

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

Андрій МОВЧАНЮК

«13» 06 2024р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології
радіоелектронної техніки»

спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
на тему: «Апаратура радіокерування з елементами автопілоту»

Виконав:

студент IV курсу, групи РЕ-01

Яцух Олександр Русланович

Прізвище, ім'я та по батькові

підпис

Керівник:

Доцент, к.т.н. Шмельга Аліна Вікторівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові

підпис

Рецензент:

Доцент, к.т.н. Шпилька Олександр Олександрович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові

підпис

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

Студент

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|--------------------|---|------------------|----------|
| 1 | A4 | PE01.468324.001 | Технічне завдання | 4 | |
| 2 | A4 | PE01.468324.001 ПЗ | Пояснювальна записка | 72 | |
| 3 | A3 | PE01.468324.001 ЕЗ | Схема електрична принципова передавача | 1 | |
| 4 | A3 | PE01.468324.001 ЕЗ | Схема електрична принципова приймача | 1 | |
| 5 | A4 | PE01.468324.001 ПЕ | Перелік елементів передавача | 3 | |
| 6 | A4 | PE01.468324.001 ПЕ | Перелік елементів приймача | 2 | |
| 7 | A3 | PE01.758724.001 | Креслення друкованої плати передавача | 2 | |
| 8 | A3 | PE01.758723.001 | Креслення друкованої плати приймача | 2 | |
| 9 | A3 | PE01.468424.001 СК | Креслення електронного модуля передавача | 1 | |
| 10 | A3 | PE01.468424.001 СК | Креслення електронного модуля приймача | 1 | |
| 11 | A3 | PE01.468424.001 | Специфікація на електронний модуль передавача | 3 | |
| 12 | A3 | PE01.468424.001 | Специфікація на електронний модуль приймача | 2 | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|-------------|-------|------|--|--------|
| | | | | | |
| | ПІБ | Підп. | Дата | | |
| Розробн. | Яцух О. Р. | | | Лист | Листів |
| Керівн. | Шульга А.В. | | | 1 | 1 |
| Консульт. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ, Гр. РЕ-01 | |
| Н/контр. | | | | | |
| Зав.каф. | | | | | |
| | | | | Відомість дипломного проєкту | |

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

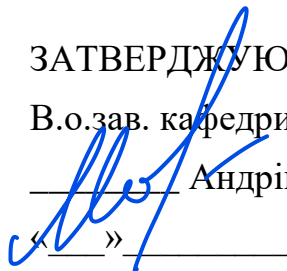
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Електронні комунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК

«___» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Яцуху Олександрю Руслановичу

1. Тема проєкту «Апаратура радіокерування з елементами автопілоту», керівник проєкту доцент, к.т.н. Шульга Аліна Вікторівна, затверджені наказом по університету від «29» травня 2024 р. №2178-с
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 року
3. Вихідні дані до проєкту: вбудовані режими автономної роботи, частота радіокерування 915МГц, дальність дії до 1000м, широкий діапазон робочої напруги, сенсорне керування, ергономічність та дизайн апаратури радіокерування, дальність до 1000м, робоча частота 915МГц, робоча напруга в діапазоні 6В – 28В.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, аналіз існуючого стану об'єкту, обґрунтування схемотехнічного завдання, проектування електронного модуля, проектування приладу, розрахунок вартості пристрою, висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема електрична принципова передавача; схема електрична принципова приймача; перелік елементів передавача; перелік елементів приймача; креслення друкованої плати передавача; креслення друкованої плати приймача; креслення електронного модуля передавача; креслення електронного модуля приймача; презентація.

6. Дата видачі завдання 01 травня 2024 року

Календарний план

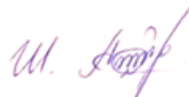
| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|-------|--|---------------------------------|----------|
| 1. | Огляд існуючих рішень | 01.05.24 - 04.05.24 | Виконано |
| 2. | Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення, синтез схеми електричної структурної | 05.05.24 - 9.05.24 | Виконано |
| 3. | Підбір елементної бази | 10.05.24 - 13.05.24 | Виконано |
| 4. | Синтез схеми електричної принципової | 14.05.24 – 17.05.24 | Виконано |
| 5. | Проектування електронного модулю | 18.05.24 - 22.05.24 | Виконано |
| 6. | Аналіз працездатності приладу | 22.05.24 - 23.05.24 | Виконано |
| 7. | Проектування приладу | 24.05.24 - 02.06.24 | Виконано |
| 8. | Розрахунок вартості пристрою | 03.06.24 - 04.06.24 | Виконано |

Студент



Олександр ЯЦУХ

Керівник



Аліна ШУЛЬГА

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 72 сторінки, включаючи 43 рисунків, 6 таблиць, 7 креслень, 14 посилань та 11 додатків.

У дипломному проєкті розроблено апаратуру радіокерування з елементами автопілоту. Особливістю даного дипломного пристрою є простота, зручність та інтуїтивність використання приладу.

Було проведено аналіз існуючих аналогів на ринку, враховуючи їх переваги та недоліки було розроблено схеми електричні структурні, які описують принцип роботи пристрою. Обравши компонентну базу, було виконано синтез схем електричних принципів за якими було розроблені друковані плати пристрою. За результатами було спроектовано корпуси пристрою. Для перевірки працездатності був розроблений прототип пристрою для тестування.

ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note of 72 pages, including 43 figures, 6 tables, 7 drawings, 14 references and 11 appendices.

The diploma project developed radio control equipment with autopilot elements. A feature of this diploma device is the simplicity, convenience and intuitiveness of using the device.

An analysis of existing analogues on the market was carried out, taking into account their advantages and disadvantages, electrical structural diagrams were developed, which describe the principle of operation of the device. Having chosen the component base, the synthesis of electrical principle schemes was performed, according to which the printed circuit boards of the device were developed. Based on the results, the housings of the device were designed. A prototype of the test device was developed to check the functionality.

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: «Апаратура радіокерування з елементами
автопілоту»

Київ – 2024 року

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ | 4 |
| ВСТУП | 5 |
| 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ | 6 |
| 1.1 Огляд аналогів на ринку | 6 |
| 1.1.1 Автопілот Runferry V7 | 6 |
| 1.1.2 Автопілот Twin GPS | 7 |
| 1.1.3 Автопілот Skipper v5.3 | 8 |
| 1.1.4 Автопілот Dapa | 9 |
| 1.2 Аналіз існуючих рішень | 9 |
| 1.3 Аналіз технічного завдання | 10 |
| 2 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ | 12 |
| 2.1 Схеми електричні структурні | 12 |
| 2.1.1 Схема електрична структурна передавача | 12 |
| 2.1.2 Схема електрична структурна приймача | 13 |
| 2.2 Схеми електричні принципові | 15 |
| 2.2.1 Схема електрична принципова передавача | 15 |
| 2.2.2 Схема електрична принципова приймача | 17 |
| 3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ | 19 |
| 3.1 Розробка друкованих плат | 19 |
| 3.1.1 Вибір матеріалу плат | 19 |
| 3.1.2 Вибір класу точності плат | 19 |

| | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------|---|----|--|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | | |
| <i>ЗМ.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Апаратура радіокерування з елементами автопілоту | | |
| <i>Розробив</i> | <i>Яцух О. Р.</i> | <i>Шульга А.В.</i> | | | | | |
| <i>Перевірів</i> | | | | | 1 | 72 | |
| <i>Н. Кондрат</i> | | | | | PE-01, РТФ | | |
| <i>Затвердив</i> | | | | | | | |

| | |
|--|----|
| 3.1.3 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків | 19 |
| 3.1.4 Визначення габаритних розмірів друкованих плат | 24 |
| 3.1.5 Розрахунок ширини друкованих провідників..... | 27 |
| 3.1.6 Трасування друкованих провідників | 29 |
| 3.2 Розробка електронних модулів..... | 34 |
| 3.3 Перевірка працездатності..... | 35 |
| 4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ | 37 |
| 4.1 Розробка корпусу передавача | 37 |
| 4.2 Розробка корпусу приймача..... | 42 |
| 4.3 Загальний вигляд пристрою | 43 |
| 5 РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ПРИСТРОЮ | 46 |
| ВИСНОВКИ..... | 48 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 49 |
| ДОДАТОК А..... | 51 |
| ДОДАТОК Б. Схема електрична принципова передавача | 55 |
| ДОДАТОК В. Схема електрична принципова приймача..... | 56 |
| ДОДАТОК Г. Перелік елементів схеми передавача..... | 57 |
| ДОДАТОК Д. Перелік елементів схеми приймача..... | 60 |
| ДОДАТОК Е. Креслення друкованої плати передавача | 62 |
| ДОДАТОК Ж. Креслення друкованої плати приймача | 64 |
| ДОДАТОК И. Креслення електронного модуля передавача..... | 66 |

| | |
|--|----|
| ДОДАТОК К. Креслення електронного модуля приймача | 67 |
| ДОДАТОК Л. Специфікація на електронний модуль передавача | 68 |
| ДОДАТОК М. Специфікація на електронний модуль приймача..... | 71 |

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------|------------|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | <i>Лис</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 3 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

ПЗ – програмне забезпечення

AUX – не основні канали/органи керування апаратури радіокерування

PETG – поліетилентерефталат-гліколь

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

BEC – блок виключення батареї

UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) – інтерфейс призначений для організації зв'язку між пристроями (Універсальний асинхронний приймач/передавач)

ШИМ сигнал – широтно-імпульсний модульований сигнал який використовується для керування

ESC регулятор (Electronic Speed Controller) – Пристрій для керування швидкістю обертання двигуна

Flash пам'ять МК – енергонезалежна пам'ять мікроконтролера яка використовується для збереження програмного коду конфігураційні налаштування та інші данні.

SPI – послідовний синхронний протокол передачі даних.

I2C – послідовна шина даних.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 4 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Принцип автоматизації та спрощення процесів використовується практично в усіх галузях та предметах взаємодії із людиною. Не виключенням стало і один із популярних видів дозвілля як риболовля, як професійна, так і любительська. На даний момент можна побачити тенденцію росту використання таких пристроїв як коропові кораблики, або іншу назва яких є кораблики для завою прикормки. Це спеціально розроблені радіокеровані моделі човнів, які використовуються не лише для скиду снасті або ж прикормки, а й для дослідження рельєфу дна водойми, що може використовуватись для побудови карт глибин, також можна побачити застосування і в екологічних службах коли відбувається діагностика водойми на вміст тих чи інших речовин. Для таких човнів використовується радіокерування, до того ж встановлюється автопілот, для автономного керування за заданим маршрутом із відповідними місіями.

Відповідно пристрій являє собою апаратуру радіокерування із вбудованими функціями автопілоту для виконання таких місій. До того ж ця система може встановлюватись борти різного типу, та налаштовуватись під різні цільові задачі. Метою дипломного проекту є розробка та створення нового пристрою, який має легкість налаштування та використання, зрозуміле встановлення та захищеність від механічних впливів, мав повну комплектація, в порівнянні із аналогами, а також, був максимально зручний та зрозумілий в користуванні. Впровадження нових функцій, конструкційних особливостей та інноваційних рішень, зробило б розробку більш ніж конкурентно спроможну на ринку, а й надавало б користувачу більші можливості.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>PE01.468324.001 ПЗ</i> | Лис |
| | | | | | | 5 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ

На сучасному ринку можна знайти чимало пристроїв, які мають як свої переваги так і недоліки. Кожен має свої конструкційні особливості, відмінності в програмному забезпеченні та в цілому ефективність та зручність використання. То ж розглянемо доступні варіанти на ринку, та проаналізуємо рішення в їх реалізації.

1.1 Огляд аналогів на ринку

1.1.1 Автопілот *Runferry V7*

Автопілот для коропових корабликів українського виробника *Runferry V7* показано на рис. 1.1. Один із доступних рішень із лінійки автопілотів *Runferry*.

