкурентів або додавання додаткових функцій без фактичної зміни ціни
2	Орієнтація клієнтів	Побажання клієнтів, нові технології та фінансовий стан
3	Реклама	Гарна реклама дає значні переваги перед іншими конкурентами

Таблиця 5.9 — Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін датчика радіації

№	Фактори	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з нашим						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Реклама	19					+		
2	Вартість	20			+				
3	Постачальники	10		+					
4	Клієнтоорієнтованість	16						+	
5	Якість	20				+			

Отже, сильною стороною нашого стартап проекту стане найголовніше якість, вартість та клієнтоорієнтованість.

Таблиця 5.10 — Свот-аналіз

	<b>Позитивний вплив</b>	<b>Негативний вплив</b>
Внутрішнє середовище	Застосування більш дешевих комплектуючих	Заохочення інвесторів та команди
Зовнішнє середовище	Низька конкуренція на ринку	Націленість на лише одну цільову категорію

Таблиця 5.11 — Альтернатива ринкового впровадження стартапу

<b>№</b>	<b>Альтернатива</b>	<b>Ймовірність отримання ресурсів</b>	<b>Строки реалізації</b>
1	Залучення постачальників	Ймовірний	Невеликі строки (до місяця)
2	Реклама	Ймовірний	Більш стисло
3	Сайт, Телеграм канал	Малоймовірний	Довгі строки, мала аудиторія, на початку недоцільно

Для перших продажів необхідно створити невеличке відео на ютубі, створити телеграм канал для замовлень та для поширення оновлень та налаштувань пристрою

#### 5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 5.12 — Визначення базової стратегії розвитку

<b>№</b>	<b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b>	<b>Стратегія охоплення ринку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>
1	Реклама	Створення ютуб каналу та демонстрація його роботи та можливостей	Товар перегляне велика аудиторія і буде багато бажання купити такий самий	Диференціації
2	Залучення постачальників	Ринкове позиціонування	Фірми будуть залучені на демонстрації	Диференціації
3	Створення якісного та зручного пристрою	Надійність системи	Дешевизна та надійність при використанні	Спеціалізації

Хоча стратегія розвитку гаджета передбачає спеціалізацію, ефективно рекламування варто проводити серед широкого кола споживачів усіх соціальних груп.

Таблиця 5.13 — Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<b>Чи є проект першопроходцем на ринку?</b>	<b>Чи буде компанія шукати нових споживачів або створювати умови для існуючих у конкурентів?</b>	<b>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента і які?</b>	<b>Стратегія конкурентної поведінки</b>
скоріше так чим ні	Будемо шукати нових споживачів та створювати умови для вже існуючих	Деякі характеристики не можуть бути відсутні у пристрої, тому загальний вигляд пристрою буде включати усі можливі доступні технології	Лідерство

Таблиця 5.14 — Визначення стратегії позиціонування

<b>Вимоги до товару цільової аудиторії</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</b>	<b>Вибір асоціацій які мають сформувати позицію проекту</b>
Якість, дешевизна, простота, безпека та універсальність	Спеціалізації	Простота у використанні, бюджетність, надійність та універсальність	Універсальність, дешевизна, якість

Підрозділ досяг узгодженої концепції щодо ринкової стратегії стартапу.

Це визначило основні напрями діяльності компанії на ринку.

## 5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 5.15 — Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Віддалене керування	Використання модуля вайфай та керування телефоном	Просте використання та можливість знаходитись будь де
2	Керування живленням	До пристрою можна підключити принтер та вмикати та вимикати його	Можливість віддалено вмикати та вимикати принтер
3	Безпека	Пристрій детектує дим, вогонь	Пожежна безпека

Таблиця 5.16 — Визначення меж встановлення ціни

№	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень цільової групи споживачів	Верхня та нижня межа встановлення ціни товару/послуги
	250-400\$	250-300\$	50000	500-3000

Межі встановлення ціни залежать від кількості можливостей у гаджеті, курсу валюти, попиту на ринку.



Таблиця 5.17 — Концепція маркетингових комунікацій

<b>Специфіка поведінки і цільових клієнтів</b>	<b>Канали комунікації якими користуються цільові клієнти</b>	<b>Ключові позиції, обрані для позиціонування</b>	<b>Завдання рекламного повідомлення</b>	<b>Концепція рекламного звернення</b>
Купівля через інтернет, через посередника	Купівля за допомогою іншої особи, через контент на ютубі	Інтернет, магазини спеціалізовані, телеграм канали, реклама у відео	Показати переваги даного гаджету над іншими та як він пришвидшує роботу	Відеоконтент на ютубі, реклама у каналах в телеграмі.

