

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

До захисту допущено:

В.о. зав.кафедрою



Євгеній НЕЛІН

«14» червня 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіoeлектронної техніки»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: Універсальний пристрій для перевірки комп'ютерних
вентиляторів

Виконав:

студент III курсу, групи РІ-п81

Лаврентьев Максим Євгенійович

Прізвище, ім'я, по батькові



Керівник: викладач Головна Вікторія Мілентіївна

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові



Рецензент: доц., к.т.н. Товкач Ігор Олегович

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові



Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент



Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедрою



Євгеній НЕЛІН

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Лаврентьєву Максиму Євгенійовичу

1. Тема проєкту «Універсальний пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів», керівник проєкту Головня Вікторія Мілентіївна, ст. викладач, затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 р. №1205-с
2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2021 року
3. Вихідні дані до проєкту вихідний струм до 500 мА і напруга до 12 В, живлення від літєвого акумулятора, габарити не більше (200x200x100) мм², матеріал корпусу пластик.
4. Зміст пояснювальної записки:
огляд існуючих рішень та аналіз технічного завдання; розробка універсального пристрою для перевірки комп'ютерних вентиляторів; програмне забезпечення для мікроконтролера; аналіз працездатності пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) структурна схема, схема електрична принципова, друкований вузол, друкована плата, складальний кресленик пристрою, презентація.

6. Дата видачі завдання 12 квітня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Провести огляд існуючих рішень	12.04.2021-18.04.2021	Виконано
2	Провести аналіз технічного завдання	19.04.2021-21.04.2021	Виконано
3	Розробити структурну схему пристрою	22.04.2021-25.04.2021	Виконано
4	Розробити електричну принципову схему пристрою	26.04.2021-03.05.2021	Виконано
5	Провести вибір елементної бази	04.05.2021-09.05.2021	Виконано
6	Розробити друковану плату	10.05.2021-16.05.2021	Виконано
7	Розробити конструкцію пристрою	17.05.2021-28.05.2021	Виконано
8	Проаналізувати програмне забезпечення	29.04.2021-31.05.2021	Виконано
9	Перевірити пристрій на працездатність	01.06.2021-06.06.2021	Виконано
10	Представити роботу на попередній захист	07.06.2021	Виконано

Студент



Максим ЛАВРЕНТЬЄВ

Керівник



Вікторія ГОЛОВНЯ

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті спроектовано пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів.

В проекті проведено аналіз відомих схем керування комп'ютерними вентиляторами, розглянуто їх переваги та недоліки.

Для керування вентиляторами було спроектована схема на базі мікроконтролера сімейства Atmega. В процесі роботи розроблено структурну схему, схему електричну принципову, обрано елементарну базу, розроблено друковану плату, проаналізовано параметри працездатності.

Спроектований пристрій розроблюється з корпусом, який можна виготовити за допомогою технології 3D друку.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом 67 сторінок, включає 14 рисунків, 11 таблиць, 5 креслень, 30 посилань, 6 додатків.

Ключові слова: мікроконтролер, вентилятори, керування.

ANNOTATION

In the diploma project, a device for checking computer fans was designed.

The project analyzes the known control schemes of computer fans, considers their advantages and disadvantages.

To control the fans, a circuit based on the Atmega family micro controller was designed. In the course of work, a block diagram, electrical schematic diagrams were developed, an elementary base was selected, a printed circuit board was developed, and performance parameters were analyzed.

The designed device is designed with a case that can be prepared using 3D printing technology.

The diploma project consists of a 67-page explanatory note and includes 14 images, 11 tables, 5 drawings, 30 links, and 6 appendices.

Keywords: microcontroller, fans, control.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: Універсальний пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів

Київ — 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	6
1.1 Огляд існуючих рішень	6
1.2 Аналіз технічного завдання	8
2 РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ.....	10
2.1 Електрична схема пристрою та аналіз його роботи	10
2.1.1 Структурна схема.....	10
2.1.2 Опис принципової електричної схеми.....	11
2.1.3 Розрахунок елементів схеми.....	15
2.2 Вибір конструкції.....	17
2.3 Вибір елементної бази	17
2.3.1 Вибір пасивної елементарної бази	18
2.3.2 Вибір мікросхеми зарядки акумулятора.....	21
2.3.3 Вибір мікросхеми захисту акумулятора	21
2.3.4 Вибір мікросхеми перетворювача напруги	22
2.3.5 Вибір мікросхеми мікроконтролера.....	23
2.3.6 Вибір дисплею	25
2.3.7 Вибір кнопок.....	25
2.3.8 Вибір діодів.....	26

					РІ-п81.468222.001 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Лаврентьев М.			Універсальний пристрій для перевірки комп'ютер- них вентиляторів	Літ.	Арк.
Перевір.		Головня В.М.					2
Реценз.		Товкач І.О.				Акрушіє	67
Н. Контр.		Попсуй В.І.				НТУУ КПІ, РІ-п81	
Затверд.							

2.3.9 Вибір транзисторів.....	26
2.3.10 Вибір світлодіодів.....	26
2.3.11 Вибір роз'ємів та відсіку для акумулятора	27
2.4 Вибір конструкційних матеріалів.....	28
2.5 Розробка друкованої плати	28
2.5.1 Розрахунки розмірів контактних майданчиків	28
2.5.2 Розрахунок площі друкованої плати.....	29
2.5.3 Визначення ширини провідників друкованого монтажу.....	31
2.5.4 Визначення мінімальної відстані між елементами провідного рисунка	32
2.5.5 Топологія плати.....	32
2.6 Розробка конструкції пристрою	35
3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА	39
4 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИСТРОЮ	41
4.1 Розрахунок надійності пристрою	41
4.2 Розрахунок віброміцності	43
4.3 Розрахунок теплового впливу.....	45
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	49
Додаток А. Технічне завдання.....	52
Додаток Б. Перелік елементів.....	57
Додаток В. Специфікація на пристрій	62
Додаток Г. Специфікація на друкований вузол	64
Додаток Д. Відомість дипломного проекту.....	67

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АКБ — Акумуляторна батарея

ДП — Друкована плата

ЕРЕ — Електронний радіо елемент

КМ — Контактний майданчик

МК — Мікроконтролер

ПЕ — Перелік елементів

ТЗ — Технічне завдання

ШІМ — Широтно-імпульсна модуляція

SMD — Surface Mount Device

SPI — Serial Peripheral Interface

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Метою даного дипломного проекту є розробка приладу для тестування комп'ютерних вентиляторів а також для визначення їх характеристик. Прилад має роздільно керувати двома підключеними до нього стандартними комп'ютерними вентиляторами за допомогою ШІМ та за допомогою змінної вихідної напруги і виводити значення шпаруватості вихідного ШІМ сигналу а також кількість обертів в хвилину і напругу яка прикладена до вентилятора на вбудований дисплей. Для зручності кінцевого користувача прилад повинен бути автономним і достатньо компактним.

Оскільки прилад не має аналогів, його розробка є доцільною, оскільки виходячи з невеликих габаритних розмірів і з можливості роботи приладу в повністю автономному режимі а також враховуючи те що прилад має повністю необхідний для роботи функціонал то можна сказати про те, що він може знайти своє місце в різних сервісних центрах.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень

Комп'ютерні вентилятори є широко розповсюдженими виробами для активного охолодження комп'ютерів, серверів, тощо. За способом керування ними, можна виділити, наступні види:

Керування напругою, вентилятор змінює кількість обертів в хвилину в залежності від прикладеної напруги живлення;

Керування ШІМ сигналом, вентилятор змінює кількість обертів в хвилину в залежності від шпаруватості ШІМ сигналу що подається на нього;

Комбіновані рішення, в них реалізується можливість переключення між керуванням по напрузі та керуванням за допомогою ШІМ, це рішення використовується у сучасних материнських платах.

Зазвичай для керування по напрузі, достатньо підключити вентилятор до лабораторного блоку живлення і змінюючи вихідну напругу на ньому можна отримати різну швидкість обертання. Але таке рішення має декілька недоліків:

Воно не є автономним, оскільки, для роботи лабораторний блок живлення повинен бути завжди підключеним до мережі 230В;

Неможливо точно визначити кількість обертів в хвилину, оскільки лабораторний блок живлення не може отримати і обробити сигнал з вентилятора;

Необхідність використання перехідників, тощо.

Для керування за допомогою ШІМ сигналу, на вентилятор подається стабілізована напруга живлення та ШІМ сигнал зі змінною шпаруватістю, наприклад від генератора сигналів. Це рішення повторює недоліки керування по напрузі, оскільки для цього потрібно мати вже два прилади, для виконання цієї задачі.

У сучасних материнських платах для комп'ютерів, використовують комбіноване рішення, в них реалізована можливість програмно-апаратного переключення між обома режимами керування, а також реалізована можливість

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						6
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримання та обробки сигналу від вентилятора, за допомогою якого визначається кількість обертів в хвилину.

Розглянемо типову схему керування вентиляторами, яка була взята з Datasheet материнської плати [1], вона зображена на рисунку 1.1.

4 PIN CPU FAN USE NCT3947S USE PCH GPIO CONTROL FAN MODE

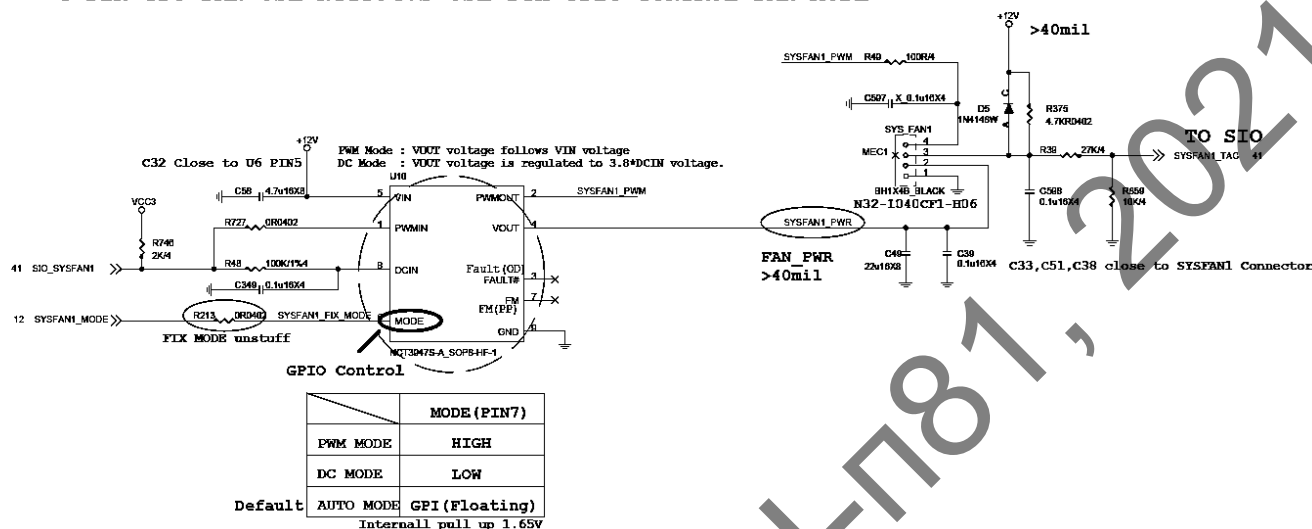


Рисунок 1.1 — Типова схема керування вентиляторами

Аналізуючи її, можна побачити що, для керування вентиляторами, використовують спеціалізовану мікросхему-контролер, на яку приходить логічний сигнал керування мікросхемою та ШІМ сигнал з головного контролера материнської плати. При подачі на контакт керування, сигналу з високим логічним рівнем, мікросхема-контролер ретранслює поданий на неї ШІМ сигнал, а також подає стабілізовану напругу живлення 12В на роз'єм вентилятора. При подачі на контакт керування, сигналу з низьким логічним рівнем, мікросхема-контролер починає використовувати поданий на неї ШІМ сигнал для керування вихідною напругою, яка йде на вентилятор. Сигнал з вентилятора проходить через фільтр і йде на головний контролер материнської плати.

Основними недоліками цього рішення є складність реалізації, необхідність використання спеціалізованих мікросхем, неможливість автономної роботи, необхідність використання спеціалізованого програмного забезпечення для керування вентиляторами.

1.2 Аналіз технічного завдання

У дипломному проєкті розроблюється пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів. Основною його задачею є перевірка роботи і визначення характеристик комп'ютерних вентиляторів, таких як залежність кількості обертів в хвилину від шпаруватості поданого на вентилятор ШІМ сигналу або від напруги живлення.

Оскільки в ТЗ було вказано на те що живлення пристрою повинно забезпечуватися від акумулятора, було вирішено використовувати літєвий акумулятор. Оскільки вихідної напруги акумулятора не достатньо для живлення комп'ютерних вентиляторів, було вирішено використовувати високоефективні перетворювачі напруги.

За допомогою них з напруги що на акумуляторі повинні будуть формуватися напруги що використовуються для живлення мікроконтролера, дисплея і логіки, а також напруга що використовується для живлення комп'ютерних вентиляторів.

Також оскільки акумулятор потрібно заряджати, необхідно створити схему для можливості підзарядки та захисту акумулятора.

Для забезпечення нормальної роботи на виходи для вентилятора зі схеми повинна подаватися або стабілізована напруга 12 вольт і ШІМ сигнал зі змінною шпаруватістю на контакт керування або регульована напруга живлення від 5 до 12В. На вхід схеми з вентилятора повинен повертається сигнал за допомогою якого можна визначити кількість обертів в хвилину.

Корпус повинен мати граничні габаритні розміри які задані в технічному завданні. Згідно технічного завдання пристрій має містити в своєму складі отвори для підключення живлення до схеми зарядки акумулятора та роз'єми для підключення вентиляторів на бокових панелях. На верхній панелі корпусу потрібно передбачити отвори для встановлення потенціометрів та кнопок за допомогою яких здійснюється керування пристроєм.