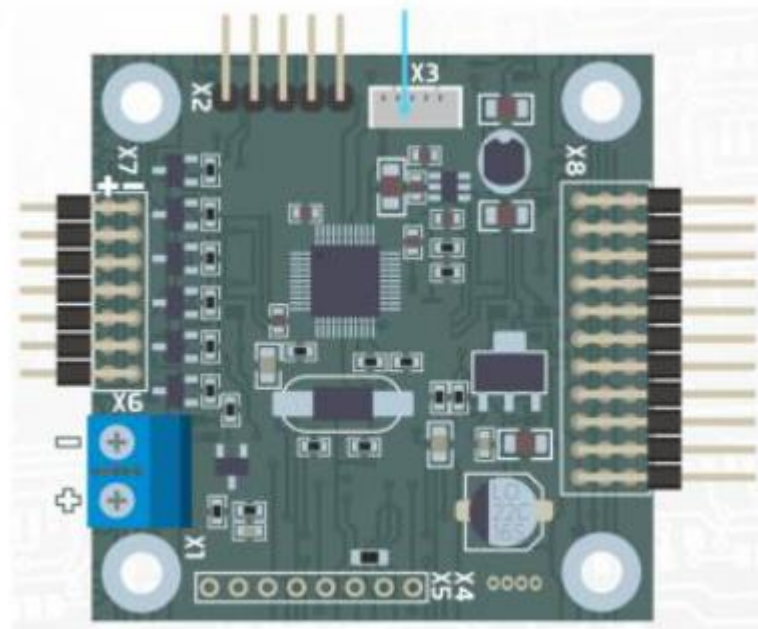


Рисунок 1.1 – Автопілот *Runferry V7*

До переваг можна віднести такі параметри:

- Функціональність. Має багато налаштувань та режимів автономної роботи.
- Максимальна кількість збережених точок.
- Підтримка багатьох моделей корабликів.
- Габаритні розміри.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | РЕ01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 6 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

Але також є і ряд недоліків:

- Необхідно придбати наступні комплектуючі: пульт керування *FlySky FS-i6* та приймач, кабель для прошивки.
- Відсутній корпус автопілоту, що ускладнює встановлення на борт кораблика та робить його вразливим до зовнішнього впливу.
- Висока вартість.

Загалом можна сказати, що пристрій є контролером керування, який відповідає за навігацію та збереження даних. Для повноцінної роботи необхідна і також апаратура радіокерування конкретної моделі, звідки впливають такі недоліки як принцип налаштування та вибору режимів та самостійне встановлення програмного забезпечення пульта керування для функціонування автопілоту [1].

1.1.2 Автопілот *Twin GPS*

Автопілот українського виробництва *Twin GPS* (рис. 1.2).

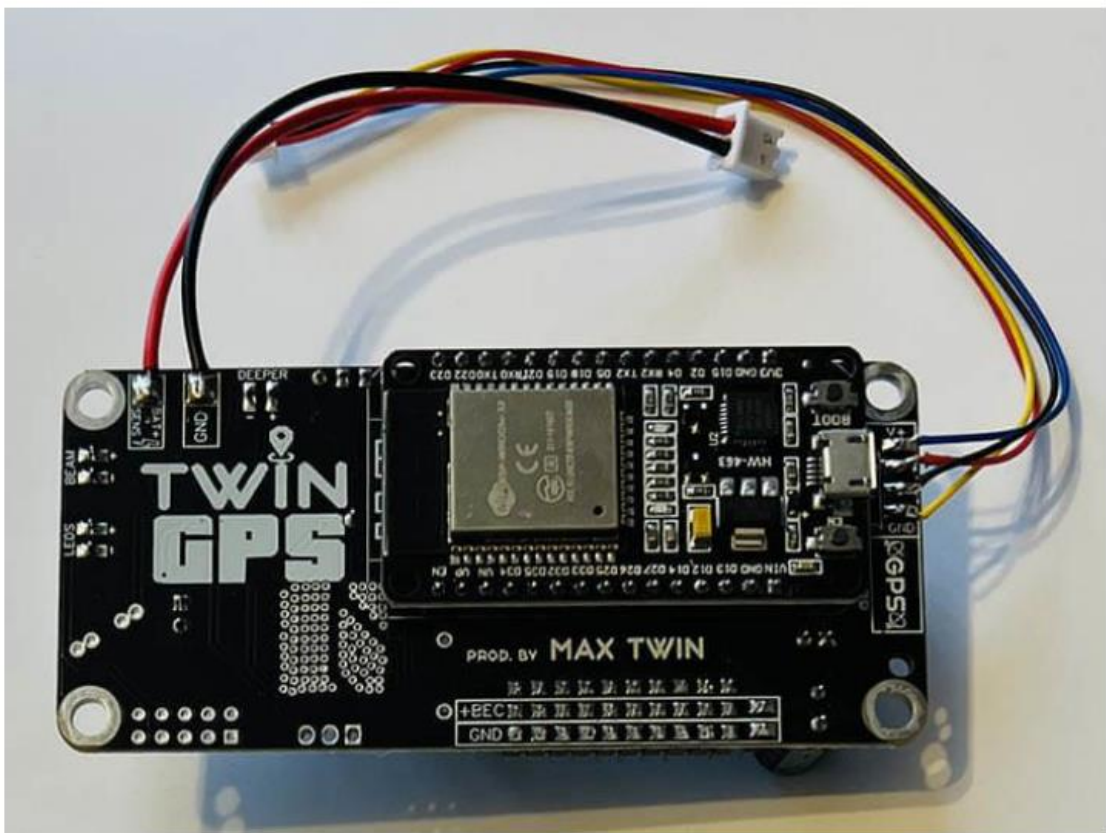


Рисунок 1.2 – Автопілот *Twin GPS*

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | РЕ01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

Пристрій являє собою також контролер, призначений для керування та навігації. Але в порівнянні із пристроями інших виробників має свої переваги:

- Кількість збережених точок – 330 точок.
- Можливість встановлення до 2-х проміжних точок.
- Можливість налаштування по *Wi-Fi* за допомогою смартфона.
- Точність до 1м.
- Можливість перенесення маршрутів та точок геолокації з *Google* карт в автопілот через *Wi-Fi* мережу.

Такі переваги дозволяють спростити користування пристроєм та відкривають нові можливості. Але присутні такі ж недоліки, як необхідність придбати апаратуру керування та встановити ПЗ [2].

1.1.3 Автопілот *Skipper v5.3*

Один із найдоступніших для користувача на ринку – автопілот *Skipper* версії ПЗ 5.3 (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Автопілот *Skipper*

Має стандартний набір функцій та середню точність навігації. Має такі ж недоліки як і будь-який інший автопілот, але із головною перевагою у вартості

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

виробу та у габаритних розмірах. Єдиний великий недолік – це максимальна кількість точок які можна зберегти – 100, 10 водойм по 9+1 точок [3].

1.1.4 Автопілот *Dara*

Ще один із бюджетних український розробок автопілот коропового кораблика *Dara* (рис 1.4).



Рисунок 1.4 – Автопілот *Dara*

За функціональність максимально подібний до автопілота *Skipper*, але уже із виправленими недоліками: більше параметрів для налаштування та доступно 300 точок збереження [4].

1.2 Аналіз існуючих рішень

Проаналізувавши продукцію, яку можна знайти на ринку, можна зробити певні висновки. Загалом помітна тенденція одноманітності та подібності усіх представлених пристроїв, лише деякі із них мають свої унікальні рішення, як наприклад автопілот *Twin GPS*, до якого можна під'єднуватись по мережі *Wi-Fi* для налаштування та перенесення даних. В іншому ж бачимо подібний функціонал, але в усіх пристроїв присутній один недолік. Це використання вже готового рішення апаратури радіокерування на ринку, яка не пристосована для такого функціоналу, в результаті чого потрібно встановлювати надане виробником автопілотів ПЗ. Але недоліки в користуванні залишаються. Це як ергономіка, так і принцип керування режимами автономної роботи та

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

налаштування параметрів. Все це відбувається через невеликий дисплей та за допомогою *AUX* перемикачів.

Тому враховуючи усі недоліки було прийнято рішення розробити повноцінну апаратуру радіокерування із усіма необхідними вбудованим функціоналом, малогабаритними розмірами та зручним керуванням. Така апаратура керування може бути базою для подальших оновлень, додавши нові функції та параметри для налаштування.

1.3 Аналіз технічного завдання

Згідно з технічним завданням потрібно розробити апаратуру радіокерування з елементами автопілоту. Як зрозуміло із назви та опису, пристрій складається із пульта керування, тобто передавача та приймача.

Відповідно потрібно одні зі наступних моментів:

- В передавач вбудований сенсорний дисплей для виведення інформації, а також для налаштування параметрів системи.
- Кількість каналів керування – 8.
- Передавач повинен бути малогабаритним в порівнянні з іншими пультами радіокерування.
- Живлення передавача від акумуляторної збірки li-ion 2s.
- Живлення приймача від 6В до 28В постійної напруги акумуляторних збірок через роз'єм *XT60*.
- Частота радіозв'язку 868-915МГц.
- Дальність до 1000м.
- Передавач має можливість заряджання вбудованого акумулятора через роз'єм *Micro-USB*.

Враховати під час проектування та розробки корпусу зазначені параметри захисту від пилу та вологи *IP54* згідно ГОСТ 14254. Захистити плату приймача нанісши ізоляційний лак. Та відповідно для експлуатації на відкритому повітрі, відповідно до кліматичного виконання УХЛ 1 ГОСТ 15150-69. Захист

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

від механічних впливів для портативного пристрою, що використовується на відкритому повітрі згідно Н7 згідно ГОСТ 16019-2001.

Корпус можна виготовити за допомогою *3D* друку, що ідеально підходить для дрібносерійного виробництва. Матеріалом корпусу можна обрати *PETG* пластик, який має хорошу механічну міцність та може використовуватись в таких температурних діапазонах від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$ та ідеально підходить для друку через його хороше міжшарове спікання.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>PE01.468324.001 ПЗ</i> | Лис |
| | | | | | | 11 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

2 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

За результатами аналізу аналогів на ринку та технічного завдання було створено певну концептуальну ідею розробки із своїми вимогами та параметрами. Відповідно до них розроблені схеми електричні структурні, які пояснюють принцип роботи пристрою, та схеми електричні принципові, для відображення взаємозв'язків елементів схеми, які описують принцип роботи.

2.1 Схеми електричні структурні

Як вже було відомо, пристрій складається із передавача та приймача, відповідно розглянемо принцип роботи кожного із них.

2.1.1 Схема електрична структурна передавача

На рисунку 2.1 показана схема електрична структурна передавача.

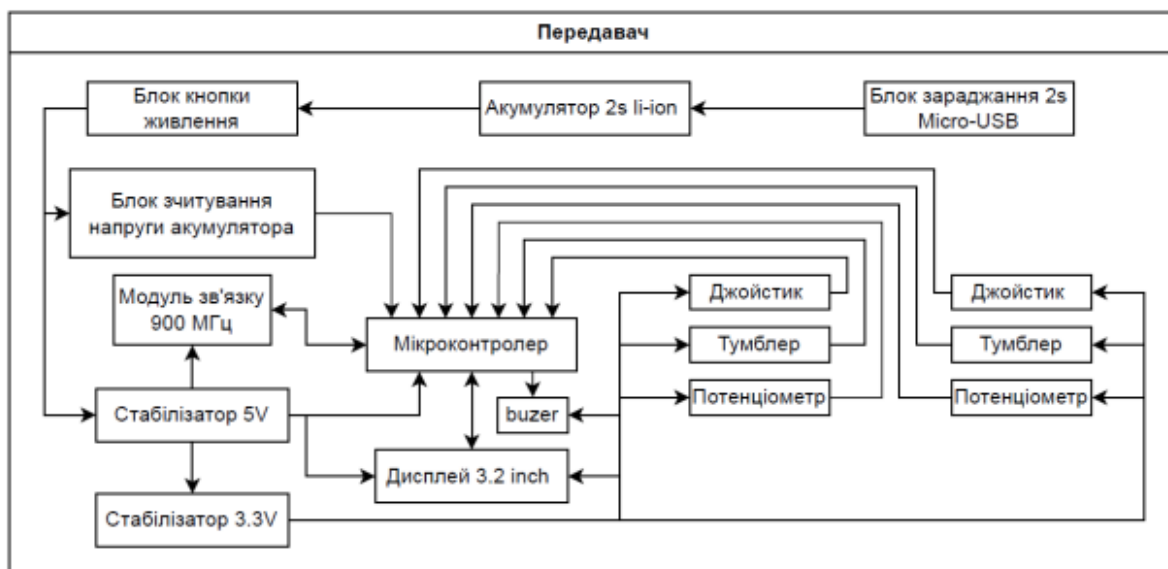


Рисунок 2.1 – Схема електрична структурна передавача

Живлення відбувається від акумуляторної збірки 2s 8.4В li-ion 18650, із можливістю заряджання від роз'єму *Micro-USB*. Після чого через повзунковий перемикач (блок кнопки живлення) подається напруга блок зчитування напруги акумулятора для подальшого виведення заряду акумулятора та на стабілізатор, на виході якого напруга 5В для живлення підключених давачів та

мікросхем. Для отримання напруги 3.3В живлення окремих вузлів встановлено стабілізатор на 3.3В відповідно.