Таблиця 5.18 — Важливих питань

<b>Хто заохотив?</b> Через ситуацію на ринку та військовим станом, необхідно було лишати принтер без нагляду на час комендантської години	<b>Що надаси?</b> Цілодобовий нагляд за принтером	<b>Ключові дії?:</b> Пошук фінансування, приміщення, договір, виробництво, продажі.	<b>Що маєш на початку?:</b> Ідею, готове місце для виробництва, команду, бажання бути кращими.	<b>Яка ціна продукту?</b> Доступний для усіх і кожного (350 до 1500 грн)
<b>Для кого цей продукт?</b> Для людей котрі мають 3Д принтер і хочуть покращити роботу та якість за обладнанням.	<b>Як заохотити фінансування?</b> Пояснити переваги та вирішення проблем з безпекою та моніторингом	<b>Хто допоможе?:</b> Дуже велика аудиторія тих хто займається 3д друком та ті хто розуміє як оптимізувати виробництво	<b>Що заробиш?</b> Реалізацію проекту, нові ідеї та розробки, збільшення аудиторії, фінансовий стан.	

Висновки: Під час даної роботи ми створили стартап, який пропонує систему для постійного нагляду за 3D-принтерами під час комендантської години, в обмежених умовах, або для автоматизації виробництва. Це вимагає фінансування, укладення договорів, виробництво та продажі. Продукт доступний за цінами від 350 до 1500 гривень для всіх, хто має 3D-принтери та хоче поліпшити їх безпеку. Мета - залучення фінансування через пояснення переваг системи та її рішення безпеки для принтерів. Реалізація може призвести до нових ідей у 3D-друку, розширення аудиторії та фінансового зростання.

## ВИСНОВКИ

В ході роботи було проведено аналіз пристрою, була детально описана електрична схеми, використали компоненти які без проблем можна купити в місцевому магазині електроніки і спрямовано на збереження високої якості виробу і одночасне зменшення його вартості від 350 грн до 1500 грн обираючи необхідні функції та можливості для власного 3д принтеру, без втрат у якості.

Вибір таких комплектуючих сприяло зменшенню розмірів друкованої плати до (75x155) мм<sup>2</sup>, а також самого пристрою, роблячи його компактним і доступним у використанні. Врахували матеріали конструкції такі як склотекстоліт FR-4 товщиною 1,6 мм розміром 35 мм x 35 мм та параметри елементів, які були підібрані для покращених характеристик віброміцності, стійкості до 100Гц та час роботи контролеру без виходу з ладу (відмов) у 2400 годин.

При розробці корпусу пристрою в програмі SolidWorks було враховано всі складові деталі та детально про модельовані з урахуванням їхнього взаємозв'язку з елементами принтеру та взаємодії з користувачем. Цей проект був підготовлений до фізичної реалізації шляхом друку на будь якому 3D принтері, що в свою чергу спрощує виготовлення та забезпечує швидкий перехід від концепції до реального пристрою.

Під час створення стартап-проекту також успішно визначили цінові діапазони які споживач готовий інвестувати в пристрій для поліпшення якості друку. Ці показники забезпечуватимуть доступність продукту для широкого кола користувачів та конкурентоспроможність на ринку.

Практичним шляхом провели досліді та впевнились у працездатності пристрою. Виконали передачу файлів конфігурації з персонального комп'ютера на принтер та передачу сигналів через Telegram. Робота над проектом призвела до створення продукту, який об'єднує високу якість, надійність та інноваційність.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Белінський В.Т. Практичний посібник з навчального конструювання РЕА - К.: Вища школа, 1992;
2. Варламов Р.Г. Довідник конструктора РЕА. Загальні принципи конструювання. - М.: СР, 1980;
3. ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення : Чинний від 1996-01-01 — К. : Держстандарт України, 1995. — 37 с.
4. ГОСТ 15150–69 Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. Введ. 01.01.70;
5. ГОСТ 23751-86 Платы печатные Основные параметры конструкции;
6. Стандарти ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПВ;
7. Уваров Б.В. Автоматизація визначення показників механічної витривалості, теплових режимів та надійності радіоелектронних апаратів- М.: НТУ КПІ, 2015;
8. <https://usamodelkina.ru/12509-samodelnyj-akvakontroller-na-arduino-neobhodim-dlja-domashnego-akvariuma.html>
9. <https://www.kazedu.kz/referat/104114/13> Розрахунок ширини друкованих провідників
10. <https://www.chipdip.ru/product/moc3061m> Оптопара с симисторным выходом 600В
11. Arduino nano v3  
[https://307wat.com/p1325601227-arduino-nano-atmega328p.html?source=merchant\\_center&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNeGjbge02MsC808FtgMAfN06q8\\_8i7Hn\\_7Vm3KXz5563Pg7TINd3I0aAgJgEALw\\_wcB](https://307wat.com/p1325601227-arduino-nano-atmega328p.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNeGjbge02MsC808FtgMAfN06q8_8i7Hn_7Vm3KXz5563Pg7TINd3I0aAgJgEALw_wcB)
12. Світлодіод АЛ307БМ  
Діоді АЛ307БМ <https://eandc.ru/catalog/detail.php?ID=4474>