За показниками надійності пристрій повинен мати гарантійний термін не

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше 2-х років та середній час напрацювання на відмову повинен бути не менше 2000 годин. Ремонт та технічне обслуговування здійснюється у виробника.

Корпус доцільно виготовляти з ABS пластику, оскільки він може використовуватись для технології 3D друку. Для забезпечення можливості технічного обслуговування пристрою корпус доцільно зробити розбірним.

За ГОСТ 30773-2001 утилізацією займається сторона виробника. При утилізації всі частини пристрою розділяються на ті що йдуть в подальшу переробку та ті що повністю ліквідуються.

Пристрій призначений для використання в приміщеннях, де відсутні агресивні середовища та є стабільний температурний режим. Згідно таких вимог оберемо кліматичне виконання УХЛ 4.2 за ГОСТ 15150-69 [2]: для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових та інших, подібного типу, приміщеннях. При такому виконанні робоча температура знаходиться в межах від +10°C до +35°C, а гранична — від +1°C до +40°C. Середнє значення відносної вологості повітря становить 65%, граничне — близько 80%. Робоче значення атмосферного тиску складає 104 кПа, а мінімально допустиме 84 кПа.

Згідно ГОСТ 16019-2001 [3], умови експлуатації приладу С1: стаціонарна апаратура, що встановлюється в опалюваних наземних чи підземних спорудах.

Умови транспортування згідно ГОСТ 16019-2001 – дуже легкі. Перевезення без перевантажень автомобільним транспортом – транспортними засобами з пневматичним демпфіруванням по дорогам з асфальтним та бетонним покриттям (дороги 1-ї категорії по будівельним нормам та правилам затвердженими Укравтодором) на відстані до 1000 км.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2 РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ

В даному розділі буде розглянуто основні характеристики роботи універсального пристрою для перевірки комп'ютерних вентиляторів та обґрунтована доцільність обраної схеми електричної принципової.

2.1 Електрична схема пристрою та аналіз його роботи

2.1.1 Структурна схема

Перед розробкою електричної принципової схеми була розроблена структурна схема. Структурна схема пристрою зображена на рисунку 2.1.

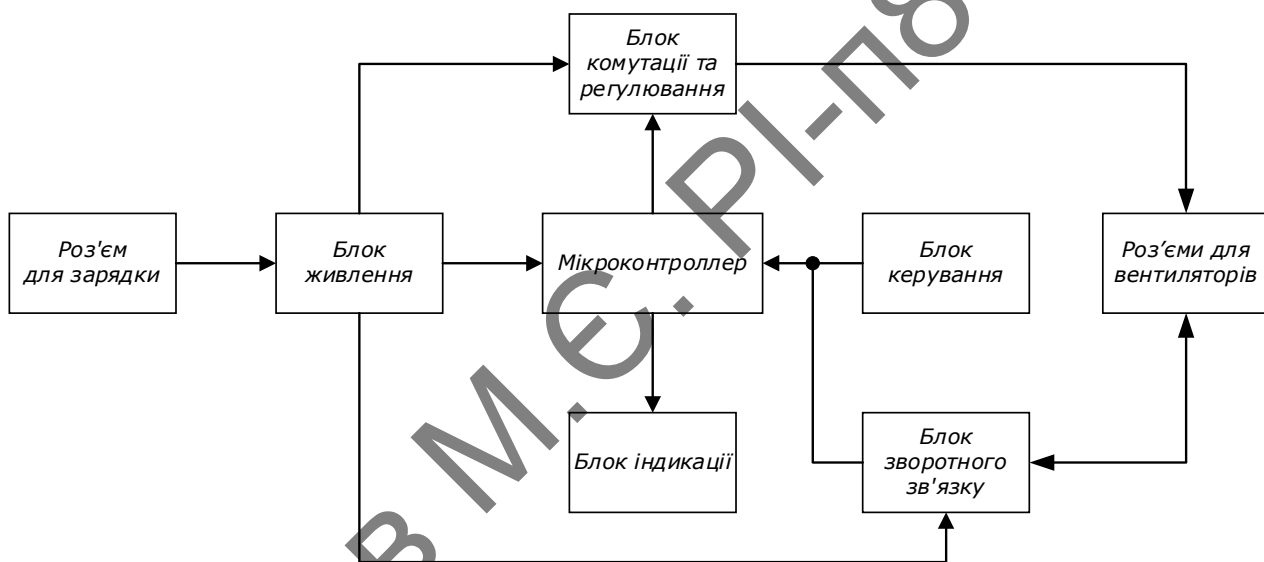


Рисунок 2.1 — Структурна схема пристрою

В нормальному режимі роботи, живлення на схему подається від акумулятора через схему захисту АКБ що перевіряє його стан. При перемиканні вимикача у положення «ВКЛ» через нього починає йти напруга на, підключенні до нього, DC-DC перетворювачі які формують напруги 5 і 13В з напруги на АКБ.

Напруга живлення 5В приходить на мікроконтролер і активує його, він перевіряє напруги на акумулятор, на лінії 5В та на лінії 13В та виводить ці значення на дисплей і включає індикатор. В залежності від положення регуляторів, мікроконтролер подає ШІМ сигнал на роз'єми для вентиляторів і в

цьому режимі виконується керування вентиляторами ШІМ сигналом зі статичною напругою їх живлення. При натисненні кнопки керування МК подає сигнал на схему комутації і регулювання тим самим переключає режим її роботи з керування вентиляторами по ШІМ сигналу на керування вентиляторами по напрузі, за допомогою DC-DC перетворювачів що регулюють вихідну напругу в залежності від шпаруватості ШІМ сигналу отриманого від МК.

Данні про шпаруватість ШІМ сигналу, напругу на лінії живлення вентиляторів та данні по кількості обертів в хвилину мікроконтролер виводить на дисплей.

При підключенні зовнішнього джерела живлення через роз'єм USB схема зарядки обробляє це і починає процес зарядки АКБ показуючи це за допомогою індикаторів.

2.1.2 Опис принципової електричної схеми

Розроблена схема електрична принципова, яка зображена на рисунку 2.2. У даній схемі напруга з акумулятора GB1 спочатку подається на мікросхему захисту DD3, яка перевіряє напругу на ньому і якщо вона в межах нормального значення – перемикає DD4 в режим провідника, тим самим з'єднавши мінус АКБ із землею. Далі напруга живлення приходить на ключ VT9 і кнопку з фіксацією SB3. При натисненні на кнопку ключ переходить у відкрите положення і пропускає напругу далі, VD4 в даному випадку використовується для захисту транзистора. Напруга проходить через запобіжник F2 та подається на мікросхеми DD5 і DD6, які являють собою DC-DC конвертори, напруга на них задається за допомогою резисторів R32 і R33 на одному, та R34 і R35, на іншому. Один з них формує напругу 5В для живлення мікроконтролера DD2, дисплею HG1, їх обв'язки та логічного інвертору на базі двох польових транзисторів VT14 та VT15, на їх вхід приходить сигнал логічного нуля (0В) після ввімкнення МК і на виході формується логічна одиниця (5В), за допомогою якої відкривається біполярний транзистор VT16, який відкриває польовий транзистор VT17 і тому напруга живлення 13В проходить через відкритий ключ VT17 і потрапляє на роздільні діоди VD3 та VD5, проходить через них і

					ПІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

потрапляє на роз'єми X1 та X2. Оскільки транзистори VT1 та VT3 також підключені до логічного інвертора, логічна одиниця, що була отримана раніше, приходить і на них, завдяки цьому відкриваються польові транзистори VT2 та VT4 і тому ШІМ сигнал з виводів PB1 та PB2 мікроконтролера DD2, вільно проходить через них і поступає на роз'єми X2 та X3. Мікроконтролер напряму керує дисплеєм HG1 і індикатором HL3 за допомогою цифрових виводів.

При натисканні на кнопку SB2 на контакті PB3 подається логічна одиниця що відкриває транзистори VT10, VT11, VT12, які, відкривають польові транзистори VT7, VT8, VT13 і при надходженні логічної одиниці на інверторі формується логічний нуль, що, в свою чергу, закриває транзистори VT16, VT1 і VT3, які, закривають польові транзистори VT17, VT2 і VT4. Напруга 13В проходить через відкритий VT13 і поступає на VT5 та VT6, ШІМ сигнал з мікроконтролера також приходить на ці транзистори які об'єднанні з діодами VD1 та VD2 і заставляє їх швидко перемикатися з одного положення в інше і формує знижену вихідну напругу, яка залежить від шпаруватості ШІМ сигналу. L1, L2 та C7, C10 являють собою LC фільтр і проходячи крізь нього пульсуюча напруга, перетворюється в постійну. Знижена напруга проходить через відкриті ключі VT7 і VT8 та подається на роз'єми X2 і X3, при повторному натисканні кнопки схема переходить у попередній режим.

Резистори R25, R26 та R28, R29 використовуються в якості дільників напруги за допомогою котрих мікросхема мікроконтролера визначає напругу, що їде на вентилятори а також забезпечує зворотній зв'язок з DC-DC конвертором, що побудований за допомогою VD1, VD2 та VT5, VT6 і LC фільтру.

Резистори R18, R19 та R20, R21 використовуються в якості дільників напруги за допомогою мікросхема мікроконтролера визначає напругу на акумуляторі та на лінії живлення 5В.

За допомогою R15 та R16 відбувається керування шпаруватістю ШІМ сигналу. За допомогою R30 відбувається настройка контрастності дисплея.

Кнопка SB1 призначена для переключення режимів відображення даних на дисплеї.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сигнал Sense отриманий з вентиляторів підключених до роз'єму X2 та X3, підтягується до 5В за допомогою резисторів R7 та R8 і він подається на мікросхему мікроконтролера, яка, за допомогою нього, визначає кількість оборотів вентилятора у хвилину.

Роз'єм X4 призначений для підключення SPI програматора для програмування мікросхеми.

Прикладена напруга з зовнішнього джерела живлення на роз'єм X1 проходить через запобіжник і надходить на мікросхему DD1, яка являє собою мікросхему для зарядки акумулятора GB1. Ця мікросхема також керує індикаторами HL1 і HL2, за допомогою яких можна визначити стан зарядки АКБ. При активній зарядці світиться індикатор HL2, при роботі в режимі холостого ходу світиться індикатор HL1.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Розрахунок елементів схеми

Оскільки в схемі використовуються деякі змінні елементи від яких залежить працездатність схеми, треба їх розрахувати.

Напруга на DC-DC конверторах DD5 та DD6 задається за допомогою, резисторів R32 і R33 для DD5 та R34 і R35 для DD6, значення їх опору розраховується за формулою:

$$U_{\text{вихідна}} = 0.6 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right). \quad (1.1)$$

Керуючись тим що для нормальної роботи приладу нам необхідно отримати вихідні напруги 13В та 5В з максимальною похибкою у $\pm 2\%$ і те що для спрощення підбору компонентів, резистори R33 та R35 будуть мати опір 2.2 кОм, підбираємо опір резисторів R32 і R34, в межах доступних номіналів, таким чином, щоб значення вихідної напруги було рівним тим значенням, що були зазначені вище.

$$U_{13\text{В}} = 0.6 \cdot \left(1 + \frac{46.4}{2.2}\right) = 13.2 \text{ [В]}. \quad (1.2)$$

$$U_{5\text{В}} = 0.6 \cdot \left(1 + \frac{16.2}{2.2}\right) = 5.0 \text{ [В]}. \quad (1.3)$$

Оскільки отримані значення напруги вписуються у похибку $\pm 2\%$, резистор R32 буде мати опір 46.4 кОм і резистор R34 буде мати опір 16.2 кОм.

Також для роботи понижувального перетворювача, який побудований на за допомогою VD1, VD2 та VT5, VT6, потрібно розрахувати LC фільтр. Спочатку потрібно розрахувати мінімальне значення індуктивності для L1 та L2, це можна зробити за формулою [4]:

$$L_{\text{мін}} = \frac{U_{13\text{В}} - U_{\text{вихсер}}}{I_{\text{вих}} \cdot k} \cdot \frac{U_{\text{вихсер}}}{U_{13\text{В}} \cdot f}, \quad (1.4)$$

де $U_{\text{вихсер}}$ — це середнє вихідне значення напруги, оскільки було розраховано на вихідній діапазон від 5 до 12В, то середнє значення складає 8.5В;

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						15
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\text{вих}}$ — це максимальний вихідний струм, в нашому випадку він сягає 1А;
 f — частота вхідного ШІМ сигналу, в нашому випадку було обрано значення 31.4 кГц;

k — допустиме значення пульсацій струму, воно задається в межах від 20% до 50%, оскільки в нас доволі низька частота вхідного ШІМ сигналу, то було обрано значення 40%.

$$L_{\text{мін}} = \frac{13.2-8.5}{1 \cdot 0.4} \cdot \frac{8.5}{13.2 \cdot 31400} = 2.428 \cdot 10^{-4} = 242 \text{ [мкГн]}. \quad (1.5)$$

Оскільки значення індуктивності в 242 мкГн не входить у перелік доступних заводських значень, обираємо номінал у 270 мкГн.

Потім потрібно розрахувати мінімальне значення ємності електролітичного конденсатора фільтру, її можна визначити за формулою:

$$C_{\text{мін}} = \frac{U_{\text{вих}} \cdot (1+k)}{(U_{\text{вихсер}} + U_{\text{пульс}})^2 - (U_{\text{вихсер}})^2} \cdot L, \quad (1.6)$$

де: $U_{\text{пульс}}$ — це максимальне значення пульсацій вихідної напруги, обираємо значення 0.05В.

$$C_{\text{мін}} = \frac{1 \cdot (1+0.4)}{(8.5+0.05)^2 - (8.5)^2} \cdot 2.700 \cdot 10^{-4} = 4.434 \cdot 10^{-4} = 443 \text{ [мкФ]}. \quad (1.7)$$

Оскільки значення ємності в 443 мкФ не входить у перелік доступних заводських значень, обираємо номінал у 470 мкФ.