За функціонування усього пристрою відповідає 32- бітний мікроконтролер (МК) *STM32F411*. Мікроконтролер працює на частоті 100МГц та об'єм *Flash* пам'яті в 512кБ для збереження елементів інтерфейсу та конфігураційних параметрів пристрою. До МК також під'єднаний зумер для сигналізації завершення процесів чи попереджень про певні стани.

Вхідні дані на канали апаратури реалізовані через пари джойстиків, тумблерів та потенціометрів, на виході яких ми отримуємо аналогові сигнали які в подальшому перетворюємо в числові значення за допомогою АЦП МК.

Також *TFT 3.2* дюймовий сенсорний дисплей, який відповідає за відображення інформації. Також через нього відбувається налаштування усіх параметрів та вибір режимів керування та інше.

Модуль зв'язку *Ebyte E220-900T22D* працює на прийом і передачу пакетів даних. Підключається через *UART* інтерфейс. Принцип передачі даних пристрою відбувається в асинхронному режимі, де присутні ідентифікатори початку та кінця пакету даних. Принцип передачі побудований та такому: перший пристрій передає свій пакет, після чого переходить в режим очікування на приймання пакету, другий пристрій прийняв цей пакет, обробив, та відправив свій пакет даних першому пристрою, який по такому ж принципу приймає, обробляє та потім відправляє свій новий пакет даних. При цьому робоча частота в діапазоні 868-915МГц із максимальною вихідною потужність в 22дБм що рівно 158мВт.

2.1.2 Схема електрична структурна приймача

Схеми електричні структурні передавача та приймача тісно пов'язані, складаються із подібної елементної бази, але відрізняються за принципом роботи.

Схема електрична структурна приймача показана на рис. 2.2.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

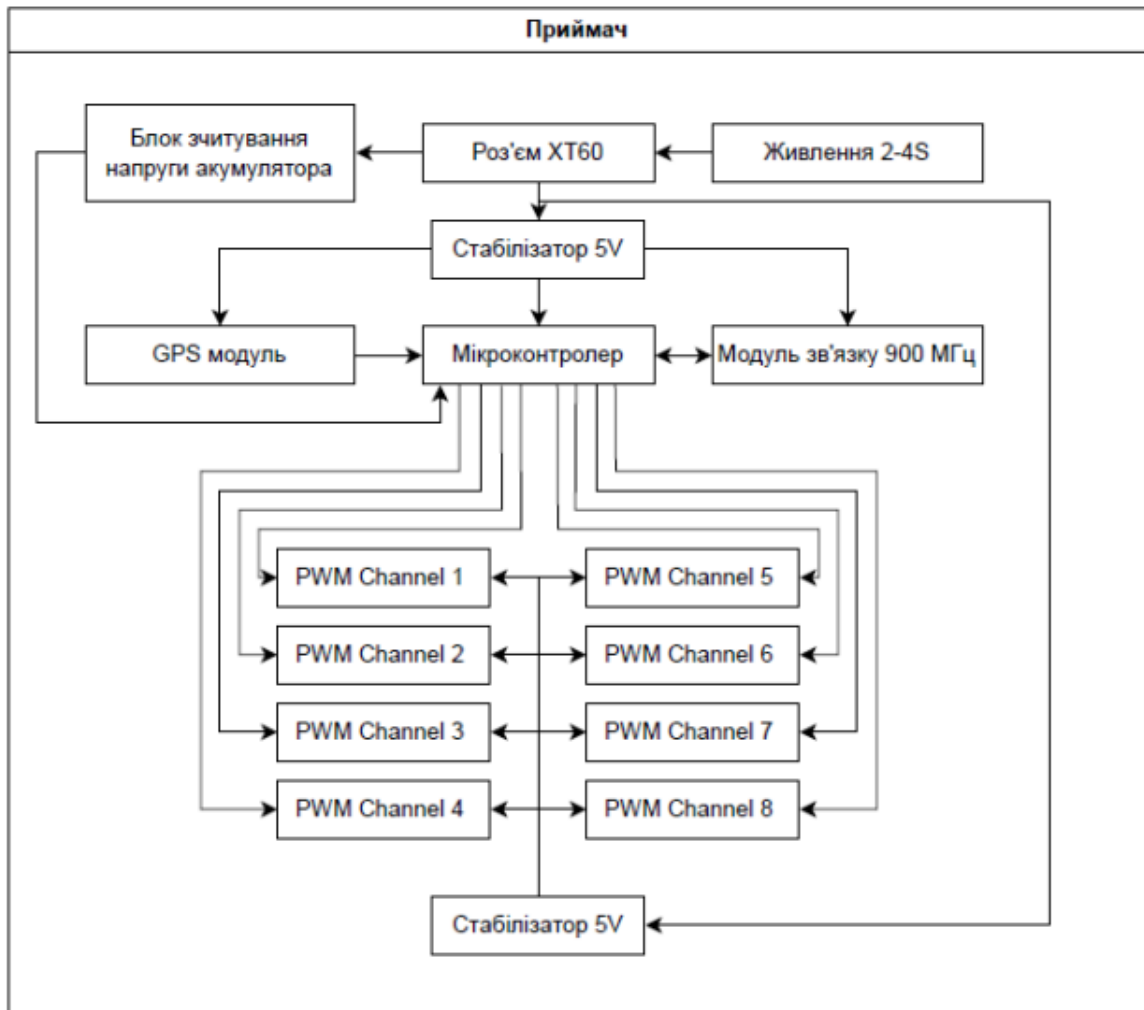


Рисунок 2.2 – Схема електрична структурна приймача

Живлення подається через силовий роз'єм *XT60* на такий же стабілізатор на виході якого 5В та на блок зчитування напруги акумулятора. Додатково встановлений ще один стабілізатор на 5В для бортового живлення підключений пристроїв, тобто бортовий ВЕС на 5В до 4А.

Для навігації використовується *GPS* модуль з якого на МК подається уся необхідна інформація: напрямок руху, координати, швидкість та інші. Цього цілком достатньо для роботи навігаційної системи та керування рухом.

Керування ж відбувається за допомогою згенерованого на МК ШІМ сигналу, який використовується для керування таких пристроїв. Такий подається на шину підключення пристроїв – це штирьовий роз'єм типу *PLS* розташований в три ряди по 8 умовних груп (8 каналів керування): сигнальний,

встановлена на платі. Зумер ВА1 під'єднаний до пін мікроконтролера *GPIOC2*, на якому буде встановлено високий або низький рівень для відтворення звукових повідомлень про стани.

Дисплей *TFT 3.2* дюйма під'єднується до МК по протоколу *SPI* до відповідних виводів *GPIOA*. Напряга живлення дисплею – 5В, напряга живлення підсвітки – 3.3В. Для реалізації сенсорного керування модуль дисплею має встановлену мікросхему *XPT2046* та резистивну плівку яка виконує функцію сенсорного екрану. Для керування використовується ще один інтерфейс *SPI* мікроконтролера. Модуль дисплею кріпиться ж через роз'єм *XS1* типу *PBS-14*.

Модуль зв'язку *BI* впаюється на друковану плату та працює за протоколом *UART*. Підключений до відповідних пінів *RX* та *TX GPIOA15* та *GPIOB3* мікроконтролера. Піни які відповідають за режим роботи модуля *M0* та *M1* під'єднані до землі для встановлення відповідного режиму приймання/передавання даних.

Модуль зчитування напруги акумулятора реалізований на мікросхемі *INA219A*, отримання даних відбувається через інтерфейс *I2C*. Напряга акумулятора подається на відповідні піни *Vin* через шунт *R8* на 0.1Ом.

Для перетворення напруги акумулятора, яка подається через роз'єм *XP9*, в стабільних 5В використано імпульсний перетворювач на мікросхемі *LM2596S-ADJ* із відповідною обв'язкою та фільтруючими конденсаторами *C1*, *C2*, *C4* та *C5*. Налаштування вихідної напруги відбувається за допомогою підлаштовного резистора *R5*. Живлення 3.3В забезпечує мікросхема *DA1 AMS1117* із максимальним вихідним струмом 1А.

Для заряджання 2s акумулятора використано мікросхему *FM4256* через вхідний роз'єм *Micro-USB X1*. Резистор *R3* слугує для встановлення струму заряджання, 4.99 кОм що відповідає струму 1.2А. Для світлової індикації заряджання акумулятора на корпусі будуть розташовані світлодіоди зеленого та червоного кольорів *HL1* та *HL2*.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 16 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

Роз'єми *XP1-XP8* слугують для підключення органів керування передавача. Сигнал подається на відповідні піни мікроконтролера, після чого перетворюється за допомогою вбудованого 12-бітного АЦП на числовий діапазон від 0 до 4095.

2.2.2 Схема електрична принципова приймача

Схему електричну принципову приймача показано на рис. 2.4.

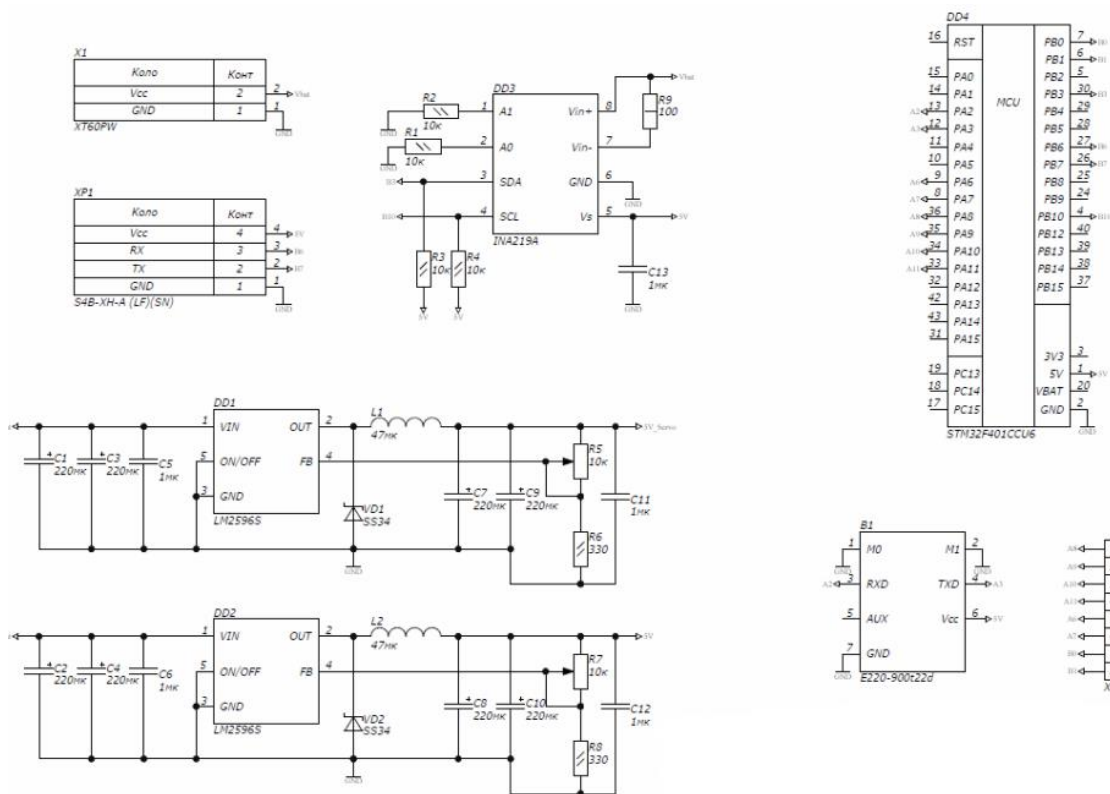


Рисунок 2.4 – Схема електрична принципова приймача

Схема приймача має схожі рішення в компонентній базі та підключення. МК використовується із меншим об'ємом пам'яті, *STM32F401CCU6*. Робоча частота 84МГц забезпечує достатню швидкодію. Схемотехнічні рішення такі як блок зчитування напруги акумулятора, перетворювач на 5В та модуль зв'язку аналогічні до передавача, та побудовані на основі таких же мікросхем.

Також встановлений додатковий імпульсний перетворювач на такій же мікросхемі *LM2596S-ADJ* для забезпечення бортового живлення – *BES*. Живлення ж подається через роз'єм *XI*, а саме *XT60PW*, який встановлено на платі.