13. Стабілізатор напруги у вигляді мікросхеми трьома виводами.  
<http://geekmatic.in.ua/17805cv>
14. IRF4905 - Транзистор MOSFET Р-канал 55V  
<https://1wire.com.ua/irf4905-mosfet-p-kanal-40v.html>
15. Симісторний ключ  
<http://smart-chip.ru/upravlenie-nagruzkoy-220-volt-bez-rele/>
16. Роземи  
[https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/klemmnik-dg301-5-0-02p-12-00a-h-2kont-sinij-shlicz-degson\\_19759.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/klemmnik-dg301-5-0-02p-12-00a-h-2kont-sinij-shlicz-degson_19759.html)
17. 74HC4051 multiplexer <https://www.gammon.com.au/forum/?id=11976>
18. How to Connect Multiple SPI devices to an Arduino Microcontroller  
<https://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Multiple-SPI-devices-to-an-arduino-microcontroller.php>
19. Відеокамера OV7670 и Arduino  
<https://exclusive4ubro.wordpress.com/2015/12/11/%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0-ov7670-%D0%B8-arduino/>
20. Creality Ender-3 <https://manuals.plus/ru/creality/>
21. [creality-ender-3-3d-printer-manual](#)
22. WebDAV Server and a 3D Printer <https://github.com/ardyesp/ESPWebDAV>
21. Control ESP32/ESP8266 <https://randomnerdtutorials.com/telegram-control-esp32-esp8266-nodemcu-outputs/>
22. WebDav <https://github.com/ardyesp/ESPWebDAV>
23. Уваров Б.М. У18 Оптимізація стійкості до теплових впливів конструкцій радіоелектронних засобів з гіпервипадковими характеристиками.

## ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Керівник дипломного проекту

В.О завідувача кафедри ПРЕ

Головня В.М

РТФ КПІ ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_

Мовчанюк А.В.

(дата) (підпис)

\_\_\_\_\_

(дата)

(підпис)

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської дисертації

«Універсальний контролер 3D-друку»

# **1 НАЙМЕНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ**

«Універсальний контролер 3D-друку». Підставою для виконання є завдання для магістерської дисертації, що видане кафедрою прикладної радіоелектроніки.

## **2 ВИКОНАВЦІ**

Виконавець — Стратенюк Владислав Юрійович.

Керівник — Головня Вікторія Мілентіївна

## **3 МЕТА ВИКОНАННЯ ДП І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ**

Метою розробки є віддалене керування 3D-друком за допомогою універсального контролера.

## **4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

### **4.1 Склад об'єкту та вимоги до його конструктивного виконання**

Об'єкт складається з виконуючого мікроконтролера, стабілізатора напруги, силових ключів, індикації, роз'ємів для підключення датчиків та модуль Wi-Fi.

Напруга живлення  $12\text{В} \pm 10\%$  (згідно ДСТУ EN 50160:2014);

Струм у колі  $0,5\text{ А} \pm 10\%$ ;

Пристрій повинен бути надійним, якісним, а також бюджетним.

### **4.1 Вимоги щодо життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і факторів:**

4.1.1. З урахуванням кліматичних умов, пристрій керування відноситься до категорії 4.2 відповідно до вимог УХЛ ГОСТ 15150-69.

4.1.2. Щодо механічних впливів, пристрій керування відноситься до групи С1 відповідно до ГОСТ 25467-80.

4.1.3. Проти дії навколишнього середовища пристрій захищений за стандартом IP55, згідно ГОСТ 14254-96.