Також для гасіння високочастотних пульсацій, в схему додаються керамічні конденсатори С6, С12 паралельно до електролітичних конденсаторів С7 і С10. Ємність керамічного конденсатора підбирається у співвідношенні 1 мкФ керамічного конденсатора до 100 мкФ електролітичного конденсатора, в нашому випадку, оскільки ємність електролітичного конденсатора 470 мкФ, ємність керамічного конденсатора – 4,7 мкФ.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						16
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір конструкції

Згідно до технічного завдання, прилад повинен мати граничні розміри не більше 200 мм на 200 мм. Оскільки в задані розміри можна вписати прилад різної форми, потрібно обрати оптимальну форму пристрою.

Враховуючи те, що, згідно технічного завдання прилад повинен мати вбудований в нього дисплей, органи керування, вихідні роз'єми та акумулятор. Тому буде доцільніше виконати пристрій у формі прямокутного паралелепіпеда, оскільки вона дозволить розмістити всі елементи без особливих труднощів.

Для кріплення друкованої плати в корпусі, буде використовуватися метод її затискання між двома половинами корпусу за допомогою спеціальних стійок, на які буде ставати плата і затискатись ними та гвинтів кріплення, за допомогою яких половинки корпусу будуть затискатись між собою і таким чином вони будуть затискати друковану плату, тим самим забезпечуючи високу механічну надійність.

В якості матеріалу корпусу буде використаний ABS пластик, оскільки за допомогою нього можна виготовити корпус для приладу за допомогою технології 3D друку.

2.3 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою проводиться за декількома критеріями, оскільки вони мають суттєвий вплив на кінцеві характеристики готового виробу, такі як вартість, габарити, ремонтпридатність, тощо. До цих критеріїв відносять наступні:

- 1) Наявність елементів у вільному продажу та їх доступність;
- 2) Забезпечення точності та необхідних електричних параметрів готового виробу;
- 3) Використана елементарна база має суттєвий вплив на кінцеву вартість виробу;

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) Надійність готового виробу суттєво залежить від надійності обраних елементів схеми;

5) Обрана елементарна база визначає кінцеві масо-габаритні параметри виробу.

Розроблювальний пристрій має у своєму складі як і пасивні так і активні елементи схеми. До активних елементів відносять мікросхеми, транзистори, діоди та інші, вони використовуються для активного керування схемою а також на основі їх побудовані різні логічні блоки схеми. До пасивних елементів схеми відносяться резистори, конденсатори, індуктивності та інші, вони призначенні для комутації деяких сигналів схеми, фільтрації живлення та сигналів від перешкод, захисту транзисторів та світлодіодів від надлишкових струмів та інше.

Прилад обмежений просторовими вимогами, описаними в ТЗ, тому доцільно буде обирати ті елементи які встановлюються на плату шляхом поверхневого монтажу (SMD-елементи). Слід зазначити що розроблювальний пристрій призначений для дрібносерійного виробництва, тому при виборі елементарної бази, потрібно врахувати те що розміри цих елементів повинні бути доступні для пайки вручну за допомогою паяльника чи паяльної станції.

2.3.1 Вибір пасивної елементарної бази

До критеріїв вибору пасивної елементарної бази належать габаритні розміри та ціна елементів. Тому елементи схеми обиралися з розрахунком на доступність їх на ринку електроталей, використання не більше трьох брендів для кожного типу пасивних елементів схеми.

В якості типорозміру для керамічних SMD резисторів, було вирішено використовувати типорозмір 0805, виходячи з того що він є доступним для пайки за допомогою паяльних станцій і не займає багато місця на платі, максимальна розсіювальна потужність для цього типорозміру складає 0,125 Вт.

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.1 — Порівняння SMD резисторів

Виробник	Samsung	Hitano	Yageo
Середня ціна одного резистора, грн	0,11	0,10	0,11
Точність, %	1-5	1-5	1-5
Максимальна робоча напруга, В	150	150	150
Наявність у продажу усього необхідного переліку опорів, наведеному в ПЕ	Ні	Так	Ні
Максимальна розсіювальна потужність, Вт	0,125	0,125	0,125
Типорозмір	0805	0805	0805
Робоча температура, °C	Від -50 до +125	Від -50 до +125	Від -50 до +125

Використовуючи таблицю 2.1, в якості постійних резисторів, що були використані в схемі обираємо керамічні резистори від компанії Hitano [5], оскільки елементи саме цього бренду задовольняють вимоги щодо наявності у продажу.

В схемі використовуються змінні резистори, оскільки вони можуть мати різні характеристики і форм-фактор, обираємо лінійні змінні резистори R9011-1-10K від компанії SR PASSIVES [6], вони мають максимальну розсіювальну потужність в 0,125 Вт і максимальну робочу напругу 200 В.

В схемі використовується підстроювальний резистор, було обрано резистор серії 3296W оскільки їх виробляє багато виробників і вони є поширеними у електроніці.

Таблиця 2.2 — Порівняння підстроювальних резисторів

Виробник	KLS	Bourns	VTRons
Ціна одного резистора, грн	5,5	-	6
Серія	3296W	3296W	3296W
Максимальна робоча напруга, В	360	300	315
Наявність у продажу	Так	Ні	Так
Максимальна розсіювальна потужність, Вт	0,5	0,5	0,5
Точність, %	10	10	10
Робоча температура, °C	Від -55 до +125	Від -55 до +125	Від -55 до +125

Використовуючи таблицю 2.2, обираємо багатооборотний підстроювальний резистор KLS4-3296W-103 від компанії KLS [7].

В якості типорозміру для керамічних SMD конденсаторів, було вирішено використовувати типорозмір 0805, оскільки він був використаний для SMD резисторів.

Таблиця 2.3 — Порівняння керамічних SMD конденсаторів

Виробник	Samsung	Hitano
Середня ціна одного конденсатора, грн	0,65	0,75
Точність, %	5-10	2-10
Максимальна робоча напруга, В	10-50	16-50
Наявність у продажу усього необхідного переліку опорів, наведеному в ПЕ	Так	Так
Діелектрик	X7R, NP0	X7R, NP0
Типорозмір	0805	0805
Робоча температура, °C	Від -50 до +125	Від -50 до +125

Виходячи з таблиці 2.3, в якості неполярних керамічних конденсаторів, що були використані в схемі обираємо керамічні конденсатори від компанії Hitano [8], оскільки конденсатори від цього мають дещо більший діапазон робочої напруги і мають вищу точність.

В якості полярних електролітичних конденсаторів були використані конденсатори типорозміру SMD size E від фірми Hitano, серії ELV-SMD [9] та EZV-SMD [10], всі вони розраховані на максимальну напругу 16В і забезпечують низьке значення ESR, а також мають діапазон робочих температур від -40 °C до +85 °C.

В якості плавких запобіжників було використано KLS5-SMD1206-2A63V, фірми KLS, вони розраховані на максимальній струм в 2А, що достатньо для того щоб захистити схему та мають типорозмір 1206.

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості котушок індуктивності будемо використовувати малопотужні SMD-індуктивності фірми AnlaTech [11], типорозміру SND0705, вони розраховані на струм до 1А та похибка індуктивності складає $\pm 20\%$.

В якості кварцового резонатору для мікроконтролера було використано кварц 49S-SMD-16M-20PF-30PPM від компанії Crystal [12], він має корпус типорозміру HC-49 і має частоту 16 МГц, він забезпечує високу стабільність частоти в залежності від температури.

2.3.2 Вибір мікросхеми зарядки акумулятора

Для реалізації функції зарядки акумулятора була обрана мікросхема контролера заряду TP4056 від NanJing (TopPower) [13]. Вона досить відома на ринку електроніки і випускається декількома виробниками. Вона забезпечує зарядку літієвого акумулятора з максимальною напругою в 4.2В і повністю контролює процес зарядки. За допомогою резистора підключеного до виводу PROG мікросхеми можна регулювати струм зарядки в межах від 130 мА до 1А. Також мікросхема підтримує роботу з індикаторними світлодіодами і тому, за допомогою них, можна легко визначити режим роботи мікросхеми. Мікросхема випускається в корпусі SOP-8, має діапазон робочих температур від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Вона має захист від короткого замикання та захист від перевищення максимальної робочої температури.

2.3.3 Вибір мікросхеми захисту акумулятора

Оскільки в розроблюваному пристрою використовується літієвий акумулятор без захисту, в якості мікросхеми, яка забезпечить необхідний захист, обираємо мікросхему DW01A від фірми HMsemi [14].

Мікросхема DW01A виконана в корпусі SOT-23-6, вона використовується для захисту літієвого акумулятора від перерозряду та перезаряду а також забезпечує захист від короткого замикання. Для управління схемою ця мікросхема використовує допоміжну мікросхему зі здвоєним N-канальним транзистором. При нормальному режимі роботи акумулятора, мікросхема тримає транзистори у повністю відкритому стані і тому мінус акумулятора в такому стані

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						21
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приєднаний до землі плати. Коли напруга на акумуляторі дійде до напруги нижчої за 3В, тоді мікросхема закриває транзистори «відрізаючи» мінус акумулятора від землі плати і тримає їх в такому положенні допоки на акумулятор не буде прикладена напруга зарядки. Після цього мікросхема відкриє транзистори приєднавши мінус акумулятора до землі плати, тим самим вона переведе схему в нормальний режим роботи. При короткому замиканні на акумуляторі принцип роботи мікросхеми схожий. При перенапрузі акумулятора, коли напруга на ньому перевищує 4.3В вона так само закриває транзистори і чекає допоки напруга на акумуляторі не впаде до робочих значень і відкриває транзистори після цього.

Для забезпечення її роботи необхідна допоміжна мікросхема яка представляє собою здвоєний N-канальний транзистор, тому в якості цієї мікросхеми була обрана мікросхема FS8205A фірми CanSheng [15], вона виконується в корпусі TSSOP-8, має граничний струм комутації в 6А.

2.3.4 Вибір мікросхеми перетворювача напруги

Оскільки для роботи схеми необхідно підвищити напругу акумулятора до 5В та 13В, тому потрібно обрати мікросхему підвищуючого DC-DC перетворювача напруги.

Таблиця 2.4 — Порівняння підвищуючих DC-DC перетворювачів

Назва	MT3608	SX1308	XL6009 (LM2577)
Ціна, грн	11, низька	11, низька	28, середня
Корпус	SOT23-6	SOT23-6	TO263-5L
Максимальний вихідний струм, А	2	2	4
Стабільність при роботі від АКБ	Висока	Середня	Низька
Діапазон вхідних напруг, В	2-24	2-24	5-32
Максимальна вихідна напруга, В	28	28	60
Частота, МГц	1,2	1,2	0,4
Максимальна ефективність, %	97	96	94

Виходячи з таблиці 2.4, в якості підвищуючих DC-DC перетворювачів обираємо дві однакові мікросхеми MT3608 від компанії AEROSEMI [16]. Ці перетворювачі є дешевими, мають високу стабільність при роботі від АКБ а також мають малі розміри і потребують мінімум обв'язки, а максимальна вихідна напруга є відповідною до заданих значень. Вихідна напруга цього перетворювача визначається за допомогою резисторного дільника напруги, який підключений до FB контакту. В залежності від зміни опору цього дільника можна змінювати вихідну напругу у широких межах.

2.3.5 Вибір мікросхеми мікроконтролера

В якості мікросхеми мікроконтролера була обрана мікросхема ATmega328P-PU від компанії Atmel [17].

Цей мікроконтролер є дуже популярним і використовуються у платах для розробки сімейства Arduino Nano та Arduino Uno. А також він досить дешевий і має функції, такі як:

Вбудований модуль ШІМ, який використовується, для керування вентиляторами, та для роботи понижувального DC-DC перетворювача;

Достатню кількість цифрових виходів, що дозволяє керувати схемою та дисплеєм і індикатором;

Достатню кількість аналогових входів, що дозволяє використовувати їх для зворотного зв'язку по напрузі, а також для керування схемою за допомогою змінних резисторів.

Також популярність цього мікроконтролера дозволяє більш легко створювати програмне забезпечення для нього, тому що для його програмування можна використовувати програмне забезпечення Arduino IDE.

У таблиці 2.5 наведено характеристики Atmega 382P

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						23
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 — Характеристики Atmega 382P

Параметр	Значення
Робоча напруга, В	5
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм на одному вихідному виводі, мА	40
Flash-пам'ять	32
SRAM, КБ	2
EEPROM, КБ	1
Тактова частота, МГц	16

АТmega328P-PU була обрана у вивідному корпусі 28 SPDIP і для того щоб не розпаювати її на платі була використана панель для мікросхеми KLS1-216-28 від фірми KLS. Сама мікросхема мікроконтролеру потребує мінімальної обв'язки, для роботи мікросхеми був використаний зовнішній кварц на 16 МГц. Для програмування мікросхеми на схемі був розведений інтерфейс SPI.



Рисунок 2.3 — Модель АТmega328P-PU

Згідно до вимог описаних в ТЗ, та відповідно до обраної конструкції була зроблена модель АТmega328P-PU, яка вставляється в панель для мікросхеми KLS1-216-28, це зображено на рисунку 2.3.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						24
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.6 Вибір дисплею

В якості дисплею був використаний модуль текстового дисплею WH1602A від компанії Winstar [18]. Він має текстове розширення 16 символів та 2 строки. Що дозволяє виводити на нього інформацію з мікроконтролера.

Цей дисплей є повністю сумісний з Arduino IDE та Atmega328p, що дозволить спростити необхідне програмне забезпечення та зменшить кількість необхідних елементів для роботи з цим дисплеєм. Завдяки своїй сумісності він є дуже поширеним на ринку і має невисоку ціну.