Роз'єм *XP1* типу *S4B-XH-A (LF)(SN)* на 4-ри контакти для підключення модуля *GPS* дані з якого отримуються через інтерфейс *UART*.

Штирьові роз'єми *XP2-XP4* які утворюють контактну шину із таких контактів: сигнал, живлення та земля. Така шина використовується для підключення будь яких зовнішній модулів, керування яких відбувається за допомогою ШІМ сигналу. Сам сигнал генерує мікроконтролер, відповідно до переданих даних цифрового значення кожного із каналів передавача або самостійно розрахованим числовим значенням приймача для автономних режимів із застосованим фільтром параметрів налаштувань.

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------|------------|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | <i>Лис</i> |
| | | | | | | 18 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Наступним етапом проектування є розробка електронного модуля, яка включає розробку друкованих плат пристрою, а саме вибір матеріалу та класу точності друкованих плат, розрахунок контактних майданчиків, габаритних розмірів та трасування ДП.

3.1 Розробка друкованих плат

3.1.1 Вибір матеріалу плат

Матеріал плати відповідно до поставленого технічного завдання – *FR-4* – склотекстоліт із нанесеним на поверхню шаром мідного провідника.

В даному випадку використано матеріал *FR4 35/35 1.5* для обох плат. Відповідно товщина склотекстоліту 1.5мм, із нанесеним мідним провідником товщиною 35мкм на обидві сторони (поверхні) для двостороннього монтажу компонентів.

3.1.2 Вибір класу точності плат

Друковані плати відповідатимуть 1-му класу відповідно *IPC6011*, що відповідає загальним електронним виробам. Відповідно клас точності 5-го квалітету.

3.1.3 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків

Діаметр контактного майданчика для вивідних компонентів розраховується згідно формули:

$$D_{\text{км}} = D_0 + \frac{2}{3}D_0, \quad (3.1)$$

де, D_0 – діаметр отвору, $D_{\text{км}}$ – діаметр контактного майданчика.

$$D_0 = D_{\text{в}} + 0.2, \quad (3.2)$$

де, $D_{\text{в}}$ – діаметр виводу.

Результати розрахунків наведені в табл. 3.1.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 19 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку контактних майданчиків вивідних КОМПОНЕНТІВ.

| Компонент | Згідно Datasheet | | Згідно розрахунків | |
|--|------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | D_0 , мм | $D_{км}$, мм | D_0 , мм | $D_{км}$, мм |
| Модуль зв'язку E220-900t22d-EVYTE (В наявності, кріплення через штирбовий роз'єм 2.54 мм) | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Зумер TMB12A03 (В наявності) | - | - | 0.8 | 1.4 |
| Мікроконтролер STM32F411CEU6_DEVELOPMENT BOARD (В наявності, кріплення через штирбовий роз'єм 2.54 мм) | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Мікроконтролер STM32F401CCU6_DEVELOPMENT BOARD (В наявності, кріплення через штирбовий роз'єм 2.54 мм) | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Роз'єм S3B-XH-A (LF)(SN) J.S.T. Deutschland GmbH | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Роз'єм S2B-XH-A (LF)(SN)-JST | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Роз'єм L-KLS1-208-1-14-S | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Роз'єм KLS1-207-1-08-S | - | - | 1.1 | 1.9 |
| роз'єм XT60PW-M30.G.Y - AMASS | - | - | 3.0; 1.8 | 5.0; 3.0 |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Продовження таблиці 3.1

| Компонент | Згідно Datasheet | | Згідно розрахунків | |
|---|------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | D_0 , мм | $D_{км}$, мм | D_0 , мм | $D_{км}$, мм |
| Роз'єм S4B-XH-A (LF)(SN) J.S.T. Deutschland GmbH | - | - | 1.1 | 1.9 |
| Змінний резистор 10 кОм 3296P KLS4-3296P-103 | - | - | 0.8 | 1.4 |

Тепер перейдемо до розрахунку контактних майданчиків SMD/SMT електронних компонентів.

Діаметр контактного майданчика розраховується згідно формули:

$$S_{км} = a + 0.3 \times b + 0.3, \quad (3.3)$$

де, $S_{км}$ – площа контактного майданчика, a – довжина контакту компонента, b – ширина контакту компонента.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку контактних майданчиків SMD/SMT компонентів.

| Компонент | Згідно Datasheet | Згідно розрахунків |
|--|------------------|--------------------|
| | $S_{км}$, мм | $S_{км}$ мм |
| Конденсатор 220мкФ 35В SMD sizeE 8x10.5 ELV221M35RE-Hitano | - | 3.4x1.4 |
| Конденсатор 1мкФ 25В X7R 10% 0805 C0805B105K250N3-Hitano | - | 1.0x1.8 |
| Конденсатор 22мкФ 10В X7R 10% C1206 C1206B226K100N2-Hitano | - | 1.0x2.1 |

Продовження таблиці 3.2

| Компонент | Згідно Datasheet | Згідно розрахунків |
|--|-------------------------------------|--------------------|
| | S_{KM} , мм | S_{KM} мм |
| Конденсатор 100нФ 16В X7R 10% 0805 C0805B104K160NT-Hitano | - | 1.0x1.8 |
| Конденсатор 10мкФ 6,3В Y5V 20% 0805 C0805Y106M063N3-Hitano | - | 1.0x1.8 |
| Конденсатор 220мкФ 6,3В 10% Size-D TAJD227K006RNJ-AVX | - | 1.9x2.9 |
| Стабілізатор AMS1117- 3.3_SOT-223 | - | 1.5x1.2; 1.5x3.5 |
| Мікросхема LM2596S-ADJ- TO-263 [5] | 2.2x1.1; 10.8x1.92(+) 8.4x5.1 | - |
| Мікросхема INA219A(SO- 8)-Texas Instruments [6] | 2x0.6 | - |
| Мікросхема FM4256 ESOP8- FUMAN ELECTRONICS | - | 1.6x0.8 |
| Світлодіод 3мм, 2.2В L- 132XGD – Kingbright (Припаяний через провід 28 AWG) | - | 4.0x2.0 |
| Світлодіод 3мм, 2В L- 132XID – Kingbright (Припаяний через провід 28 AWG) | - | 4.0x2.0 |

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис

22

Продовження таблиці 3.2

| Компонент | Згідно Datasheet | Згідно розрахунків |
|--|----------------------|--------------------|
| | S_{KM} , мм | S_{KM} мм |
| Індуктивність 47мкГн, $\pm 20\%$ 2.5A 0.1 Ом SCB1207-470M- Anla Tech [7] | 2.9x5.4 | - |
| Індуктивність 2R2 2.2мкГн IHLP2525CZER | - | 1.9x3.8 |
| Резистор 10кОм 1% 0,125Вт 150В 0805 RC0805FR-10KR- Hitano | - | 0.9x1.6 |
| Резистор 4,99кОм 1% 0,125Вт 0805 RC0805FR- 4K99-Hitano | - | 0.9x1.6 |
| Резистор 330Ом 5% 0,125Вт 150В 0805 RC0805JR-330R- Hitano | - | 0.9x1.6 |
| Резистор 0.1Ом 1% 1Вт RL2512JK-0R1 – Hitano | - | 1.0x3.7 |
| Резистор 4,99 Ом 1% 0,25W 1206 RC1206FR-4R99-Hitano | - | 0.9x2.0 |
| Роз'єм 6А 28В 1101M1S3CQE2 C&K (Припаяний через провід 20 AWG) | - | 4.0x2.0 |
| Діод DO-214AB SS34 TOSHLBAO [8] | 1.6x1.7 | - |

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис

23

Продовження таблиці 3.2

| Компонент | Згідно Datasheet | Згідно розрахунків |
|---|------------------------------|--------------------|
| | S_{KM} , мм | S_{KM} мм |
| Діод DO-214AA SS24-YJ | - | 1.6x2.4 |
| Діод SOD-323 1N4148WS - Yangjie | - | 0.7x0.7 |
| Роз'єм Micro – USB 5 pin 10104110-0001LF Amphenol Communications Solutions [9] | 2.0x0.4; 1.8x2.5; 1.8x1.8 | - |

3.1.4 Визначення габаритних розмірів друкованих плат

Для знаходження форми та мінімальних габаритних розмірів плати потрібно виконати розрахунок мінімальної площі плати.

Мінімальна проща друкованої плати розраховується за формулою:

$$S_{ДП} = \sum S_{МГ} + 1.5 \sum S_{Ср} + 2 \sum S_{ВГ} + S_{Кр} \quad (3.4)$$

де, $S_{МГ}$ – площа малогабаритного компонента, $S_{Ср}$ – площа середньогабаритного компонента, $S_{ВГ}$ – площа високогабаритного компонента та $S_{Кр}$ – площа під кріплення плати.

Результати розрахунків наведені на рис. 3.1 та рис. 3.2

| Плата 2 (Приймач) | | | | | |
|-------------------|--|-----------|------------|-----------|-----------|
| № | Найменування | Площа | Коефіцієнт | Кількість | Сума |
| 44 | Модуль зв'язку E220-900t22d-EBYTE | 1 051,101 | 1,50 | 1,00 | 1 576,65 |
| 45 | Мікроконтролер STM32F401CEU6 | 1 158,312 | 1,50 | 1,00 | 1 737,47 |
| 46 | Роз'єм S4B-XH-A (LF)(SN)-JST | 202,945 | 1,00 | 1,00 | 202,95 |
| 47 | Роз'єм XT60PW-M30.G.Y - AMASS | 342,341 | 1,00 | 1,00 | 342,34 |
| 48 | Роз'єм KLS1-207-1-08-S | 98,313 | 1,50 | 3,00 | 442,41 |
| 49 | Змінний резистор 10 кОм 3296P KLS4-3296P-103 | 121,111 | 1,00 | 2,00 | 242,22 |
| 50 | Конденсатор 220мкФ 35В SMD sizeE 8x10.5 ELV221M35RE-Hitano | 86,844 | 1,00 | 8,00 | 694,75 |
| 51 | Конденсатор 1мкФ 25В X7R 10% 0805 C0805B105K250N3-Hitano | 8,415 | 1,00 | 5,00 | 42,08 |
| 52 | Мікросхема LM2596S-ADJ-TO-263 | 176,069 | 1,50 | 2,00 | 528,21 |
| 53 | Мікросхема INA219A(SO-8)-Texas Instruments | 39,078 | 1,50 | 1,00 | 58,62 |
| 54 | Індуктивність 47мкГн, ±20% 2.5A 0.1 Ом SCB1207-470M-Anla Tech | 156,040 | 1,00 | 2,00 | 312,08 |
| 55 | Резистор 10кОм 1% 0,125Вт 150В 0805 RC0805FR-10KR-Hitano | 7,872 | 1,00 | 4,00 | 31,49 |
| 56 | Резистор 330Ом 5% 0,125Вт 150В 0805 RC0805JR-330R-Hitano | 7,872 | 1,00 | 2,00 | 15,74 |
| 57 | Резистор 100Ом 1% 1Вт 2512 RC2512FK-100R-Hitano | 34,265 | 1,00 | 1,00 | 34,27 |
| 58 | Діод DO-214AB SS34 TOSHLEAO | 61,084 | 1,00 | 2,00 | 122,17 |
| 59 | | | | | |
| 60 | Кріплення (Гвинтом М3) (Пластиковий корпус із впаляюю металевою різьбою) | 127,690 | | 4,00 | 510,76 |
| 61 | | | | | |
| 62 | S | | | | 6894,192 |
| 63 | S двошарова | | | | 4 596,128 |