### **4.3 Вимоги до конструкції**

Корпус має бути підготовлений до виготовлення методом 3д-друку, мати зручний та захищений від механічних впливів. Зручний доступ до підключення датчиків

### **4.4 Тип бездротового стику**

З зовнішнім пристроєм бездротовий стик повинен відповідати вимогам IEEE 802.11 b/g/n. Дальність дії 20-30 метрів.

Частота сигналу 2,4ГГц.

### **4.4 Вимоги до контролера**

Необхідно створити контролер, який базується на мікроконтролері ATmega32u4 або більш продуктивному аналогічному пристрої. Він повинен мати низьке споживання енергії, не перевищуючи 0,2 мА, щоб працювати в умовах обмеженого живлення. Також важливо, щоб цей контролер підтримував зовнішню Flash-пам'ять та мав можливість обробки переривань для ефективної роботи у різних умовах. Він має мати не менше ніж 8 аналогових входів для опрацювання аналогових сигналів та працювати від 12 В.

### **4.5 Вимоги до конструкції пристрою**

4.5.1 Максимальний розмір корпусу 150x100x50мм.

4.5.2 Маса пристрою не більше 500гр.



4.5.3 Метою є створення конструкції, яка використовує доступні та універсальні елементи для максимальної простоти та широкого застосування.

#### **4.6 Вимоги до життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників**

4.6.1 За кліматичними впливами пристрій керування відноситься до категорії 4.2 виконання УХЛ ГОСТ 15150-69.

4.6.2 За механічними впливами пристрій керування відноситься до групи С1 ГОСТ 25467-80.

4.6.3 Захист від навколишнього середовища IP55 згідно ГОСТ 14254-96.

#### **4.7 Вимоги надійності**

4.7.1 Пристрій керування має бути спроектований з очікуванням середнього часу безвідмовної роботи не менше 20 000 годин.

4.7.2 Пристрій керування має мати загальний середній ресурс не менше 50 000 годин, що відповідає повному терміну служби пристрою не менше ніж 10 років до списання.

4.7.3 Продукт повинен мати середній термін зберігання не менше 3 років у складських приміщеннях без обігріву, де температурний режим може коливатися від мінус 50°C до 60°C.

#### **4.8 Вимоги експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту**

4.8.1. Проектування пристрою керування має забезпечувати зручність у складанні та розбиранні.

4.8.2. Конструкція пристрою має забезпечувати доступ до складових частин, щоб їх можна було замінити за допомогою стандартного інструменту.

4.8.3. Склад компонентів ЗМП буде уточнено після перед випробувань пристрою.

4.8.4. Середній час відновлення робочого стану пристрою за умови використання стандартних компонентів не повинен перевищувати 30 хвилин, не враховуючи часу доставки запасних частин.

4.8.5. Гарантійний термін експлуатації пристрою - 2 роки з моменту введення в експлуатацію, гарантійний термін зберігання - 3 роки з моменту приймання виробу ВТК. Гарантійний ресурс - 20 000 годин протягом гарантійного періоду.

#### **4.9 Вимоги взаємозамінності:**

4.9.1 Конструкція складових частин має забезпечувати можливість їх механічної, електричної та програмної заміни одне на одне.

#### **4.10 Вимоги транспортування та зберігання:**

4.10.1 Пристрій керування, запакований на заводі, повинен бути придатним для транспортування будь-яким видом транспорту: авіаційним, автомобільним, залізничним або водним, на будь-яку відстань.

#### **6 Вимоги до сировини, матеріалів і комплектуючих виробів (ПКВ):**

6.1. Всі складові частини, комплектуючі та матеріали, використані в пристрої, мають відповідати умовам, вказаним у паспортних умовах експлуатації і бути доступними для закупівлі на території України.

#### **7 Вимоги до консервації, пакування та маркування:**

7.1. Процес консервації виробу повинен відповідати вимогам, встановленим у ГОСТ В 25674-83.

7.2. Упакування має забезпечувати захист апаратури, складових частин та документації під час транспортування та зберігання в умовах, відповідних вимогам технічного завдання.

7.3. Маркування транспортної тари повинно відповідати стандартам, визначеним у ГОСТ В 14192-77.