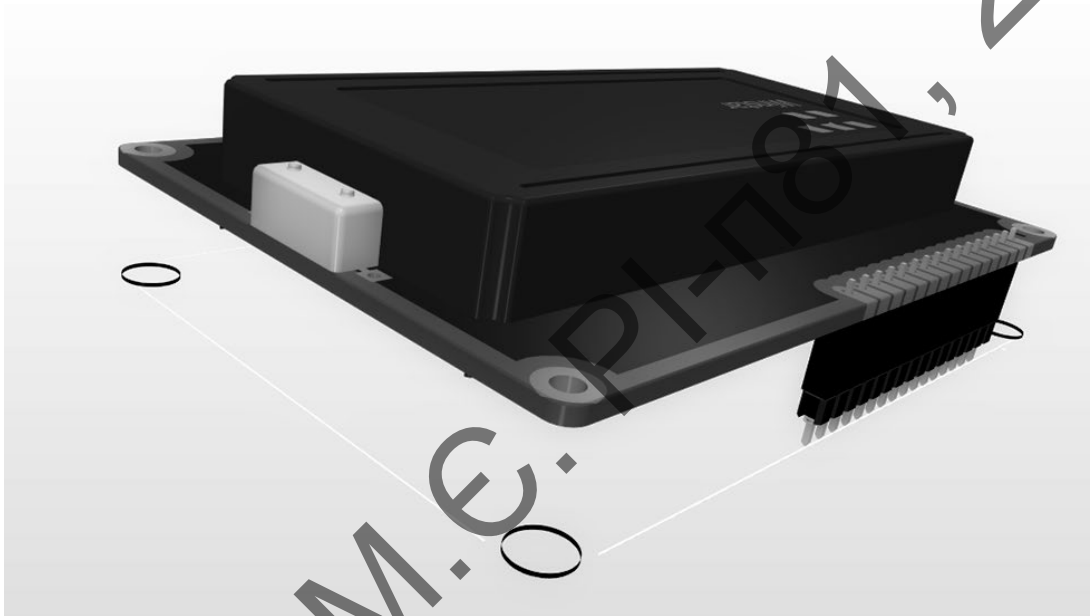


Рисунок 2.4 — Модель дисплею з міжплатним з'єднувачем

Для підключення цього дисплею до плати були використані міжплатні однорядні з'єднувачі на 16 контактів з кроком 2,54 мм – PBS-16 та PLS-16 від фірми KLS.

Згідно до вимог заданих в ТЗ, та відповідно до обраної конструкції, зроблена модель дисплею з міжплатним з'єднувачем, рисунок 2.4.

2.3.7 Вибір кнопок

Кнопки обираються виходячи від легкості використання і розмірів корпусу та доступності на ринку. Враховуючи це було обрано вивідні кнопки KLS7-P8.5X8.5B-0 (без фіксації) та KLS7-P8.5X8.5B-1 (з фіксацією) від компанії KLS. Вони мають досить високу надійність і є дуже доступними на ринку електроніки.

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						25
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.8 Вибір діодів

Схема електрична принципова містить у своєму складі чотири діоди Шотткі та два планарних діоди. Обираємо діоди у корпусі SMA (DO-214AC) з максимальним прямим струмом 1А або більше, з падінням напруги не більше 1В і з високою доступністю на ринку.

В якості планарних діодів були обрані діоди 1N4007 від компанії Toshiba [19], вони розраховані на максимальний прямий струм 1А та мають падіння напруги 1В.

В якості діодів Шотткі були обрані діоди SS34A від компанії KINGTRONIC [20], вони розраховані на максимальний прямий струм 3А та мають падіння напруги 0.5В.

2.3.9 Вибір транзисторів

Схема електрична принципова містить у своєму складі шість NPN транзисторів, вісім польових транзисторів Р-канальних та три польових транзисторів N-канальних. Керуючись доступністю на ринку та тим що всі транзистори в схемі повинні мати корпус SOT-23 обираємо наступні транзистори: BC817-40 (NPN) від компанії NXP [21], IRLML6402TRPBF [22] (Р-канальні) та IRLML2402TRPBF [23] (N-канальні) від компанії Infineon.

Обрані польові транзистори є досить потужними, IRLML6402TRPBF розраховані на максимальну напругу 20В і струм 3,7А і IRLML2402TRPBF розраховані на максимальну напругу 20В і струм 1,2А, вони є одними з основних силових елементів схеми.

Транзистори BC817-40 використовуються в якості комутаційних і розраховані на максимальну напругу 45В і струм 0,5А.

2.3.10 Вибір світлодіодів

Світлодіоди будемо використовувати типорозміру 0805, для індикації будемо використовувати наступні кольори:

- Зелений, для індикації з мікроконтролера;
- Червоний, для індикації зарядки;

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						26
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— Синій, для індикації простою під час зарядки.

Будемо обирати світлодіоди згідно до їх наявності у вільному продажу, бажано їх обрати одного бренду. Перелік світлодіодів наведений до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 — Вибір світлодіодів

Виробник	KLS	Kento	Hitano
Середня ціна, грн	1,5	1,5	3
Середнє падіння напруги, В	2,9	3,5	2,5
Кут світіння	120°	130°	130°
Наявність усього переліку кольорів	Так	Так	Так
Середня сила світла, мкд	180	60	60
Типорозмір	0805	0805	0805

Виходячи з наявності на ринку і по характеристикам, було обрано наступні світлодіоди: KLS9-L-0805UBC (синій), KLS9-L-0805E/GC (зелений) і KLS9-L-0805URC (червоний) від компанії KLS [24].

2.3.11 Вибір роз'ємів та відсіку для акумулятора

В якості роз'єму живлення було обрано роз'єм USB Type-C (KLS1-5426) від компанії KLS [25], він забезпечить можливість заряджати пристрій від будь-якого блоку живлення що призначений для зарядки мобільного телефону, також завдяки цьому забезпечується висока сумісність з будь-якими Type-C кабелями що забезпечить високу зручність для користувача.

В якості роз'єму для вентилятора було обрано KF2510-4P від компанії VEN, він є сумісним з роз'ємами для вентиляторів що використовуються в материнських платах і потребує мінімальної доробки.

В якості роз'єму для програмування було обрано KLS1-207-2-06-S від компанії KLS, він є сумісним з Atmega SPI кабелем.

В якості відсіку для літійового акумулятора типорозміру 18650 будемо використовувати PCB-18650-1.

					PI-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Вибір конструкційних матеріалів

Так як схема, має велику кількість елементів поверхневого монтажу та вивідні елементи, то друкована плата матиме односторонній монтаж ЕРЕ та провідники з двох сторін, тому потрібно обрати матеріал з двома шарами металізації. Доцільно буде використовувати фольгований склотекстоліт FR-4 товщиною основи в 2 мм і з товщиною металізації 35 мкм [26]. Для представлених задач та елементної бази достатньо 3 класу точності виготовлення друкованої плати. В якості методу виготовлення доцільно використовувати комбінований позитивний метод. Цей метод має такі переваги: можливість відтворення всіх типів друкованих елементів з високою роздільною здатністю; хороша надійність ізоляції; хороша міцність зчеплення металевих елементів плати з діелектричною основою [27].

2.5 Розробка друкованої плати

2.5.1 Розрахунки розмірів контактних майданчиків

Для вивідних елементів, а також елементів, що закріплені на корпусі і до плати приєднуються дроти від них, розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$D_{\text{км}} = d_{\text{в}} + \frac{3}{4} d_0 (\text{мм}), \quad (2.1)$$

де $d_{\text{в}}$ — діаметр вивода;

d_0 — діаметр отвору ($d_0 = d_{\text{в}} + 0,2$);

Формула призначена для розрахунку діаметрів отворів до 1,1 мм. Для більших діаметрів отворів замість 0,2 підбирається інше значення, яке буде задовольняти умовам обраного класу точності.

Результати розрахунку занесені до таблиці 2.7.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						28
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 — Розміри контактних майданчиків

Назва ЕРЕ	Діаметр виводу, мм	Діаметр отвору, мм	Діаметр КМ, мм
Кнопка KLS7	0,5	0,7	1,1
Atmega328p	0,6	0,8	1,4
WH1602B	0,8	1	1,6
Холдер батареї	1,2	1,4	2,2
Резистор змінний	0,8	1	1,6
Резистор підстроювальний	0,6	0,8	1,4
Роз'єм на програмування	0,8	1	1,8
Роз'єм на вентилятори	1	1,2	2

Для елементів поверхневого монтажу розрахунок розмірів контактних майданчиків проводиться за іншою формулою:

$$D_{\text{КМ}} = (l_e + 0,3) \cdot (b_e + 0,3) \text{ (мм)}, \quad (2.2)$$

де l_e та b_e — довжина та ширина поверхневого виводу елемента.

Результати розрахунків будуть занесені до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 — Розміри контактних майданчиків поверхневого монтажу

Назва ЕРЕ	l_e , мм	b_e , мм	$D_{\text{КМ}}$, мм
SMD Резистори	0,7	1,3	1,6
SMD Конденсатори, керамічні	0,7	1,3	1,6
SMD Конденсатори, електролітичні	4	2	9,9
Транзистори та мікросхеми Sot23	1	1,4	2,21
Діоди	2,1	2,3	6,23
Кварц	5,6	2,1	14,16
Мікросхема SOP8	0,7	1,1	1,4
Мікросхема TSSOP-8	0,7	1,1	1,4
Котушки індуктивності	2	5,8	14,3

2.5.2 Розрахунок площі друкованої плати

Площа плати розраховується за формулою:

$$S_{\text{плати}} = \sum s_{\text{ел}} kn, \quad (2.3)$$

де $S_{\text{ел}}$ – площа одного елементу;

k – коефіцієнт що залежить від розміру елемента;

n – кількість елементів.

Для зручності розрахунків площі всіх компонентів будуть занесені до таблиці 2.9, що подана нижче.

Таблиця 2.9 — Визначення площі компонентів

Назва ЕРЕ	Кількість, шт	Площа, мм ²	Коефіцієнт	Площа загалом, мм ²
1	2	3	4	5
Резистори 0805	37	7	1,00	259
Транзистори Sot23	17	11	1,00	187
Конденсатори 0805	16	7	1,00	112
Конденсатори полярні	4	65	1,00	260
Світлодіоди 0805	3	8	1,00	24
Діоди	5	27	1,00	135
Кнопки	3	80	1,50	360
Роз'єм USB	1	51	1,50	76,5
Роз'єми на вентилятор	2	174	1,50	522
Холдер для АКБ	1	1760	1,50	2640
FS8205A	1	27	1,50	40,5
MT3608 + DW01A	3	14	1,50	63
МК Atmega	1	416	2,00	832
Резистор змінний	2	200	2,00	800
Резистор підстроювальний	1	48	1,50	72
Кварц	1	77,5	1,50	116,25
Кріплення гвинтове	4	100	1,00	400
Дисплей	1	5394	1,50	8091
Індуктивність	4	50	2,00	400
Запобіжник	2	9	1,00	18
Загальна площа плати				15408,25

Загальна площа плати склала 15408,25 мм². Враховуючи те що дисплей частково знаходиться над платою і всіма компонентами (крім кнопок, регуляторів, вихідних роз'ємів та ін.) доцільну використовувати плату з площею 16000 мм², виходячи з цього розміри друкованої плати складають 160x100мм,

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						30
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього буде цілком достатнього для встановлення всіх компонентів а також проведення електричних з'єднань.

2.5.3 Визначення ширини провідників друкованого монтажу

За схемою електричною принциповою видно, що на платі присутні провідники різного призначення — силові та сигнальні, з різними значеннями прикладеної напруги. Тому необхідно обрати ширину провідника, спираючись на струм, що протікає через цей провідник [28]. Мінімально допустима ширина друкованого провідника з урахуванням рівня струму на нього визначається за наступною формулою:

$$t = \frac{I_{max}}{h_p \cdot j_p}, \quad (2.4)$$

де I_{max} — максимальний струм що протікає через провідник;

h_p — товщина шару металізації друкованої плати;

j_p — допустима щільність струму, що протікає через провідник.

Оскільки, для побудови друкованої плати, був обраний третій клас точності, то мінімальна ширина провідника, обумовлена конструктивними можливостями становить – 0,35 мм.

Товщину шару металізації беремо з попереднього пункту, вона складає 35 мм.

Допустима щільність струму у друкованому провіднику становить $20 \frac{A}{mm^2}$.

Максимальна сила струму у силових провідниках складає 1А, підставивши у формулу, отримаємо значення 1,45 мм. Максимальна силу струму у сигнальних провідниках складає 0,35А, підставивши у формулу отримаємо значення 0,55 мм.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.5.4 Визначення мінімальної відстані між елементами провідного рисунка

Найменша відстань S_{min} між елементами друкованого рисунка визначається за наступною формулою:

$$S_{min} = S + \Delta t, \quad (2.5)$$

де S — допустима відстань між провідниками за обраним класом точності;
 Δt — допуск на ширину провідника.

Для 3-го класу точності основні найменші номінальні значення елементів конструкції такі:

ширина провідника, $t = 0,25$ мм;

відстань між провідниками, $s = 0,25$ мм;

ширина гарантійного поясочка, $b = 0,10$ мм;

Отже, в нашому випадку:

$$S_{min} = 0,3 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

Тобто найменша відстань між елементами провідного рисунка становить 0,3 мм.

2.5.5 Топологія плати

Плата має прямокутну форму з розмірами 160x100 мм, отвори для кріплення знаходяться по кутах плати і мають діаметри 2,5 мм.

Друкована плата має три різних типи провідників які розраховані на певну напругу та струм. Тому для кожного типу було визначено потрібну ширину провідника і було занесено до таблиці 2.10.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						32
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 — Ширина провідників

Тип	Постійна напруга, В	Струм, до А	Ширина провідника, мм
Силовий	12	1	1,45
	5	1	1,45
Сигнальний	5	0,35	0,55

Трасування плати розроблюваного пристрою виконувалося за допомогою системи автоматизованого проектування друкованих плат Altium Designer.

В результаті трасування отримані топологічні шари які зображені на рисунках 2.5 та 2.6. Додатково показана 3D-модель друкованої плати на рисунку 2.7.