Рисунок 3.1 – Результати розрахунку мінімальної площі ДП приймача

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

| Плата 1 (Пульт керування) | | | | | | |
|---------------------------|---|-----------|------------|-----------|-----------|--|
| 1 | Найменування | Площа | Коефіцієнт | Кількість | Сума | |
| 3 | Модуль зв'язку E220-900122d-EVYTE | 1 051,101 | 1,50 | 1,00 | 1 576,65 | |
| 4 | Зумер TMB12A03 | 172,922 | 1,00 | 1,00 | 172,92 | |
| 5 | Мікроконтролер STM32F411CEU6 | 1 158,312 | 1,50 | 1,00 | 1 737,47 | |
| 6 | Роз'єм S2B-XH-A (LF)(SN)-JST | 127,878 | 1,00 | 1,00 | 127,88 | |
| 7 | Роз'єм S3B-XH-A (LF)(SN) J.S.T. Deutschland GmbH | 124,972 | 1,00 | 8,00 | 999,78 | |
| 8 | Роз'єм L-KLS1-208-1-14-S | 98,313 | 1,50 | 1,00 | 147,47 | |
| 9 | Змінний резистор 10 кОм 3296P KLS4-3296P-103 | 121,111 | 1,00 | 1,00 | 121,11 | |
| 10 | Конденсатор 220мкФ 35В SMD sizeE 8x10.5 ELV221M35RE-Hitano | 86,844 | 1,00 | 4,00 | 347,38 | |
| 11 | Конденсатор 1мкФ 25В X7R 10% 0805 C0805B105K250N3-Hitano | 8,415 | 1,00 | 5,00 | 42,08 | |
| 12 | Конденсатор 22мкФ 10В X7R 10% C1206 C1206B226K100N2-Hitano | 12,825 | 1,00 | 4,00 | 51,30 | |
| 13 | Конденсатор 100нФ 16В X7R 10% 0805 C0805B104K160NT-Hitano | 8,415 | 1,00 | 2,00 | 16,83 | |
| 14 | Конденсатор 10мкФ 6,3В Y5V 20% 0805 C0805Y106M063N3-Hitano | 8,415 | 1,00 | 2,00 | 16,83 | |
| 15 | Конденсатор 220мкФ 6,3В 10% Size-D TAJD227K006RNJ-AVX | 39,163 | 1,00 | 1,00 | 39,16 | |
| 16 | Стабілізатор AMS1117-3.3_SOT-223 | 54,173 | 1,00 | 1,00 | 54,17 | |
| 17 | Мікросхема LM2596S-ADJ-TO-263 | 176,069 | 1,50 | 1,00 | 264,10 | |
| 18 | Мікросхема INA219A(SO-8)-Texas Instruments | 39,078 | 1,50 | 1,00 | 58,62 | |
| 19 | Мікросхема FM4256 ESOP8-FUMAN ELECTRONICS | 40,701 | 1,50 | 1,00 | 61,05 | |
| 20 | Світлодіод 3мм, 2.2В L-132XGD – Kingbright | 27,312 | 1,00 | 1,00 | 27,31 | |
| 21 | Світлодіод 3мм, 2В L-132XID – Kingbright | 27,312 | 1,00 | 1,00 | 27,31 | |
| 22 | Індуктивність 47мкГн, ±20% 2.5А 0.1 Ом SCB1207-470M-Anla Tech | 156,040 | 1,00 | 1,00 | 156,04 | |
| 23 | Індуктивність 2R2 2.2мкГн IHLP2525CZER | 55,766 | 1,00 | 1,00 | 55,77 | |
| 24 | Резистор 10кОм 1% 0,125Вт 150В 0805 RC0805FR-10KR-Hitano | 7,872 | 1,00 | 4,00 | 31,49 | |
| 25 | Резистор 4,99кОм 1% 0,125Вт 0805 RC0805FR-4K99-Hitano | 7,872 | 1,00 | 1,00 | 7,87 | |
| 26 | Резистор 330Ом 5% 0,125Вт 150В 0805 RC0805JR-330R-Hitano | 7,872 | 1,00 | 1,00 | 7,87 | |
| 27 | Резистор 100Ом 1% 1Вт 2512 RC2512FK-100R-Hitano | 34,265 | 1,00 | 1,00 | 34,27 | |
| 28 | Резистор 4,99 Ом 1% 0,25W 1206 RC1206FR-4R99-Hitano | 12,010 | 1,00 | 1,00 | 12,01 | |
| 29 | Роз'єм 6А 28В 1101M1S3CQE2 C&K | 27,312 | 1,00 | 1,00 | 27,31 | |
| 30 | Діод DO-214AB SS34 TOSHLBAO | 61,084 | 1,00 | 1,00 | 61,08 | |
| 31 | Діод DO-214AA SS24-YJ | 28,165 | 1,00 | 1,00 | 28,17 | |
| 32 | Діод SOD-323 1N4148WS - Yangjie | 6,738 | 1,00 | 1,00 | 6,74 | |
| 33 | Роз'єм Micro – USB 10104110-0001LF Amphenol Communications Solutions | 86,769 | 1,50 | 1,00 | 130,15 | |
| 34 | | | | | | |
| 35 | Кріплення (Гвинтом М3) (Пластиковий корпус із впаєю металеву різьбою) | 127,690 | | 4,00 | 510,76 | |
| 36 | | | | | | |
| 37 | S | | | | 6958,9445 | |
| 38 | S двошарова | | | | 4 639,296 | |

Рисунок 3.2 – Результати розрахунку мінімальної площі ДП передавача

Відповідно до розрахунків мінімальна площа плати передавача – 4640 мм², приймача – 4597 мм².

Обмеження та вимоги що до розміру плати передавача зумовлені із встановленням модуля дисплею із розмірами показаного на рис. 3.3. Із врахуванням подальшого розміщення модуля на ДП передавача, а саме умовний центр дисплею повинен бути розташований по центру ДП.

Також кріплення ДП відбувається за допомогою гвинтів М3, та впаєних у пластиковий корпус латунних різьб М3х4х5.

Відповідно до вимог, розраховані габаритні розміри ДП показані на рис. 3.4 та 3.5. Для ДП передавача – 120х55 мм та для ДП приймача – 85х55 мм.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

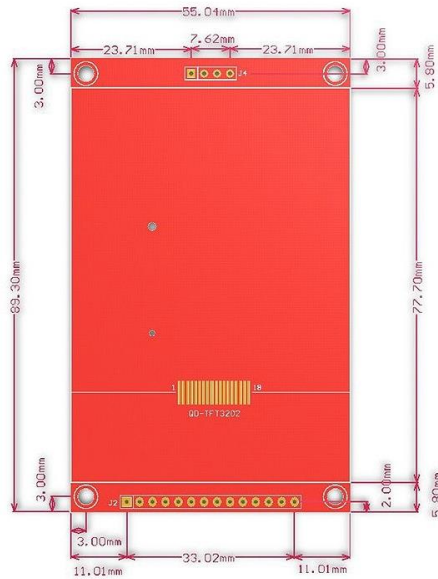


Рисунок 3.3 – Модуль дисплею 3.2 дюйма на основі драйверу ІЛІ9341 [10]

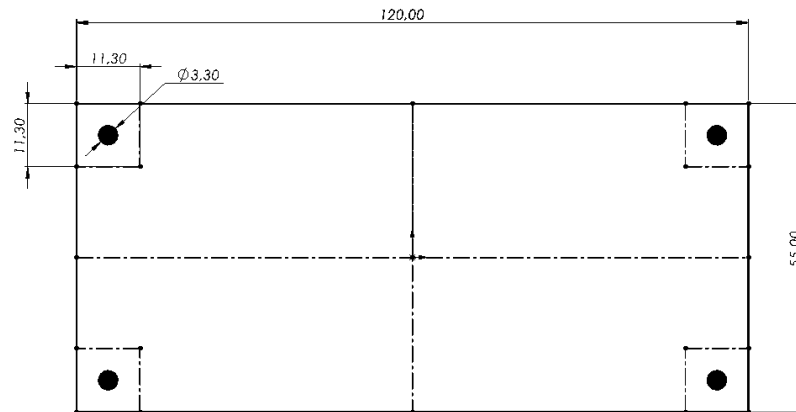


Рисунок 3.4 – Контур ДП передавача із місцем під кріплення

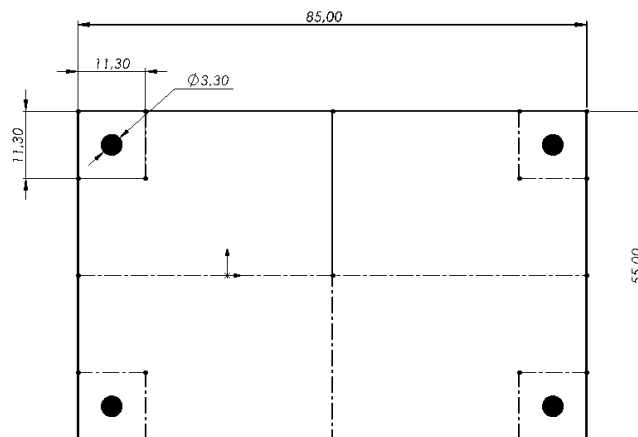


Рисунок 3.5 – Контур ДП приймача із місцем під кріплення

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

3.1.5 Розрахунок ширини друкованих провідників

Проаналізувавши ланцюги схем отримано:

Таблиця 3.3 – Ланцюги схеми.

| Передавач | | Приймач | |
|------------------|------|------------------|------|
| Назва <i>Net</i> | I, A | Назва <i>Net</i> | I, A |
| A0 – A11 | 0.5 | A2, A3 | 0.5 |
| A15 | 0.5 | A6 – A11 | 0.5 |
| B0 – B3 | 0.5 | B0, B1 | 0.5 |
| B6, B7 | 0.5 | B3 | 0.5 |
| B10 – B15 | 0.5 | B6, B7 | 0.5 |
| Сигнальні | 1 | B10 | 0.5 |
| Vbat | 4 | Сигнальні | 1 |
| Vsens | 4 | Vbat | 6 |
| 5V | 3 | 5V | 2 |
| 3.3V | 1 | 5V_Servo | 4 |
| 5V_USB | 2 | | |

Для розрахунку ширини провідників, для забезпечення коректної роботи ДП, використано онлайн-калькулятор [11].

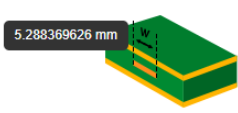
Приклади розрахунків для ДП показано на рис. 3.6 та 3.7.

The image shows a screenshot of an online PCB calculator. It has several input fields and calculated output fields. The inputs include Current (I) = 0.5 A, Ambient Temperature = 25 °C, Thickness (t) = 35 μm, Trace Length = 120 mm, and Temperature Rise (T_{Rise}) = 10 °C. The calculator is set for Internal Layers and External Layers in Air. The results for Internal Layers are: Required Trace Width (W) = 0.3003865208 mm, Resistance = 0.2016031111 Ω, Voltage Drop = 0.1008015556 V, and Power Loss = 0.05040077778 W. The results for External Layers in Air are: Required Trace Width (W) = 0.1154693321 mm, Resistance = 0.5244583653 Ω, Voltage Drop = 0.2622291827 V, and Power Loss = 0.1311145913 W. At the bottom, there are two 3D diagrams of PCB traces with arrows pointing to their respective 'Minimum Trace Width' values: 0.3003865208 mm and 0.1154693321 mm.

Рисунок 3.6 – Розрахунок ширини провідників Ах та Вх МК

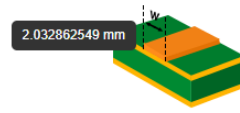
| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Current (I) | <input type="text" value="4"/> A | Ambient Temperature | <input type="text" value="25"/> °C |
| Thickness (t) | <input type="text" value="35"/> μm | Trace Length | <input type="text" value="120"/> mm |
| Temperature Rise (T _{Rise}) | <input type="text" value="10"/> °C | | |

Minimum Trace Width



5.288369626 mm

Minimum Trace Width



2.032862549 mm

| | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| *Internal Layers: | | *External Layers in Air: | |
| Required Trace Width (W) | <input type="text" value="5.288369626"/> mm | Required Trace Width (W) | <input type="text" value="2.032862549"/> mm |
| Resistance | <input type="text" value="0.01145132837"/> Ω | Resistance | <input type="text" value="0.02978994186"/> Ω |
| Voltage Drop | <input type="text" value="0.04580531349"/> V | Voltage Drop | <input type="text" value="0.1191597674"/> V |
| Power Loss | <input type="text" value="0.1832212540"/> W | Power Loss | <input type="text" value="0.4766390697"/> W |

Рисунок 3.7 – Розрахунок ширини провідників *Vbat* передавача.

З урахуванням всіх розрахунків та можливостей виробника отримуємо наступні параметри.