## **8 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

За результатами дослідно-конструкторської роботи необхідно підготувати таку текстову, а також графічну документацію:

- 1) Пояснювальна записка
- 2) Схема електрична принципова
- 3) Перелік елементів
- 4) Креслення друкованого вузла
- 5) Складальний кресленик
- 6) Специфікація

## ДОДАТОК Б ДОВІДКА ДЛЯ РОЗМІРІВ

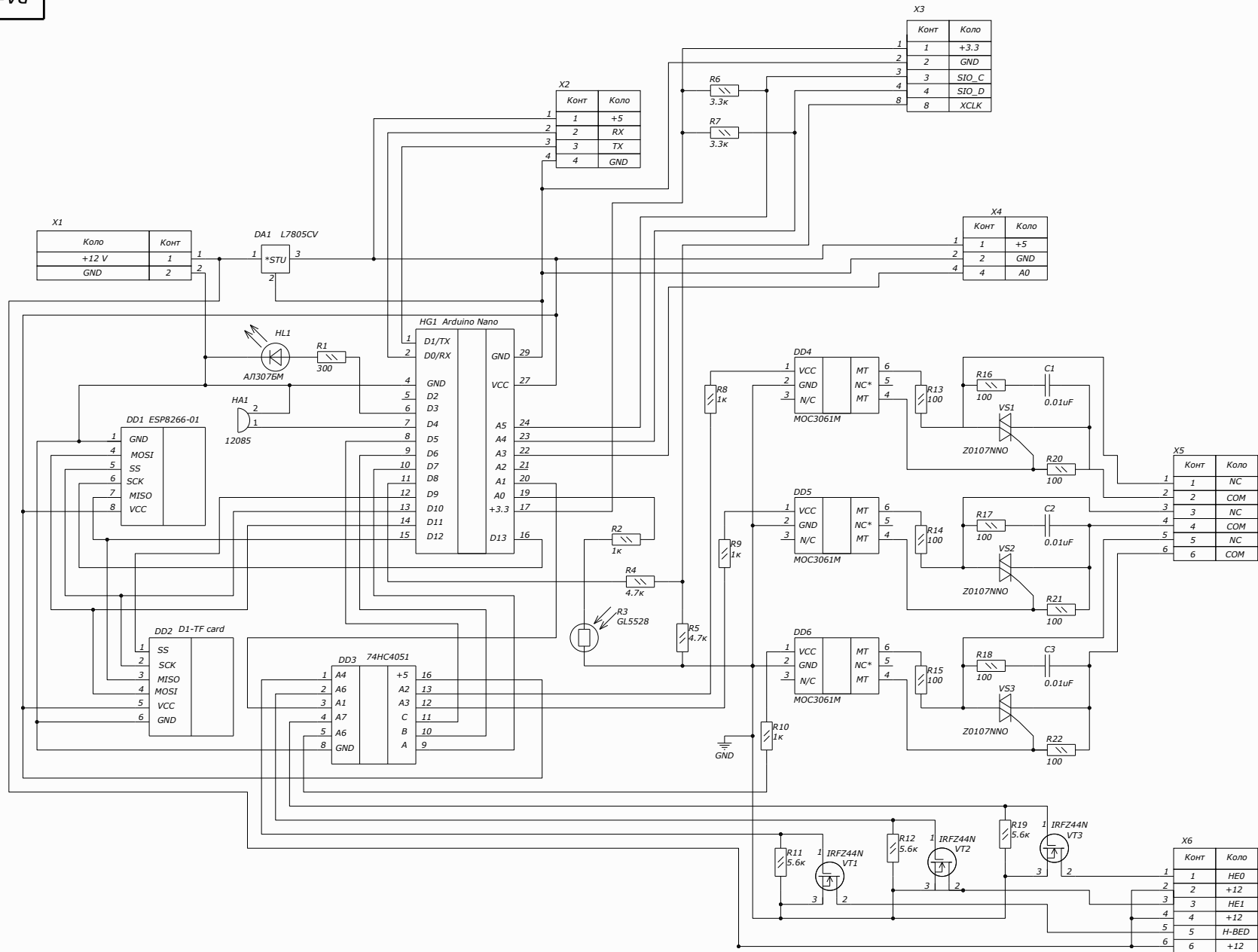
Розміри: усі розміри що позначені “ \* ” мають допуск по H9/h9

<u>Номинальные размеры</u> мм	<u>Поля допусков</u>										
	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H14	H16
От 1 до 3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+250 0	+600 0
<u>Св.</u> 3 до 6	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+300 0	+750 0
<u>Св.</u> 6 до 10	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+360 0	+900 0
<u>Св.</u> 10 до 18	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+430 0	+1100 0
<u>Св.</u> 18 до 30	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+520 0	+1300 0
<u>Св.</u> 30 до 50	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+620 0	+1600 0
<u>Св.</u> 50 до 80	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+740 0	+1900 0
<u>Св.</u> 80 до 120	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+870 0	+2200 0
<u>Св.</u> 120 до 180	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	+1000 0	+2500 0
<u>Св.</u> 180 до 250	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	+1150 0	+2900 0
<u>Св.</u> 250 до 315	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	+1300 0	+3200 0
<u>Св.</u> 315 до 400	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	+1400 0	+3600 0
<u>Св.</u> 400 до 500	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	+1550 0	+4000 0