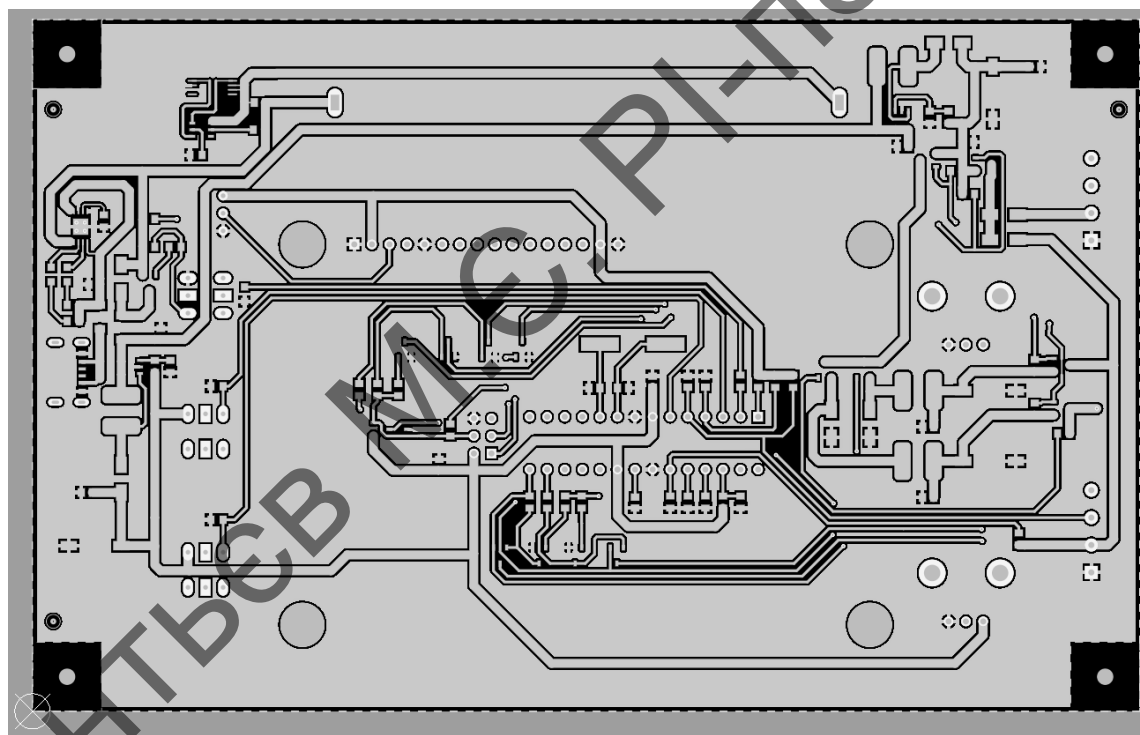


Рисунок 2.6 — Верхній топологічний шари

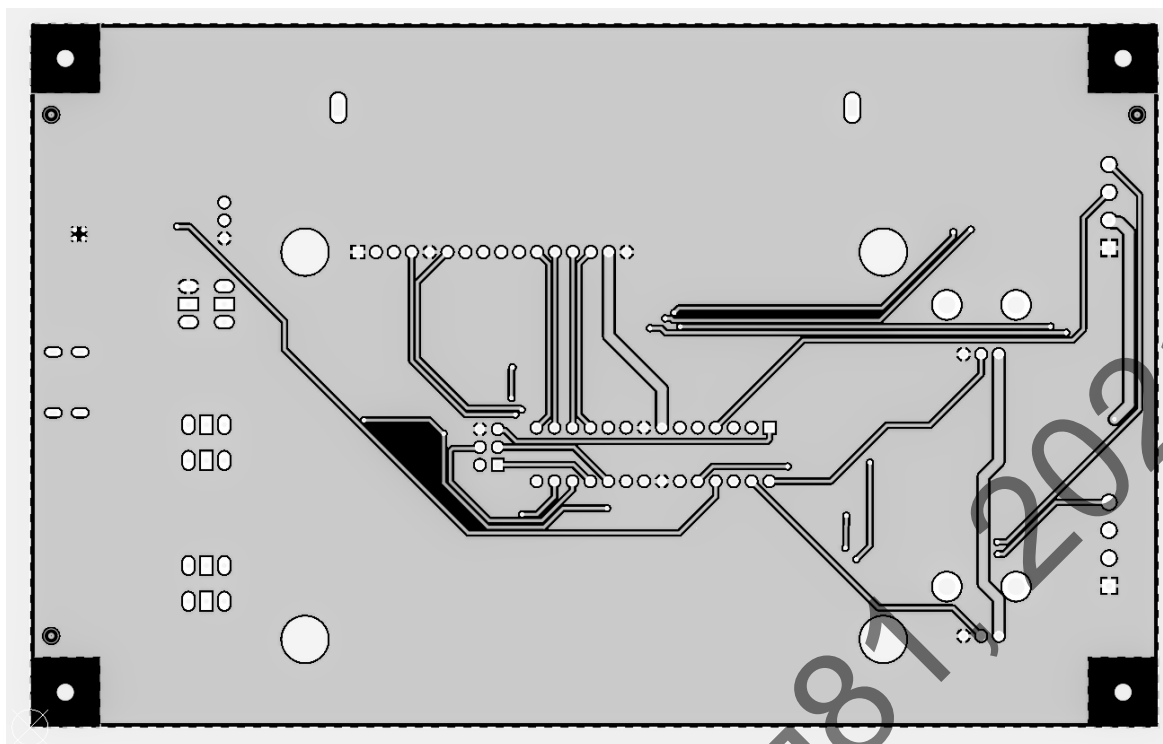


Рисунок 2.7 — Нижній топологічний шар

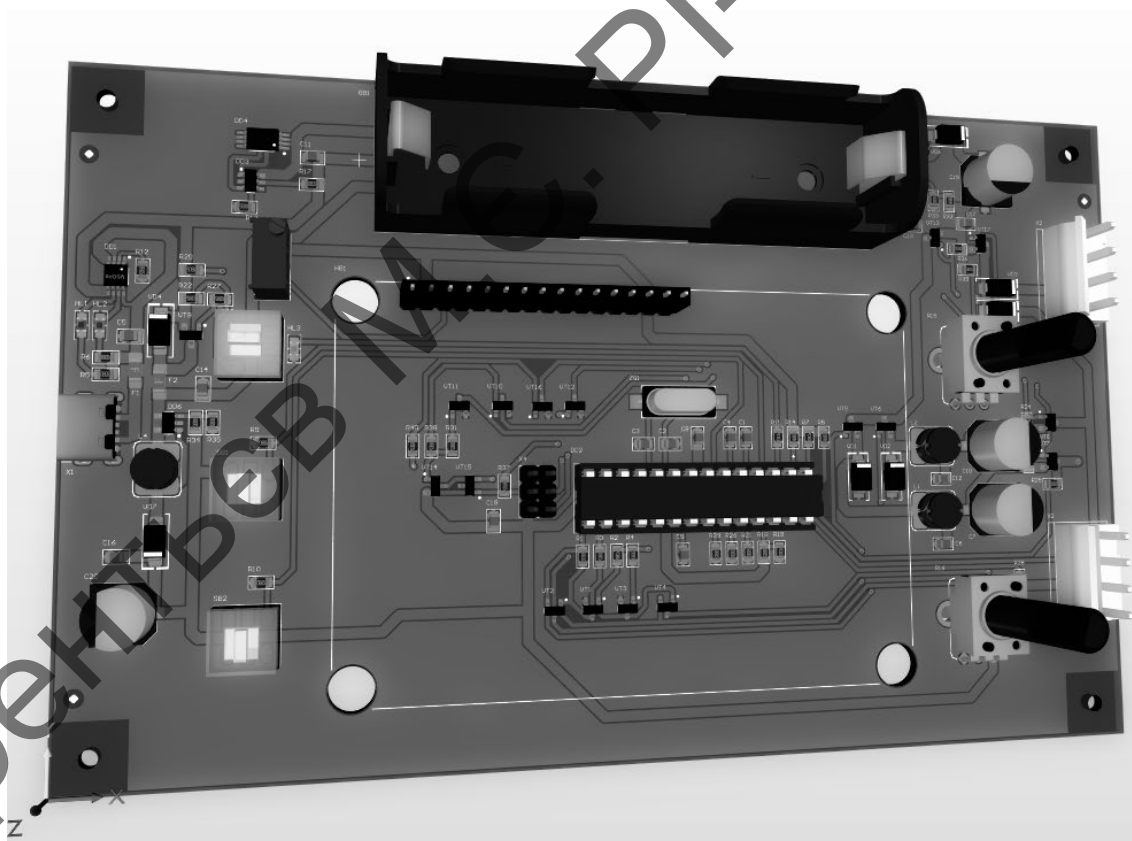


Рисунок 2.8 — Тривимірна модель плати

Отвори виконуються з металізацією, крім отворів у кутках плати. Там металізація не потрібна, оскільки це отвори для закріплення плати у корпусі. Усі

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

провідники, окрім контактних майданчиків закриті захисною маскою. Весь простір плати залитий шаром міді, який приєднаний до землі схеми.

2.6 Розробка конструкції пристрою

Корпус розроблений в програмному забезпеченні SolidWorks. Він складається з двох основних частин та чотирьох допоміжних деталей. Друкована плата встановлюється на стійки в нижній частині корпусу, кріпиться за допомогою чотирьох гвинтів M2, довжиною 16 мм. Дисплей кріпиться за допомогою стійок подовжувачів. На рисунках 2.9 та 2.10 зображена верхня та нижня кришки. Корпус виготовляється з ABS пластику за допомогою технології 3D друку.