Таблиця 3.4 – Ширина провідників для ланцюгів ДП передавача.

| Назва Net | t, mm | t, mm Відповідно до виробника |
|-----------|-------|-------------------------------------|
| A0 – A11 | 0.12 | 0.13 |
| A15 | 0.12 | 0.13 |
| B0 – B3 | 0.12 | 0.13 |
| B6, B7 | 0.12 | 0.13 |
| B10 – B15 | 0.12 | 0.13 |
| Sig_group | 0.3 | 0.13 |
| Vbat | 2.1 | 0.13 |
| Vsens | 2.1 | 0.13 |

Продовження таблиці 3.4

| | | |
|--------|-----|------|
| 5V | 1.4 | 0.13 |
| 3.3V | 0.3 | 0.13 |
| 5V_USB | 0.8 | 0.13 |

Таблиця 3.5 – Ширина провідників ланцюгів ДП приймача.

| Назва Net | t, mm | t, mm Відповідно до виробника |
|-----------|-------|-------------------------------------|
| A2, A3 | 0.12 | 0.13 |
| A6 – A11 | 0.12 | 0.13 |
| B0, B1 | 0.12 | 0.13 |
| B3 | 0.12 | 0.13 |
| B6, B7 | 0.12 | 0.13 |
| B10 | 0.12 | 0.13 |
| Sig_group | 0.3 | 0.13 |
| Vbat | 3.6 | 0.13 |
| 5V | 0.8 | 0.13 |
| 5V_Servo | 2.1 | 0.13 |

3.1.6 Трасування друкованих провідників

Перед етапом трасування друкованих плат потрібно зробити компонування компонентів, для правильного розміщення компонентів на поверхні плати, враховуючи конструкційні особливості, вільне місце та схемотехнічні рішення.

Для ДП передавача компонування виконане із врахуванням наступного:

- Роз'єм для встановлення модуля дисплею *PBS-14* в розрадований координатах для забезпечення центрування екрану відносно дисплею.

- Роз'єм *Micro-USB* розташований в нижній частині та по центру ДП.
- Роз'єми *XP1-XP8* розташовані на нижньому шарі ДП для зручного підключення.
- Модуль зв'язку *B1* розташувати таким чином, що б антенний вихід був максимально близько до середини плати із зміщенням на верхню сторону.
- Роз'єм живлення *XP9* також розташований на нижньому шарі ДП.
- Компонування інших компонентів здійснене із забезпеченням працездатності пристрою.

Результати компонування ДП передавача показані на рис. 3.8 та 3.9.

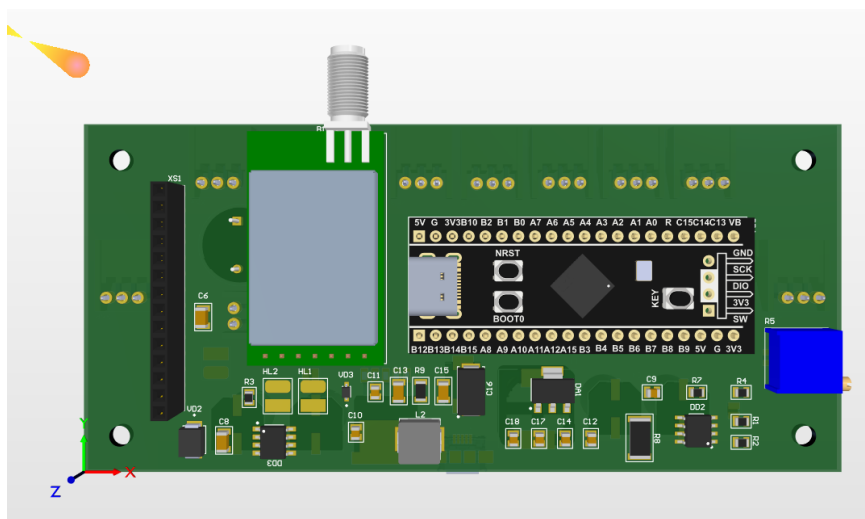


Рисунок 3.8 – Результати компонування ДП передавача в верхньому шарі

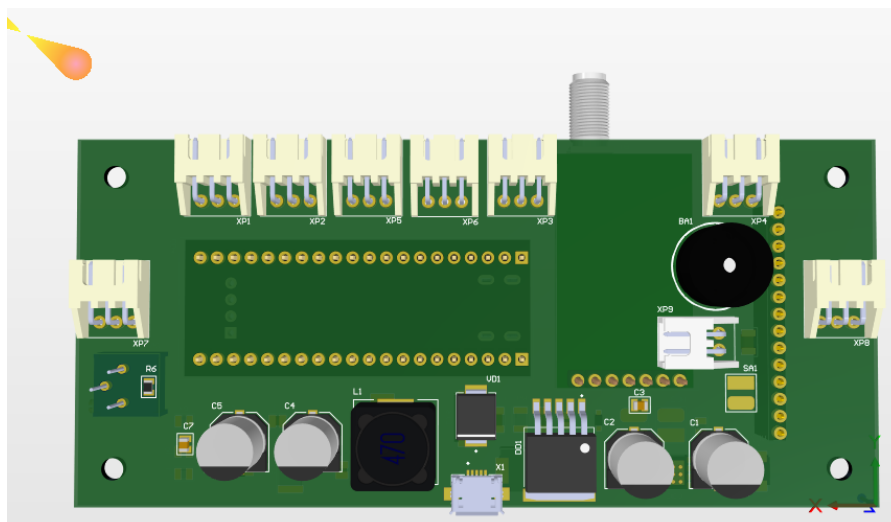


Рисунок 3.9 – Результати компонування ДП передавача в нижньому шарі

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

Відповідно для друкованої плати передавача враховано наступне:

- Роз'єми *X1* та *XP1* розташовані по правій стороні ДП із певним виступом.
- Модуль зв'язку *B1* розташований по лівій стороні так, що б антенний вихід був розташований по центральній осі ДП.
- Штирьові роз'єми *XP2* – *XP4* утворюють шину підключення, в заданому порядку: сигнальний контакт, контакт живлення 5В та земля відповідно для усіх 8-ми каналів керування.
- Компонування інших компонентів здійснене із забезпеченням працездатності пристрою.

Результати компонування показані на рис. 3.10 та 3.11.

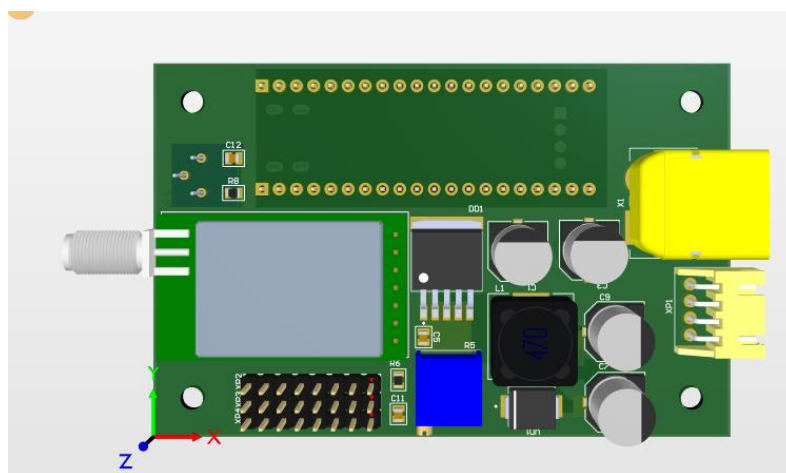


Рисунок 3.10 – Результати компонування ДП приймача в верхньому шарі

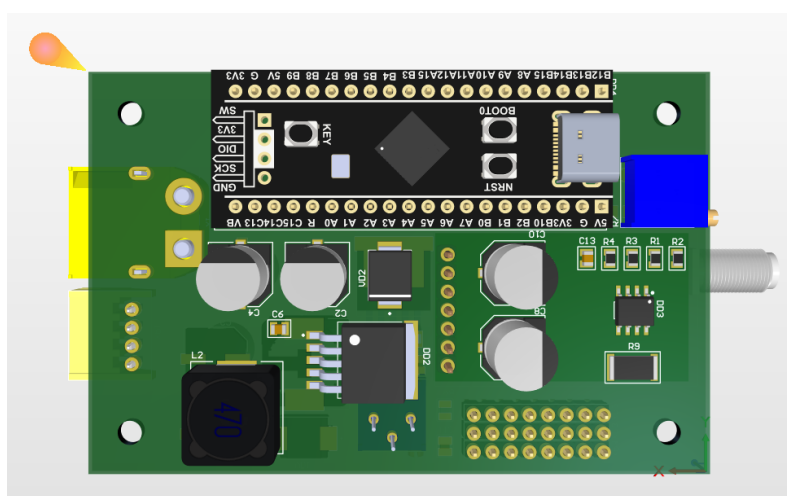


Рисунок 3.11 – Результати компонування ДП приймача в нижньому шарі

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | РЕ01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Відповідно після проведення трасування друкованих плат отримано результати показані на рис. 3.12 – 3.15.

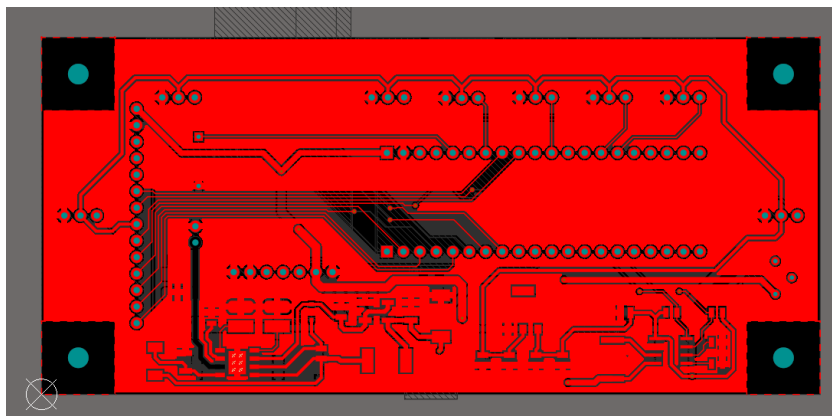


Рисунок 3.12 – Трасування верхнього шару з полігоном землі плати передавача

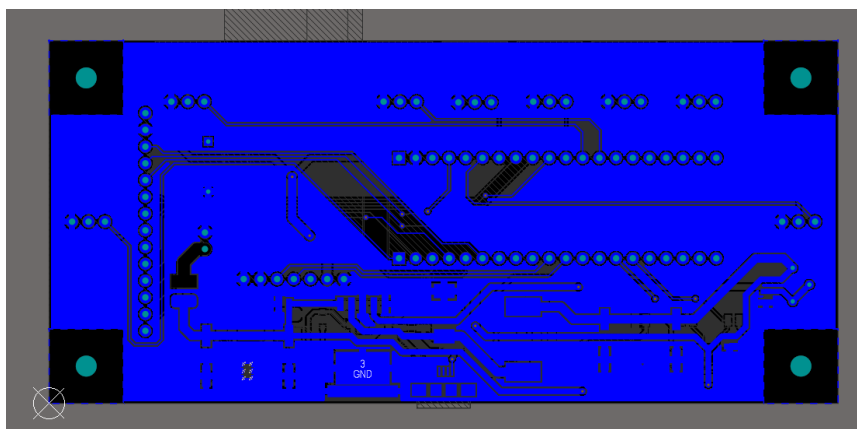


Рисунок 3.13 – Трасування нижнього шару з полігоном землі плати передавача

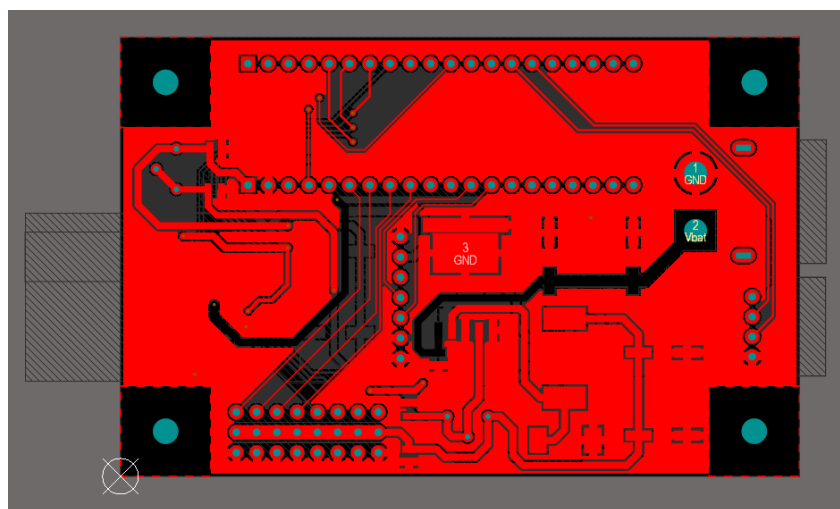


Рисунок 3.14 – Трасування верхнього шару з полігоном землі плати приймача

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | РЕ01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

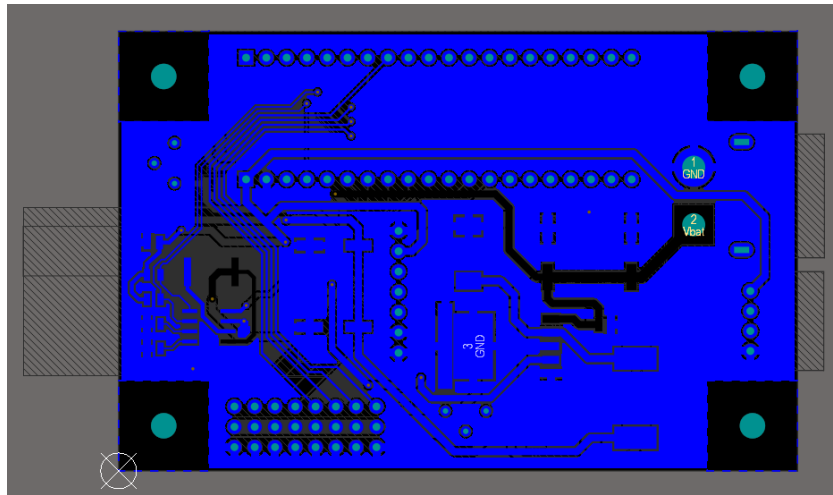


Рисунок 3.15 – Трасування нижнього шару з полігоном землі плати приймача
Отримані друковані плати, виготовлені JLPCB показані на рис. 3.16 [12].