Поз. Познач.	Найменування	Кіл-сть	Примітка
C1-C3	Конденсатор 0.01 мкФ 50В YAGEO	3	
DA1	Стабілізатор напруги 178105acz	1	
<b><u>Мікросхеми</u></b>			
DD1	ESP8222-01	1	
DD2	D1-TF card	1	
DD3	74HC4051	1	
DD4	ARDUINO NANO V3	1	
DD5-DD7	МОС3061М	3	
HL1	Світлодіод АЛ307БМ	1	
<b><u>Резистори</u></b>			
R1	RC1206JR-10KR-Hitano 300Ohm 0,25W 5%	1	
R2,R8-R10	RC1206JR-04K6L-RED 1кOhm 0,25W 5%	4	
R3	GL5528	1	
R4-R5	RC1206JR-04K6L-RED 4.7кOhm 0,25W 5%	2	

РЕ21мп.421457.001 ПЭЗ				
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Да
Розробив	Стратенюк		<i>Стратенюк</i>	
Перевір.	Головня			
Н.конт				
Затв.				
Універсальний контролер 3D-друку				
Перелік елементів				
Літ.		Аркуш		Аркушів
		1		2
НТУУ КПІ гр. РЕ21мп				






PE21мп.421457.001 CE

Універсальний контролер 3D-друку

Схема електрична принципова

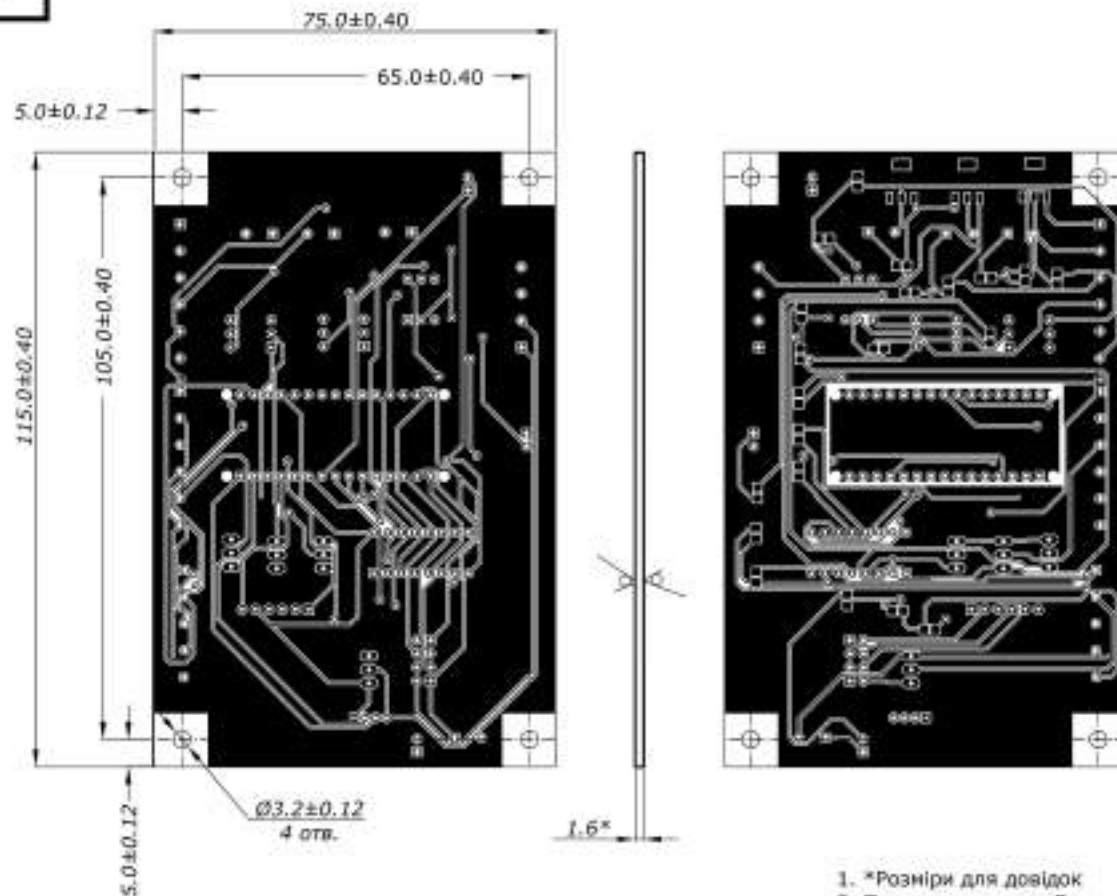
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Стратенюк		
Перев.	Головня		
Т. контр.	*		
Н. контр.	*		
Затв.			