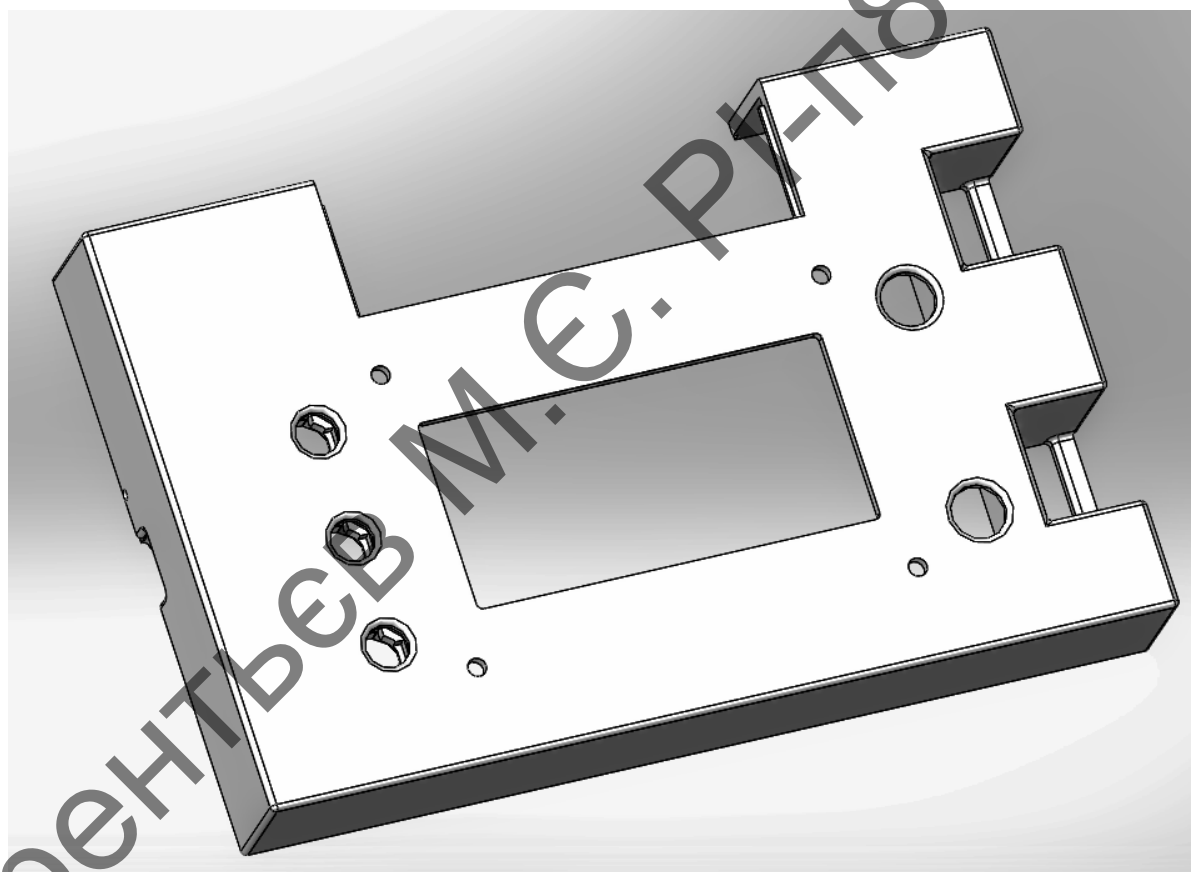


Рисунок 2.9 — Верхня кришка

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

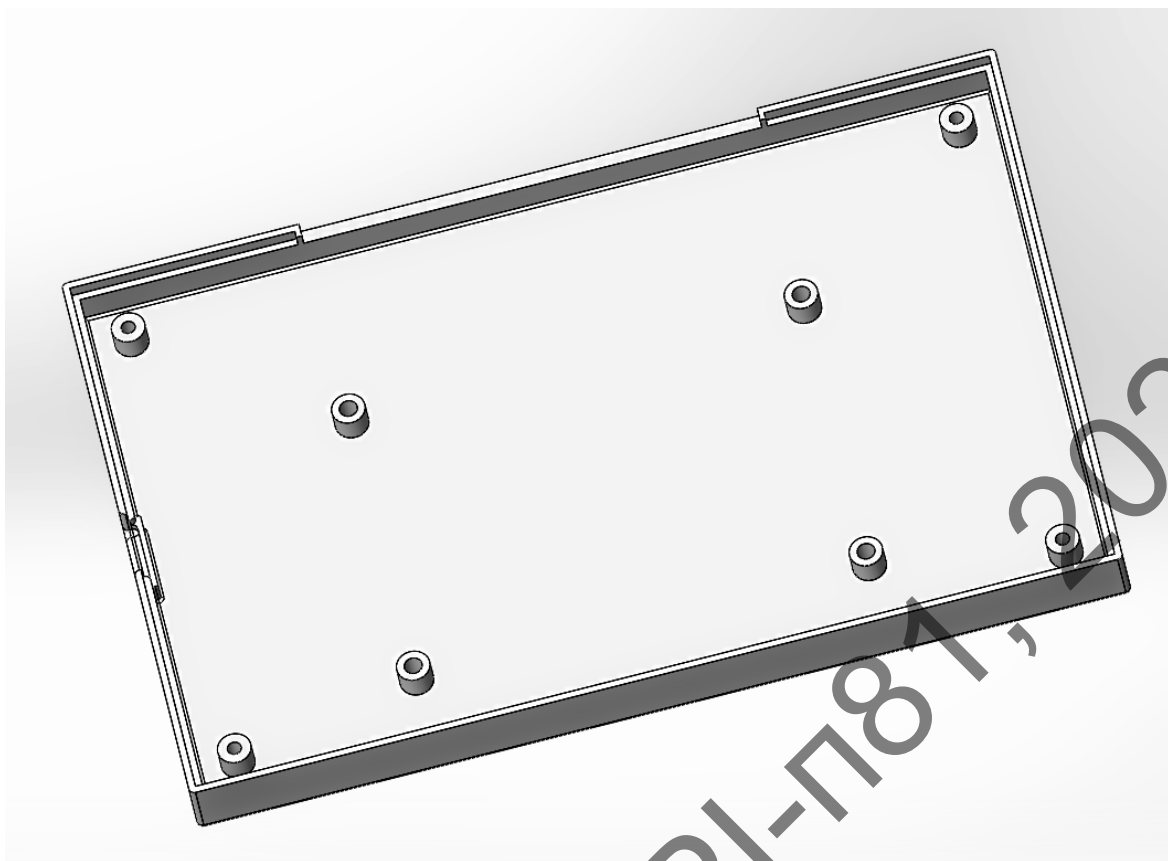


Рисунок 2.10 — Нижня кришка

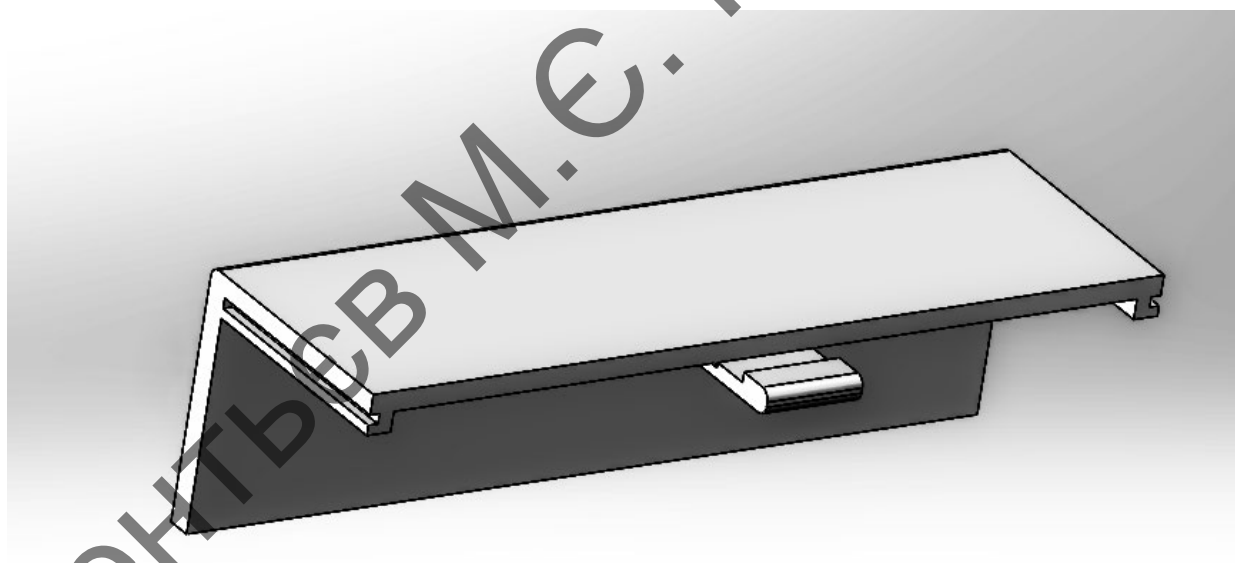


Рисунок 2.11 — Кришка відсіку акумулятора

На верхній кришці передбачений виріз під кришку для відсіку акумулятора, він зображений на рисунку 2.11, вирізи під дисплей і його кріплення, вирізи під кнопки керування та регулятори, а також вирізи під вихідні роз'єми. Збоку передбачені вирізи під індикатори зарядки.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

В якості допоміжних елементів використовуються подовжувачі для кнопок та захисна панель для захисту дисплея, вони зображені на рисунках 2.12 та 2.13.

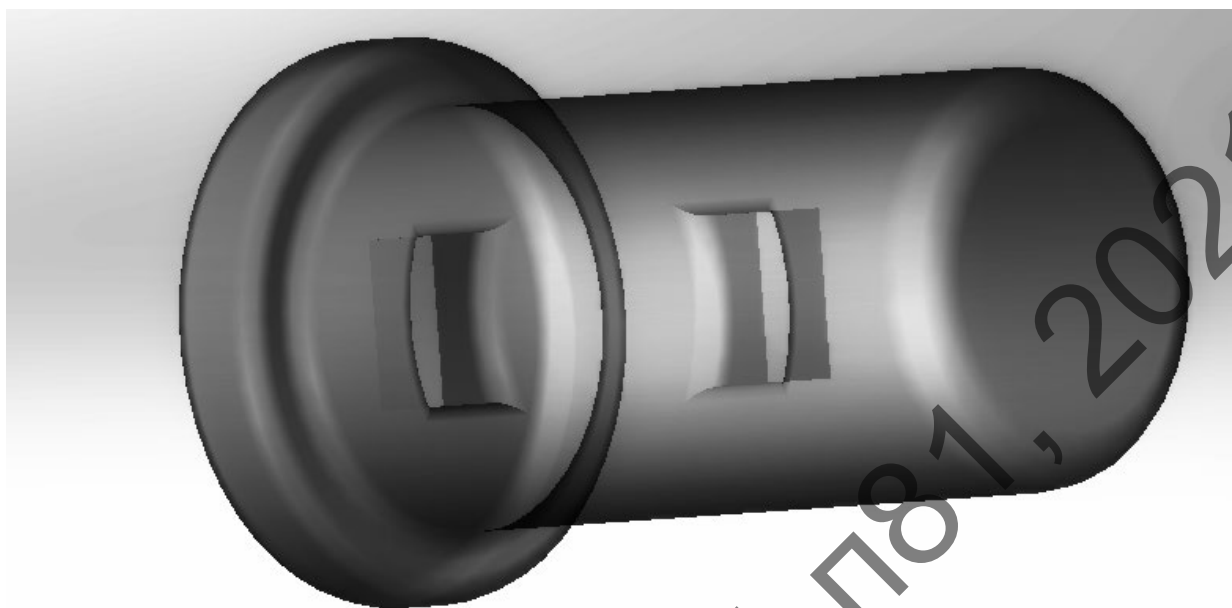


Рисунок 2.12 — Подовжувач кнопок

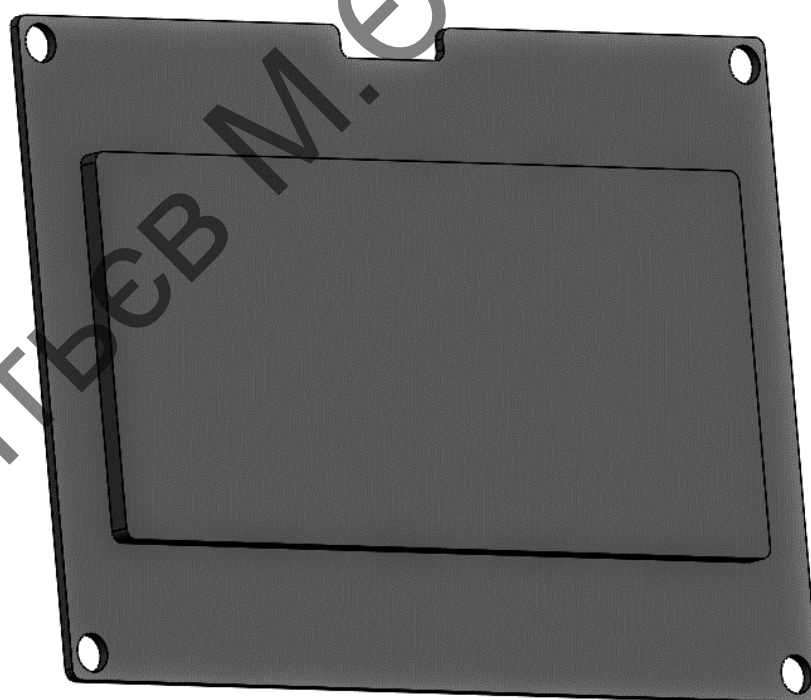


Рисунок 2.13 — Захисна панель для захисту дисплея

На рисунку 2.14 зображений готовий вигляд пристрою.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

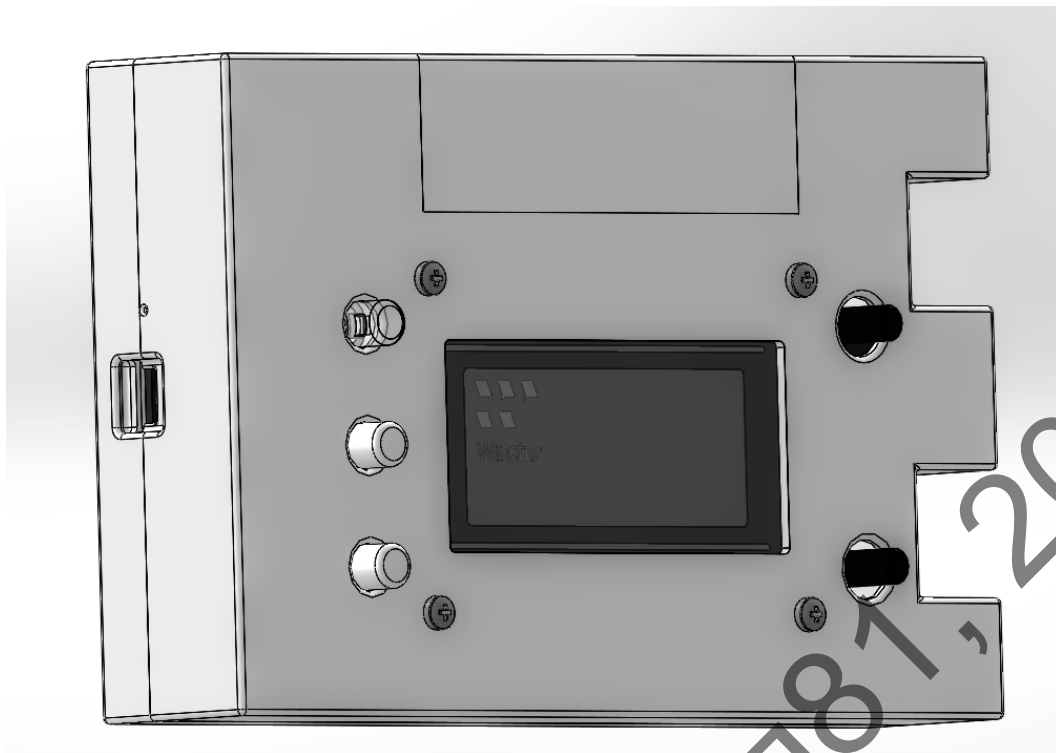


Рисунок 2.14 — Загальний вигляд пристрою

Отже розроблено конструкцію пристрою, відповідно до поставлених вимог і технічного завдання.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						38
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Оскільки пристрій повністю побудований на базі мікроконтролера Atmega 328p, для роботи з ним доцільно використовувати програмне забезпечення Arduino IDE. Воно дозволить програмувати мікроконтролер і спростить написання програмного забезпечення для роботи пристрою.

Для спрощення написання програмного забезпечення доцільно використовувати наступні бібліотеки, які необхідно встановити в середовище Arduino IDE:

- GyverPWM;
- OneButton;
- LiquidCrystal.

Для роботи з дисплеєм WINSTAR WH1602A, який побудований на базі контролера Sitronix ST7066 використовується бібліотека LiquidCrystal, вона дозволить виводити інформацію про роботу пристрою на дисплей, а також підтримує роботу в 4-х бітному режимі, який зменшив кількість необхідних виводів Atmega 328p для підключення дисплею.

Для роботи з ШІМ сигналом, доцільно використовувати бібліотеку GyverPWM, вона дозволяє обійти програмне обмеження Atmega 328p на максимальну частоту вихідного ШІМ сигналу в 500-1000 Гц, це дозволить керувати підключеними вентиляторами а також дозволить працювати з понижуючим DC-DC перетворювачем. Для правильної роботи схеми, частота вихідного ШІМ сигналу дорівнює 32 кГц та повинна мати розрядність 8 біт, це дасть нам можливість регулювати шпаруватість вихідного ШІМ сигналу в межах градації значень від 0 до 255. Регулювання шпаруватістю вихідного ШІМ сигналу реалізовано за рахунок змінних резисторів та стандартної можливості Arduino IDE, щодо зчитування рівня вхідного сигналу за допомогою команди analogRead. Оскільки завдяки цій команді межа градації отриманого значення сягає від 0 до 1023, значення що було отримане за допомогою команди analogRead буде ділитися на 4. Що забезпечить сумісність з бібліотекою керування вихідним ШІМ сигналом.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки кнопка SB1 буде програмно використовуватися для переми-
 кання між режимами відображення інформації на дисплеї, буде доцільно ви-
 користати бібліотеку OneButton, вона дозволить перемикатися між відобра-
 женням обох вихідних каналів пристрою. При подвійному натисканні вона до-
 зволить відображати напругу на акумуляторі. Робота з кнопкою SB2 буде за
 допомогою стандартних бібліотек Arduino IDE та команди digitalRead. Вона
 буде використовуватися для задання вихідного логічного рівня на контакті
 PB3, що використовується для апаратного перемикання режиму роботи схеми.