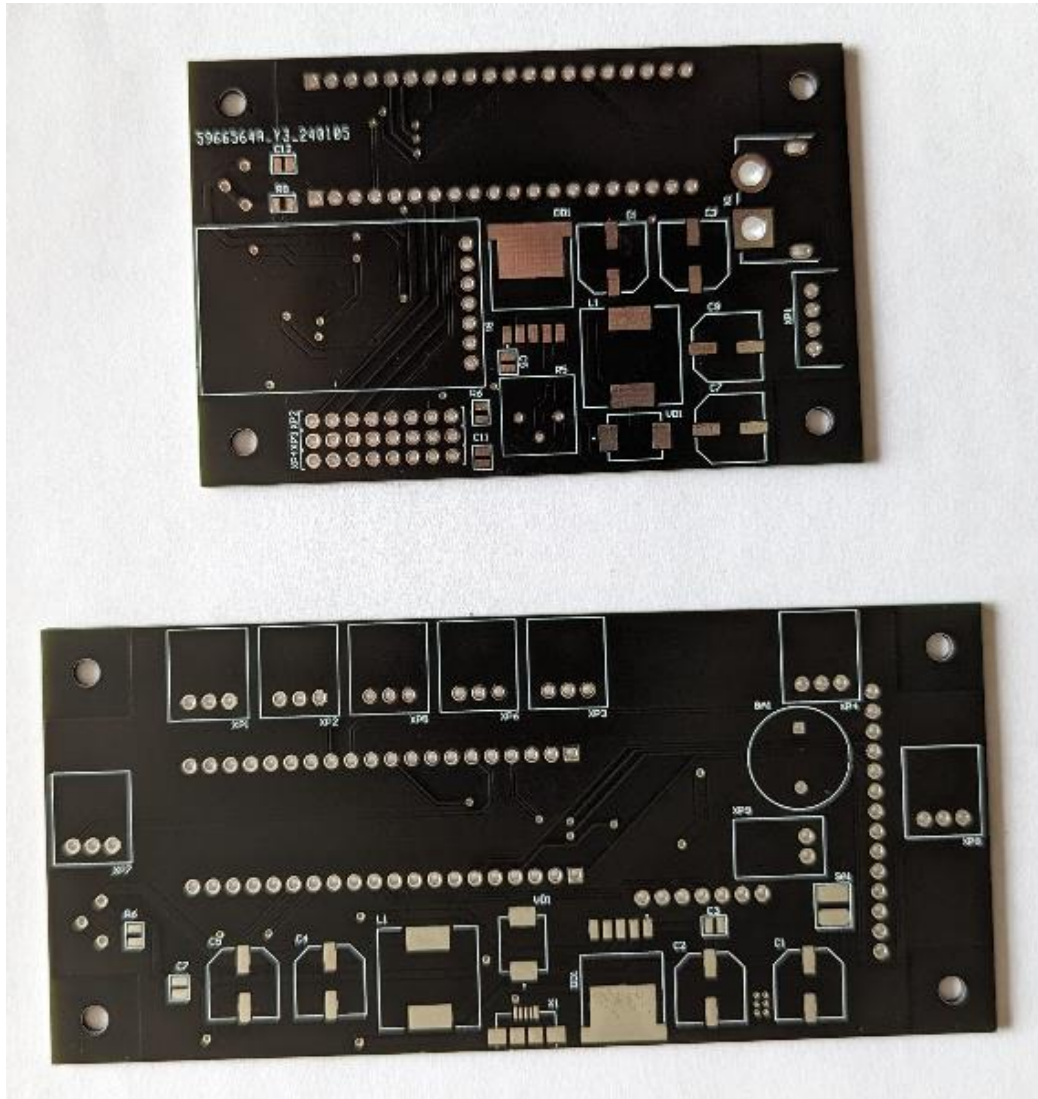


Рисунок 3.16 – Прототип ДП приймача та передавача

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис

33

3.2 Розробка електронних модулів

Відповідно отримано зображення електронних модулів в програмному середовищі, які показані на рис. 3.17 та 3.18.

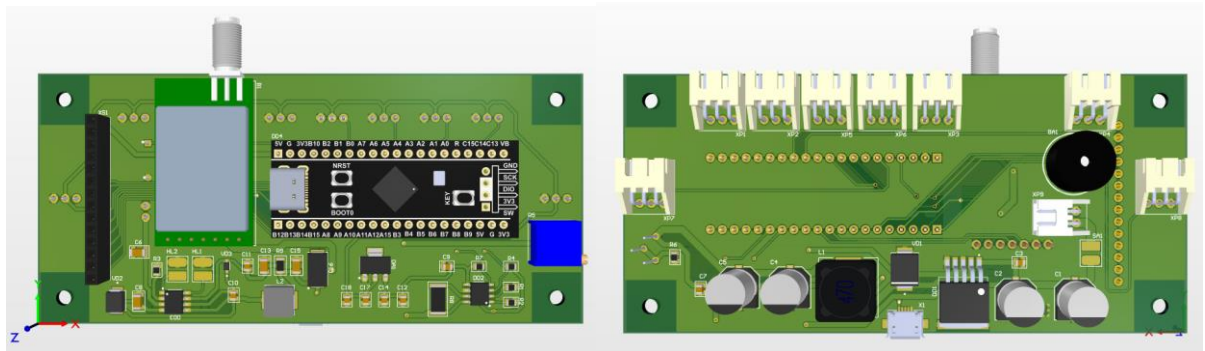


Рисунок 3.17 – Електронний модуль передавача

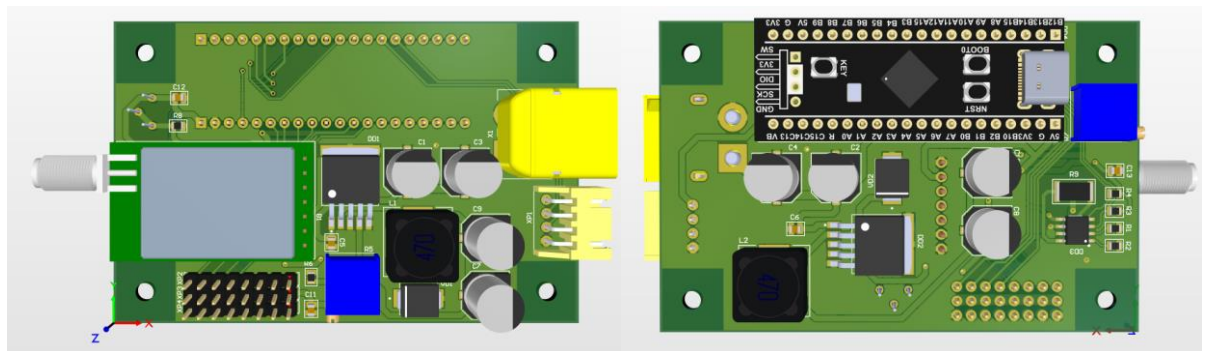


Рисунок 3.18 – Електронний модуль приймача

Також було проведено монтаж електронних компонентів на виготовлені ДП. Розроблені електронні модулі показані на рис. 3.19 – 3.22.

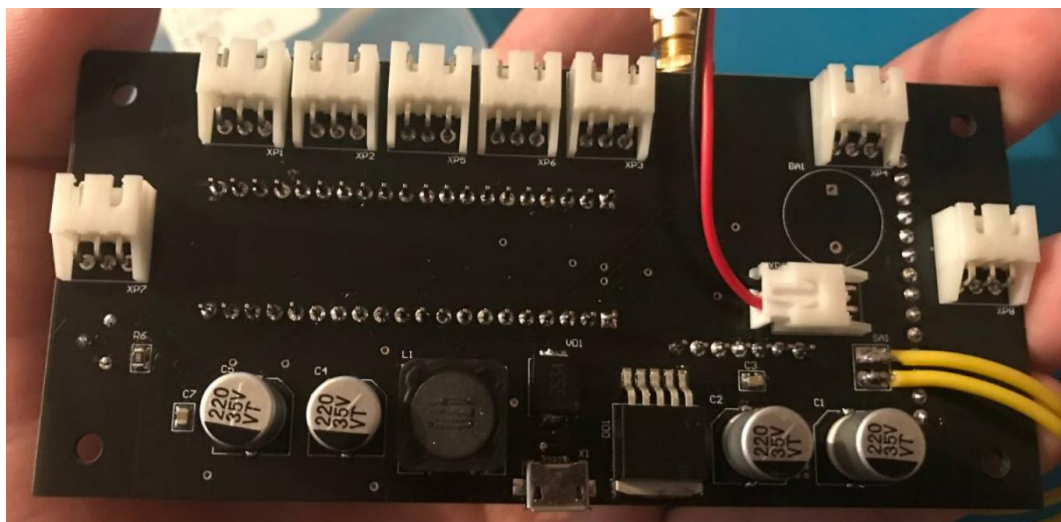


Рисунок 3.19 – Прототип електронного модуля передавача (нижня сторона)

| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |

PE01.468324.001 ПЗ

Лист
34

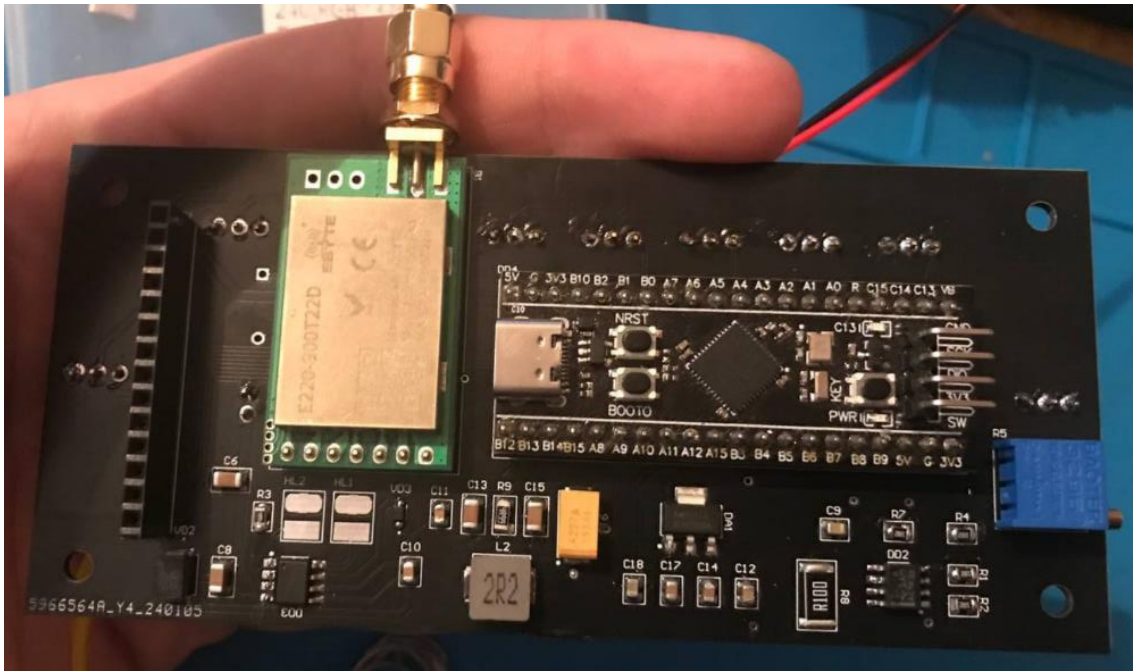


Рисунок 3.20 – Прототип електронного модуля передавача (верхня сторона)



Рисунок 3.21 – Прототип електронного модуля приймача

3.3 Перевірка працездатності

Для перевірки працездатності та коректної роботи пристрою було зібрано основні вузли. Основними пунктами перевірки були:

- Аналіз працездатності блоку заряджання акумуляторної збірки, шляхом вимірювання та індикації світлодіодів.
- Перевірка на завантаження інтерфейсу передавача. Коректність роботи дисплею. Перевірка усіх меню інтерфейсу на відгук при налаштування параметрів.
- Перевірка отримання даних з органів керування.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

- Перевірка отримання напруги акумуляторної збірки.
- Аналіз працездатності радіозв'язку між пристроями.