Літ.	Маса	Масштаб
Аркуш 1	Аркушів 1	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.	
				<b><u>Документація</u></b>			
A3			PE21мп.421457.001 СК	Складальний кресленик			
A3			PE21мп.421457.001 E3	Схема електрична принципова			
A4			PE21мп.421457.001 E3	Перелік елементів			
				<b>Деталі</b>			
			PE21мп.758723.001	Друкована плата	1		
				<b>Деталі</b>			
				Конденсатор 0.01мкФ	3	C1-C3	
				Клема DG301-5.0-02P	7	X5,X6,X1	
				Клема PBS-2.54-4	1	X4	
				Клема PBS-2.54-6	1	X3	
				Мікросхема ARDUINO NANO V3	1	DD4	
				Мікросхема D1-TF card	1	DD2	
				Мікросхема ESP8266	1	DD1	
				Мікросхема MOC3061	3	DD5-DD7	
				Мікросхема 74HC4051	1	DD3	
				Світлодіод АЛ307БМ	1	HL1	
<b>PE21мп.421457.001 СК ПЕ</b>							
Изм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Разраб.	Стратенюк				<b>Універсальний контролер 3D-друку</b>	Листов	
Пров.	Головня					Лист	1
Т.конт						Листов	2
Н.конт						HTYU, КПІ, PE21мп	
Утв							







1. \*Розміри для довідок
2. Плату виготовити Лазерно-прасковим методом
3. Клас точності 3 за ГОСТ 23751-86

4. Координати отворів друкованої плати на машинному носії

PI62m.758726.001.T1M

Топологія верхнього шару металізації друкованої плати наведено на машинному носії PI62m.758726.001.T2M