Для отримання поточного значення напруги на контактах PC0-PC3 бу-
 демо використовувати команду analogRead, що дозволяє вхідне визначити зна-
 чення напруги що було отримане після подільників напруги та за допомогою
 помноження цього значення на коефіцієнт ділення резисторного подільника
 напруги дозволить визначити фактичне значення напруги до резисторного
 дільника.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИСТРОЮ

При розробці пристрою необхідно забезпечити виконання певних функцій, при збереженні значень параметрів схеми в певних межах які задані в нормативно технічній документації, для певних умов експлуатації. Звідси виходить те що необхідно врахувати надійність, теплову і механічну дію на розроблювальний прилад.

4.1 Розрахунок надійності пристрою

Розрахунок надійності проводимо згідно ДСТУ-2862-94 [29].

Основними показниками надійності є:

$P(t)$ — ймовірність безвідмовної роботи;

$\lambda(t)$ — інтенсивність відмов;

T — середній час напрацювання до першої відмови;

$Q(t)$ — вірогідність відмови.

Розрахунок надійності полягає в визначенні показників надійності пристрою за відомими характеристиками надійності складових компонентів і умов експлуатації. Дані для розрахунку надійності зведені до таблиці 4.1.

N_i — кількість елементів;

K_n — коефіцієнт навантаження;

a_t — температурний коефіцієнт;

a_e — коефіцієнт, враховуючий умови експлуатації;

$$\lambda_p = \lambda_0 N_i K_n a_t a_e \quad (4.1)$$

Коефіцієнти навантаження ЕРЕ визначаються за формулами:

Для мікросхем:

$$K_n = \frac{\sum_{l=1}^n I_{\text{вх}}}{I_{\text{вихтах}}}, \quad (4.2)$$

де $I_{\text{вихтах}}$ — максимальний вихідний струм, А;

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						41
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\text{вх}}$ — вхідний струм мікросхем, А;

n — число навантажених входів.

Для резисторів:

$$K_H = \frac{P}{P_{\text{доп}}}, \quad (4.3)$$

де $P_{\text{доп}}$ — розсіювана потужність.

Для конденсаторів:

$$K_H = \frac{U}{U_{\text{доп}}}, \quad (4.4)$$

де $U_{\text{доп}}$ — напруга на обкладках, В.

Таблиця 4.1 — Дані для розрахунку надійності

Найменування ЕРЕ	N, шт	$\lambda_0 \cdot 10^{-9}, \frac{1}{\text{год}}$	K_H	a_t	a_e	$\lambda_p \cdot 10^{-9}, \frac{1}{\text{год}}$
Конденсатор 0805	16	3,3	0,1	0,45	10	23,7
Конденсатор полярний	4	3,3	0,1	0,45	10	6
Резистор 0805	40	0,4	0,1	0,9	9	13
Транзистори	17	3	0,05	1,2	10	30,6
Мікросхеми	6	2	0,25	2	10	60
Дисплей	1	2	0,3	2	9	10,8
Роз'єми	4	1	0,2	0,45	10	3,6
Кнопки	3	2,2	0,12	1,1	10	8,7
Індуктивності	4	0,4	0,1	0,9	10	1,4
Діоди	7	2,5	0,05	1,2	10	10,5
Кварц	1	1,5	0,1	0,9	9	1,2
Резистори змінні	3	1,2	0,12	1	9	4
Друкована плата	1	2	1	1	10	20
Всього						193,4

Середній час напрацювання на відмову розрахуємо за формулою:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{193,4 \cdot 10^{-9}} = 52000 \text{ (год)}. \quad (4.5)$$

Відповідно до отриманих розрахунків час напрацювання на відмову становить 2166 дня безперервної роботи приладу.

Вірогідність безвідмовної роботи приладу протягом одного року визначмо за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda_p \cdot t} = 0,99. \quad (4.6)$$

Вірогідність відмови за 1 рік експлуатації розраховується за формулою:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 0,0098. \quad (4.7)$$

Отримані значення цілком відповідають вимогам технічного завдання щодо терміну безвідмовної роботи пристрою. Для пристрою можна запропонувати термін гарантійної служби строком 2 роки.

4.2 Розрахунок віброміцності

Розрахунок віброміцності виконано згідно до методики описаної в [30].

Вхідні данні:

- довжина плати $a = 0,160 \text{ м}$;
- ширина плати $b = 0,100 \text{ м}$;
- товщина плати $h = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Матеріалом друкованої плати обрано фольгований двосторонній скло-текстоліт FR4 з такими параметрами:

- щільність $\rho = 1,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;
- модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$.

Маса елементів що встановлені на платі $m_e = 0,2 \text{ кг}$.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						43
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо приведену масу друкованої плати за формулою:

$$m_n = \rho h, \quad (4.8)$$

$$m_n = 1,9 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 3,8 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \right). \quad (4.9)$$

Приведена маса друкованої плати дорівнює $3,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

Розрахуємо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n + m_e, \quad (4.10)$$

$$m = 3,8 + 0,2 = 4 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \right). \quad (4.11)$$

Приведена маса плати з деталями дорівнює $4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\xi^2)}, \quad (4.12)$$

$$D = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3}{12(1-0,22^2)} = 21,2 \text{ (Нм)}. \quad (4.13)$$

Циліндрична жорсткість дорівнює 21,2 Нм.

Розрахуємо значення функції $\phi(\beta)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\phi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1+1,621 \cdot \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1+1,621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}}, \quad (4.14)$$

де $\beta = \frac{a}{b} = \frac{160}{100} = 1,6$ — коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\phi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1+1,621 \cdot \frac{0,22}{1,6} + \frac{1}{1,6^2}}{1+1,621 \cdot \frac{1}{1,6^3} + \frac{1}{1,6^6}}} = 10,6. \quad (4.15)$$

Значення функції $\phi(\beta) = 10,6$. Розрахуємо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\phi(\beta)}{2\pi\alpha^2} \sqrt{\frac{D}{m}}, \quad (4.16)$$

$$f_0 = \frac{10,6}{2\pi \cdot 0,16^2} \cdot \sqrt{\frac{21,2}{4}} = 152 \text{ (Гц)}. \quad (4.17)$$

Так як резонансна частота плати $f_0 = 152$ гц в два рази перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f=60$ Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги віброміцності.

4.3 Розрахунок теплового впливу

Оскільки в схемі був використаний лінійний стабілізатор у вигляді мікросхеми для зарядки акумулятора TP4056, потрібно розрахувати його тепловий вплив на схему, оскільки лінійні стабілізатори переводять різницю напруги у тепло. Розрахувати потужність яка переходить в тепло можна за формулою:

$$P_{\text{вт}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}}) \cdot I_{\text{вих}}, \quad (4.18)$$

де $U_{\text{вх}}$ — вхідна напруга стабілізатора;

$U_{\text{вих}}$ — вихідна напруга стабілізатора;

$I_{\text{вих}}$ — вихідний струм.

Розрахуємо значення потужності яка переходить у тепло:

$$P_{\text{вт}} = (5 - 3) \cdot 1 = 2 \text{ Вт}, \quad (4.19)$$

Оскільки потужність цієї мікросхеми, яка переходить у тепло, складає 2 Вт, розрахуємо тепловий режим, враховуючи всі елементи плати. За теплову

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						45
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужність нагрітої зони візьмемо найгірший можливий варіант 5 Вт. Розрахунки будемо проводити за допомогою програми BlockTermo.

Розрахунки:

ВХІДНІ ДАНІ:

розміри корпусу, мм

ширина $B = 169$

довжина $L = 109$

висота $H = 40$

розміри нагрітої зони, мм

ширина $b = 160$

довжина $l = 100$

висота $h = 22$

координати нагрітої зони відносно центру блока, мм

$c_x = 0$

$c_y = 0$

$c_z = 0$

теплова потужність нагрітої зони, Вт

$N = 5.0$

температура оточуючого середовища, град С

$(T)_{oc} = 20.0$

товщина стінки корпусу, мм

$dst = 2.0$

критерій теплопровідності матеріала стінки, Вт/м.К

$lam = 0.2$

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ:

температури, град С:

оточуючого середовища $(t_0)_п = 20.0$

стінок корпусу:

зовнішня $(t_1)_k = 29.7$

внутрішня $(t_2)_k = 30.7$

середньоповерхнева

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						46
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрітої зони $(t_3)_z = 43.4$

повітря у корпусі $(t_4)_p = 37.1$

перепад температур на стінці, град С:

$$\Delta t = 1.00$$

критерії тепловіддачі:

для поверхні корпусу $\alpha_{fk} = 10.3 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

для нагрітої зони $\alpha_{fz} = 9.1 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

для внутрішньої поверхні $\alpha_{fv} = 10.8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

еквівалентний $k_{ekv} = 5.0 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

ефективна площа охолоджуваної

поверхні корпусу, м^2 $(S)_{eff} = 0.050$

Оскільки максимальний нагрів EPE в такому режимі сягає 43.4 градусів і воно є в допустимих межах, то обраного охолодження через металізацію плати достатньо для нормальної роботи схеми.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						47
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу відомих схемних рішень для керування вентиляторами, обрано комбіноване рішення, в якому реалізується можливість переключення між керуванням по напрузі та керуванням за допомогою ШІМ. Актуальність роботи визначається відсутністю готових рішень пристроїв для перевірки комп'ютерних вентиляторів.

Основними недоліками існуючих рішень для керування вентиляторами під час їх експлуатації і реалізації, є:

- необхідність живлення від джерела живлення;
- складність реалізації;
- великі розміри.

Вони були усунені при розробці даного пристрою.

Розроблено структурну схему пристрою на базі мікроконтролера для керування вентиляторами. Створено електричну принципову схему пристрою здійснено вибір радіоелементів та розроблено необхідну конструкторську документацію для виготовлення універсального пристрою для перевірки комп'ютерних вентиляторів.

Результати проведеного під час проектування аналізу надійності пристрою показують:

- 1) середній час на відмову складає не менше 52 тис. годин;
- 2) максимальна температура в блоці не перевищує 43.4 градусів;
- 3) резонансна частота плати перевищує максимальну частоту вібраційних впливів в 2 рази;
- 4) габаритні розміри пристрою складають ширина 169 мм, довжина 109 мм, висота 47 мм;

що задовольняє вимогам технічного завдання.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						48
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. MSI Z370 TOMAHAWK MSI MS-7B47 Rev:1.0 Схема [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://smd.db-x7.ru/load/skhemy_materinskikh_plat/msi/msi_z370_tomahawk_msi_ms_7b47_rev_1_0_skhema/285-1-0-7522.

2. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

[Чинний від 1971-01-01]. Москва, 1969. 81 с.

3. ГОСТ 16019-2001 Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний.

[Чинний від 2002-01-01]. Мінськ, 2001. 12 с.

4. Розробка buck-перетворювача на STM32F334: принцип роботи, розрахунки, макетування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/432778/>.

5. Thick Film Chip Resistor. General Purpose RC Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.hitano.com.tw/wp-content/uploads/doc/RC_20210408.pdf.

6. R9011-1-10K [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datasheet.octopart.com/R9011-1-10K-SR-Passives-datasheet-68326998.pdf>.

7. KLS4-3296 Cermet Potentiometer Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/cls4-3296-datasheet.pdf>.

8. Multilayer Chip Ceramic Capacitor - C Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.hitano.com.tw/wp-content/uploads/doc/MLCC-Approval_20200916.pdf.

9. SMD Aluminum Electrolytic Capacitors – ELV Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.hitano.com.tw/wp-content/uploads/doc/ELV_20200810.pdf.

					ПІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. SMD Aluminum Electrolytic Capacitors – EZV Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.hitano.com.tw/wp-content/uploads/doc/EZV_20200312.pdf.

11. SND TYPE SMD POWER INDUCTOR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/SND.pdf>.

12. Quartz Crystal SMD-version [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/item-pdf/f263eecb8f48f639f456eb087376f6aa/ps/geyer~kx-k.pdf>.

13. TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>.

14. DW01A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://hmsemi.com/downfile/DW01A.PDF>.

15. FS8205A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/2010271837_FUXINSEMI-FS8205A_C908265.pdf.

16. MT3608 AEROSEMI High Efficiency 1.2MHz 2A Step Up Converter [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf>.

17. ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061B.pdf>.

18. WH1602A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.winstar.com.tw/uploads/files/d63a729f5149d6f4bd44bd186641c72d.pdf>.

19. SS32A THRU SS310A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datasheetpdf.com/pdf-file/1237472/Kingtronics/SS34A>.

20. 1N4007 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf2.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/7979784/2484/1N4007.html>.

					ПІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						50
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. BC817 series 45 V, 500 mA NPN general-purpose transistors [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/BC817_SER.pdf.

22. IRLML6402TRPBF HEXFET Power MOSFET [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infineon.com/dgdl/irlml6402pbf.pdf?fileId=5546d462533600a401535668d5c2263c>.

23. IRLML2402TRPBF HEXFET Power MOSFET [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infineon.com/dgdl/irlml2402pbf.pdf?fileId=5546d462533600a401535664e5ef25fa>.

24. KLS9-L Flux LED Lamp Series [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://panda-bg.com/datasheet/2707-090207-LED-5-mm-KLS9-L-RED-diffused.pdf>.