Топологія нижнього шару металізації друкованої плати наведено на машинному носії

PI62m.758726.001.T3M

Верхня захисна маска на машинному носії PI62m.758726.001.T4M

Нижня захисна маска на машинному носії PI62m.758726.001.T5M

Топологія верхнього шару шовкографії на машинному носії PI62m.758726.001.T6M

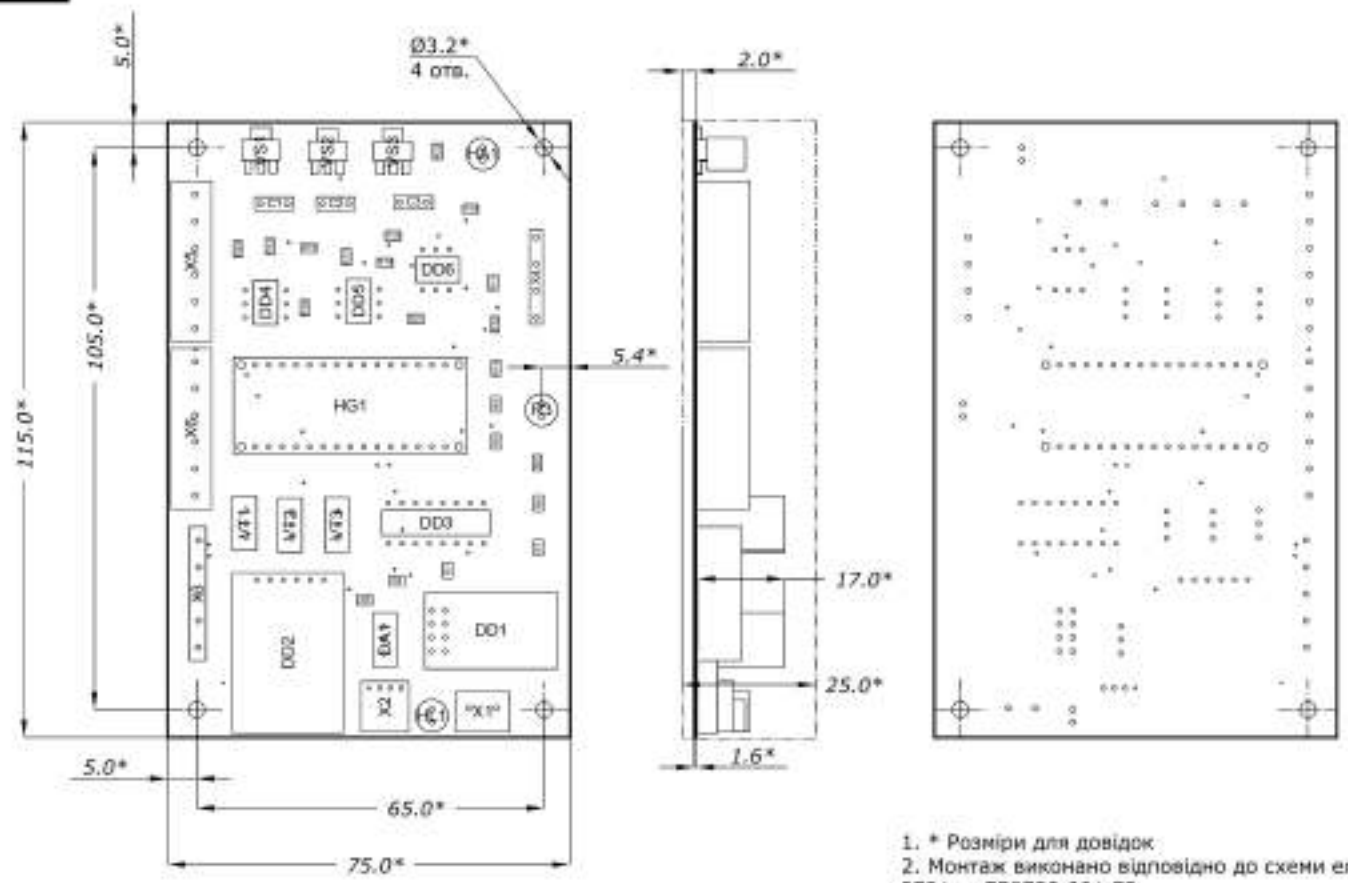
Топологія нижнього шару шовкографії на машинному носії PI62m.758726.001.T7M

5. Інші технічні вимоги по ОСТ4 Г0.010.070.014

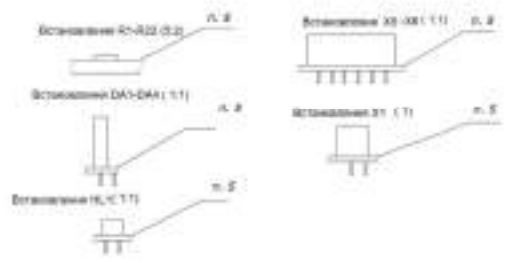
PE21m.758723.001

					Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Сторіжнюк						1:1
Перевір.	Головко						
Т. контр.					Лист	Т	Листов
Н. контр.							
Утв.							
Універсальний контролер 3D-друку							
Сборочный чертёж							
FR4 35/35 1,2							





1. \* Розміри для довідок
2. Монтаж виконано відповідно до схеми електричної принципової PE21мп.758723.001 ЕЗ
3. Позиційні позначення елементів показані умовно відповідно до схеми електричної принципової PE21мп.758723.001 ЕЗ
4. Встановлення елементів виконувати за ГОСТ 29137-91
5. SAC 305 ISO 9453:2014. Допускається для елементів поверхневого монтажу використання пасти припойної ПП-140 АУ70.033..013 ТУ
6. Інші технічні вимоги по ОСТ4 Г0.010.070.015





					<b>PE21мп.758723.001 СК</b>		
Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.		Составленок					1:1
Проверил		Головня			Лист	Т	Листов
Т. контр.							
Н. контр.							
Умк.							
Контроль					В		

Листов. головн.  
Сторона №  
Габр. у данях  
Имя. № модиф.  
Вариант. №  
Габр. у данях  
Имя. № модиф.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PE21мп.421457.001 ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	PE21мп.421457.001 ПЗ	Пояснювальна записка	88	
3	A2	PE21мп.421457.001 СЕ	Схема електрична принципова	1	
4	A2	PE21мп.758723.001 СК	Друкована плата	1	
5	A2	PE21мп.421457.001	Електронний модуль	1	
6	A2	PE21мп.758723.001СК	Складальне креслення	1	
7					
8					
9					
10					
11					

				<b>РА81.421457.001</b>	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Стратенюк			Лист	Листів
Керівн.	Головня			1	
Н/контр.				Універсальний контролер 3D-друку КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. РОС,Гр. PE21мп	
Зав.каф.					