25. USB type C Female CONN.6P, SMD [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://img80002547.weyesimg.com/uploads/www.klselectronic.com/addon/15659203019662.pdf>.

26. Матеріали для друкованих плат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://audioakustika.ru/node/1327>.

27. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnihplat/kombinirovannye-metody.html>.

28. Зіньковський Ю. Ф. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів: Методичні рекомендації до виконання розрахункових та контрольних робіт / Ю. Ф. Зіньковський. – Київ: НТУУ "КПІ", 2012. – 56 с.

29. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. [Чинний від 1997-01-01]. Київ, 1997. 84 с.


30. Лескін В. Ф. Методичні вказівки по конструкторсько-технологічному і електричному розрахунку друкованих плат / В. Ф. Лескін. – Київ: НТУУ "КПІ", 2010.

					РІ-п81.468222.001 ПЗ	Арк.
						51
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту



(підпис)

ст. викл. Головня В.М.

(керівник)

12 червня 2021 р.

(дата)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри радіоконструювання
та виробництва радіоапаратури



(підпис)

д.т.н., проф. Нелін Є.А.

(завідувач кафедри КіВРА)

14 червня 2021 р.

(дата)

М.П.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Універсальний пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів

Universal device for checking computer fans

Київ 2021

1 Найменування та область застосування

Прилад для тестування комп'ютерних вентиляторів.

Застосування: тестування комп'ютерних вентиляторів, визначення їх працездатності та інших показників.

2 Підстава для розробки

Підставою до виконання є завдання, видане кафедрою КіВРА.

3 Мета та призначення розробки

Розробка приладу для тестування комп'ютерних вентиляторів з можливістю швидкого визначення їх характеристик.

4 Склад продукції

Робоче місце налагоджувальника і регулювальника РЕЗ.

Група виробів - стаціонарні РЕЗ, що працюють в опалювальних приміщеннях відповідно до ГОСТ 16019-2001.

5 Технічні вимоги

5.1 Показники призначення

- живлення від літєвого акумулятора, (3.5-4.2) В (постійний струм);
- максимальний вихідний струм 500 мА;
- генерація ШІМ сигналу зі змінною шпаруватістю.

5.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

- температура навколишнього середовища від 15°C до 25 °C (288...308) К;
- атмосферний тиск (96...104) кПа (720...780) мм рт. ст.;
- відносна вологість повітря 70% при 303 К (30 °C);
- вібраційні навантаження, які відповідають лабораторним умовам експлуатації.

5.3 Вимоги надійності

Час безвідмовної роботи 17520 години або 2 роки.

6 Вимоги до конструкції

Конструктивне виконання – моноблок, який повинен встановлюватися на горизонтальних поверхнях. Пристрій розмістити в спроектованому для нього корпусі.

Конструкція виробу повинна бути портативною, з габаритними розмірами не більше 200мм (довжина), 200мм (ширина). Живлення пристрою здійснюється від вбудованого в виріб акумулятора

Габаритні розміри і маса повинні забезпечувати зручне перенесення приладу однією рукою людини.

Типи і технічні характеристики елементної бази, що використовується повинні задовольняти показниками призначення та умов експлуатації пристрою для тестування.

Виріб складається з печатної плати, дисплеєм, механізмами керування розміщеними в корпусі.

7 Вимоги уніфікації та стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну базу та матеріали.

8 Вимоги до дизайну, ергономіки та технічної естетики

Колір корпусу — не регламентовано.

Прилад повинен зовнішньо бути схожим на моноблок.

В корпусі мають бути отвори для вихідних роз'ємів, роз'єму для зарядки, та індикатора, відсік для акумулятора та інші.

9 Вимоги до експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Пристрій повинен бути розбірним для забезпечення легкого доступу при експлуатації та ремонті.

10 Вимоги щодо метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації

Виріб повинен відповідати ГОСТ 10374-82.

11 Вимоги до безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки, а саме ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88.

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

12 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ

В конструкції повинні бути використані деталі та матеріали, які серійно випускає промисловість та які дозволені до застосування в електронних засобах загального призначення.

13 Вимоги до консервації, пакування і маркування

Маркування не регламентовано.

Також потрібно нанести тип (модель) виробу.

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко-повітряну плівку, вставити в коробку з пінопласту та помістити в картонну коробку.

Консервація: не передбачено.

14 Вимоги до розроблюваної документації

Оформлення документації згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація (пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на друкований вузол).
2. Графічна документація загальним обсягом не менше 3 аркушів А1 (схема електрична структурна, схема електрична принципова, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла, плакат з ілюстрацією корпусу).

15 Стадії і етапи дипломного проектування

Робота виконується в 10 етапів.

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Провести огляд існуючих рішень	12.04.2021-18.04.2021	
2	Провести аналіз технічного завдання	19.04.2021-21.04.2021	
3	Розробити структурну схему пристрою	22.04.2021-25.04.2021	
4	Розробити електричну принципову схему пристрою	26.04.2021-03.05.2021	
5	Провести вибір елементної бази	04.05.2021-09.05.2021	
6	Розробити друковану плату	10.05.2021-16.05.2021	
7	Розробити конструкцію пристрою	17.05.2021-28.05.2021	
8	Проаналізувати програмне забезпечення	29.04.2021-31.05.2021	
9	Перевірити пристрій на працездатність	01.06.2021-06.06.2021	
10	Представити роботу на попередній захист	07.06.2021	Кресленики і додатки

ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни;
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику;
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату;
4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту;
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Лавр
(підпис)

Лаврентьєв М.Є.
(виконавець)

(дата)

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Конденсатори</u>		
C1	C0805B224K500N3 – Hitano 220 нФ 50 В	1	
C2, C3	C0805N220J500NT – Hitano 22 пФ 50 В	2	
C4	C0805B224K500N3 – Hitano 220 нФ 50 В	1	
C5	C0805B223K500NT – Hitano 22 нФ 50 В	1	
C6	C0805B475K160N3 – Hitano 4,7 мкФ 16 В	1	
C7	EZV471M16RE – Hitano 470 мкФ 16 В	1	
C8	C0805B224K500N3 – Hitano 220 нФ 50 В	1	
C9	C0805B102J500NT – Hitano 1 нФ 50 В	1	
C10	EZV471M16RE – Hitano 470 мкФ 16 В	1	
C11	C0805B223K500NT – Hitano 22 нФ 50 В	1	
C12	C0805B475K160N3 – Hitano 4,7 мкФ 16 В	1	
C13-C18	C0805B223K500NT – Hitano 22 нФ 50 В	6	
C19, C20	ELV331M16RE – Hitano 330 мкФ 16 В	2	
	<u>Мікросхеми</u>		
DD1	TP4056 – NanJing	1	
DD2	ATmega328P-PU – Atmel	1	
DD3	DW01A – HMsemi	1	
DD4	FS8205A – CanSheng	1	
DD5, DD6	MT3608 – AeroSemi	2	

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
F1, F2	Запобіжник KLS5-SMD1206-2A63V	2	
GB1	Відсік для батареї PCB-18650-1	1	
HG1	Дисплей WH1602A – Winstar	1	
	<u>Світлодіоди</u>		
HL1	KLS9-L-0805UBC – KLS	1	
HL2	KLS9-L-0805URC – KLS	1	
HL3	KLS9-L-0805E/GC – KLS	1	
	<u>Індуктивності</u>		
L1, L2	SND0705-271M – AnlaTech 270 мкГн	2	
L3, L4	SND0705-220M – AnlaTech 22 мкГн	2	
	<u>Резистори</u>		
R1	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт	1	
R2	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт	1	
R3	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт	1	
R4-R6	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт	3	
R7-R10	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт	4	
R11	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт	1	
R12	RC0805JR-1K2R – Hitano 1,2 кОм 0,125 Вт	1	
R13	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт	1	
PI-p81.468222.001 ПЕ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис Дата

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
R14	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R15, R16	R9011-1-10K – SR PASSIVES 10 кОм	2	
R17	RC0805FR-100R – Hitano 100 Ом 0,125 Вм	1	
R18	RC0805FR-100KR – Hitano 100 кОм 0,125 Вм	1	
R19	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R20	RC0805FR-100KR – Hitano 100 кОм 0,125 Вм	1	
R21	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R22	RC0805FR-100KR – Hitano 100 кОм 0,125 Вм	1	
R23, R24	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	2	
R25	RC0805FR-100KR – Hitano 100 кОм 0,125 Вм	1	
R26, R27	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	2	
R28	RC0805FR-100KR – Hitano 100 кОм 0,125 Вм	1	
R29	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R30	KLS4-3296W-103 – KLS 10 кОм	1	
R31	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вм	1	
R32	RC0805FR-46K4 – Hitano 46,4 кОм 0,125 Вм	1	
R33	RC0805FR-2K2R – Hitano 2,2 кОм 0,125 Вм	1	
R34	RC0805FR-16K2R – Hitano 16,2 кОм 0,125 Вм	1	
R35	RC0805FR-2K2R – Hitano 2,2 кОм 0,125 Вм	1	
R36	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R37, R38	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вм	2	
R39	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вм	1	
R40	RC0805JR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вм	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	PI-п81.468222.001 ПЕ	Арк.
						3

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Діоди</u>		
VD1, VD2	SS34A – KINGTRONICS	2	
VD3	1N4007 – Toshiba	1	
VD4	SS34A – KINGTRONICS	1	
VD5	1N4007 – Toshiba	1	
VD6, VD7	SS34A – KINGTRONICS	2	
	<u>Транзистори</u>		
VT1	BC817-40 – NXP	1	
VT2	IRLML6402TRPBF – Infineon	1	
VT3	BC817-40 – NXP	1	
VT4	IRLML6402TRPBF – Infineon	1	
VT5, VT6	IRLML2402TRPBF – Infineon	2	
VT7-VT9	IRLML6402TRPBF – Infineon	3	
VT10-VT12	BC817-40 – NXP	3	
VT13, VT14	IRLML6402TRPBF – Infineon	2	
VT15	IRLML2402TRPBF – Infineon	1	
VT16	BC817-40 – NXP	1	
VT17	IRLML6402TRPBF – Infineon	1	
	<u>Кнопки</u>		
SB1, SB2	KLS7-P8.5X8.5B-0 – KLS	2	
SB3	KLS7-P8.5X8.5B-1 – KLS	1	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
A2			PI-п81.468222.002 СК	Друкований вузол		
				<u>Документація</u>		
				<u>Деталі</u>		
		1	PI-п81.758724.001	Друківана плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатор Hitano 220 нФ 50 В ±5%	3	
				Конденсатор Hitano 22 пФ 50 В ±5%	2	
				Конденсатор Hitano 22 нФ 50 В ±5%	8	
				Конденсатор Hitano 4,7 мкФ 16 В ±5%	2	
				Конденсатор Hitano 470 мкФ 16 В ±5%	2	
				Конденсатор Hitano 1 нФ 50 В ±5%	1	
				Конденсатор Hitano 330 мкФ 16 В ±5%	2	
				Мікросхема TP4056	1	
				Мікросхема ATmega328P-PU	1	
				Мікросхема DW01A	1	
				Мікросхема FS8205A	1	
				Мікросхема MT3608	2	
				Запобіжник KLS5-SMD1206-2A63V	2	
				PI-п81.468222.002		
		№ докум.	Підпис	Дата		
Разраб.	Лаврентьев				Лім.	Арк
Пров.	Головня В.					Аркушів
Т.конт						1
Н.конт	Попсуй В.І				3	
Затв.					Друкований вузол	
				НТУУ «КПІ» РТФ		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				Відсік для батареї PCB-18650-1	1	
				Дисплей WH1602A	1	
				Світлодіод KLS9-L-0805UBC	1	
				Світлодіод KLS9-L-0805URC	1	
				Світлодіод KLS9-L-0805E/GC	1	
				Індуктивність AnlaTech SND0705-271M $\pm 10\%$	2	
				Індуктивність AnlaTech SND0705-220M $\pm 10\%$	2	
				Резистор Hitano 10 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	16	
				Резистор Hitano 1 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	10	
				Резистор Hitano 1,2 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	1	
				Резистор змінний SR PASSIVES 10 кОм $\pm 5\%$	2	
				Резистор Hitano 100 Ом 0,125 Вт $\pm 5\%$	1	
				Резистор Hitano 100 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	5	
				Резистор підстроювальний KLS 10 кОм $\pm 5\%$	1	
				Резистор Hitano 46,4 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	1	
				Резистор Hitano 2,2 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	2	
				Резистор Hitano 16,2 кОм 0,125 Вт $\pm 5\%$	1	
				Діод KINGTRONICS SS34A	4	
				Діод Toshiba 1N4007	2	
				Транзистор NXP BC817-40	6	
				Транзистор Infineon IRLML6402TRPBF	8	
				Транзистор Infineon IRLML2402TRPBF	3	
				PI-п81.468222.002		Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

ДОДАТОК Д
ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI-п81.468222.001.ТЗ	Завдання на дипломний проект	5	
2	A4	PI-п81.468222.001 ПЗ	Пояснювальна записка	67	
3	A2	PI-п81.468222.001 Е1	Схема електрична структурна	1	
4	A2	PI-п81.468222.001 Е3	Схема електрична принципова	1	
5	A3	PI-п81.758724.001	Друкована плата	1	
6	A2	PI-п81.468222.001 СК	Складальне креслення пристрою	1	
7	A2	PI-п81.468222.001 СК	Складальне креслення друкованої плати	1	

				PI-п81.468222.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Універсальний пристрій для перевірки комп'ютерних вентиляторів	Лист	Листів
Розробн.	Лаврентьев М	<i>Лавр</i>			67	67
Керівн.	Головня В.М.	<i>ВМ</i>			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КіВРА,Гр. PI-81	
Н/контр.	Попсуй В.І.					
Зав.каф.	Нелін Є.А.	<i>Є.Нелін</i>				