Деякі із результатів перевірки працездатності показані на рис. 3.22 та 3.23.

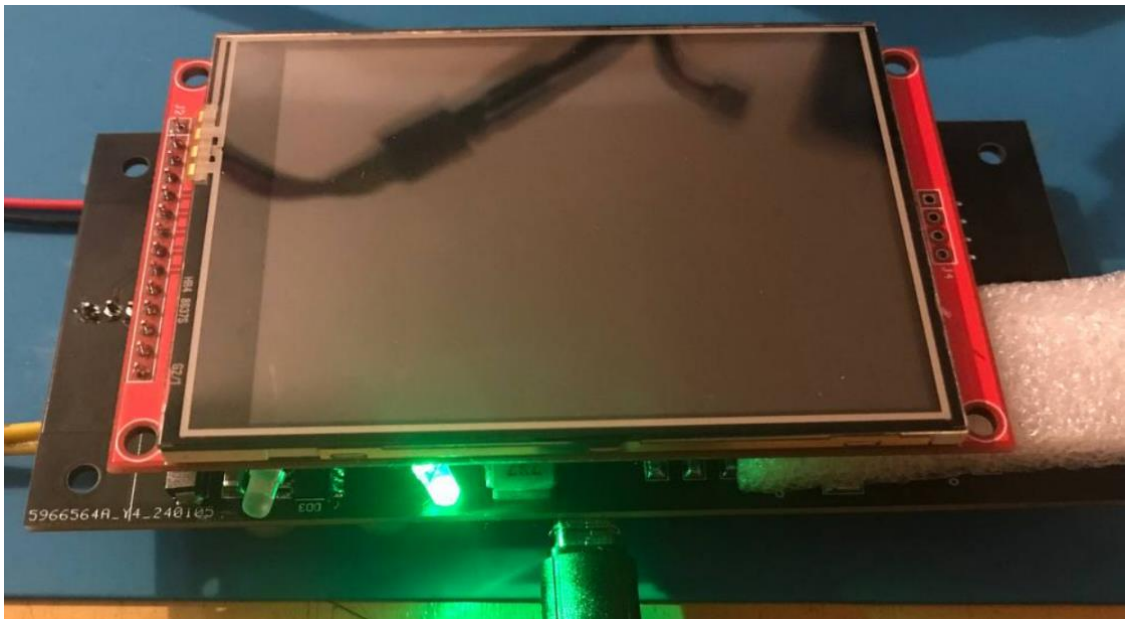


Рисунок 3.22 – Момент перевірки процесу заряджання пристрою

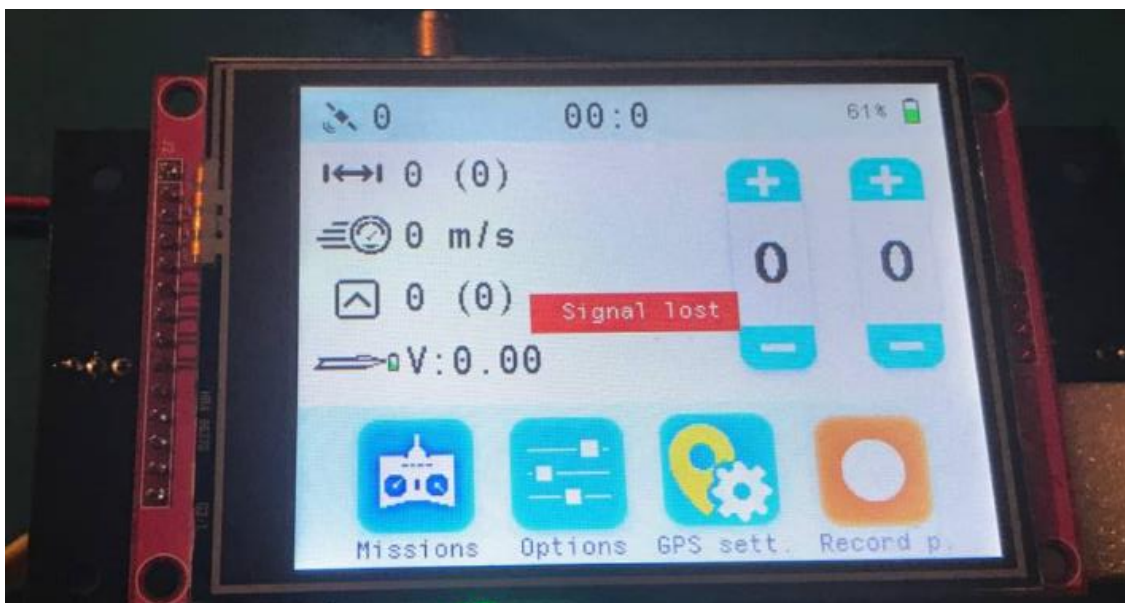


Рисунок 3.23 – Перше увімкнення на бета-інтерфейсі

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ

4.1 Розробка корпусу передавача

Відповідно до вже визначеного типу виробництва, а саме 3D друк частин корпусу пристрою, деякі рішення та розміри були обрані та розраховані для забезпечення кращої якості та точності виробу.

Головною метою під час розробки це забезпечити мінімально можливі габаритні розміри пристрою із врахуванням ергономіки пристрою та елементів які встановлюються.

Для забезпечення ергономіки пристрою було використано наступні антропометричні параметри відповідно ДСТУ EN 547-3-2001:

- P5 – довжина кисті руки: 152 мм;
- P5 – довжина кисті до великого пальця: 88 мм;
- P5 – довжина вказівного пальця: 59 мм;
- P95 – довжина кисті руки із великим пальцем: 120 мм [13].

Опісля, було пророблено ідею позиціонування елементів, які встановлюються в корпус та дизайну пристрою. В результаті чого було отримано наступні рішення.

Корпус передавача складається із трьох основних частин: верхня кришка, нижня кришка та м'яка заглушка порта зарядки. Якщо кришки друкуються із вже визначеного відповідно до вимог пластику PETG, то для виготовлення заглушки використано все ту ж технологію то для виготовлення заглушки використано все ту ж технологію 3D друку, але пластиком TPU, який забезпечить гнучкість та щільність прилягання, та міцність. До того ж, такий матеріал має пам'ять форми, що дозволить йому повертатися в початкову форму при будь-яких деформаціях.

Принцип встановлення компонентів у верхню кришку можна побачити на рис. 4.1 та 4.2. Встановлення усіх компонентів відбувається гвинтами та латунними втулками із різьбою, які впаюються у корпус. Більшість

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 37 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

компонентів кріпиться гвинтами М3 та із застосуванням втулок розміром М3х5х4. Це такі елементи як модуль дисплею, друкована плата та частини корпусу пристрою. Усі інші елементи окрім потенціометрів та тумблерів кріпляться гвинтами М2 та втулками М2х3.5х3. Зазначені ж елементи встановлюються у корпус та закріплюються із зовнішньої сторони спроектованими різьбовими заглушками, які виготовляються за тією ж технологією (рис. 4.3).



Рисунок 4.1 – Принцип встановлення та кріплення елементів передавача

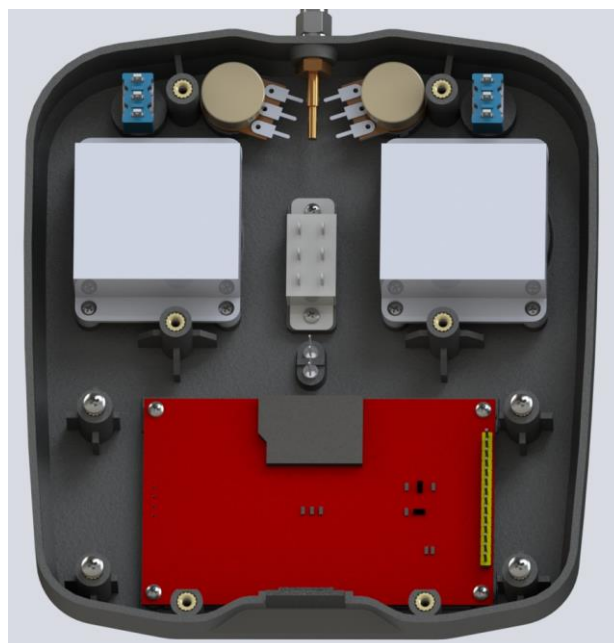


Рисунок 4.2 – Встановлення елементів в корпус

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |



Рисунок 4.3 – Кріплення елементів

Задня ж кришка спроектована для зручного хвату рукою та користуванням пристроєм. Також у нішах знаходиться кріплення акумуляторних батарей розміру 18650 (рис. 4.4).

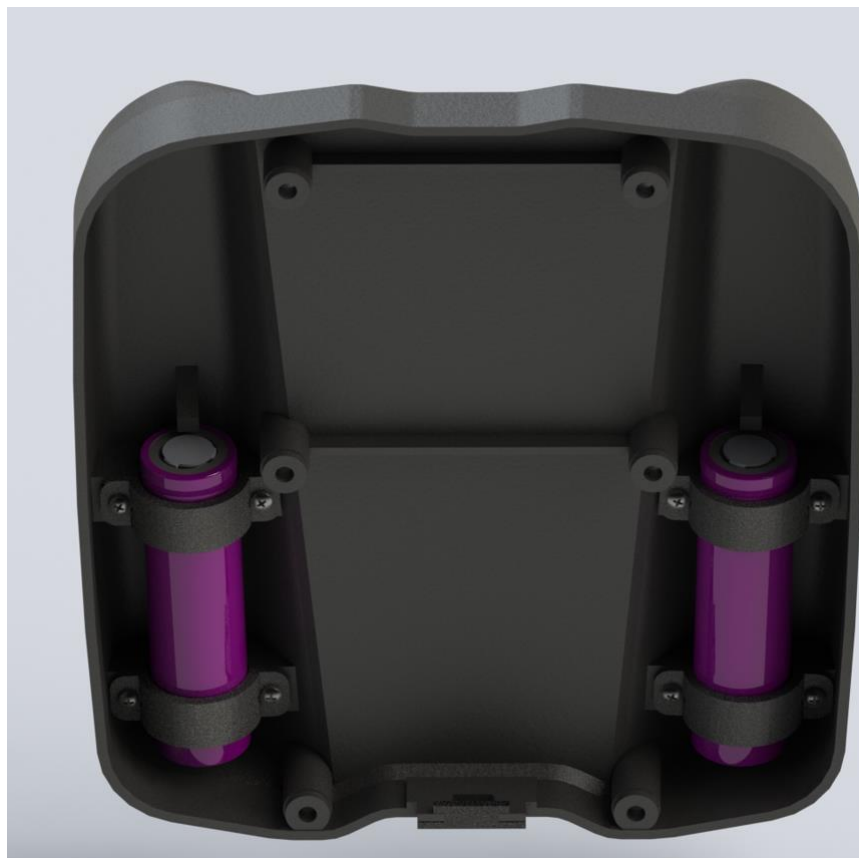


Рисунок 4.4 – Задня кришка корпусу

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис
39



Рисунок 4.5 – Рендери корпусу передавача



Рисунок 4.6 – Передавач із прикладом роботи індикації заряджання

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Що до габаритних розмірів, вони значно менші в порівнянні із запропонованою апаратурою керування інших виробників автопілотів коропових корабликів *FS-i6*. Розміри продемонстровані на рис. 4.7 та 4.8.



Рисунок 4.7 – Габаритні розміри передавача



Рисунок 4.7 – Габаритні розміри апаратури радіокерування *FlySky FS-i6* [14]

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

4.2 Розробка корпусу приймача

Конструкція корпусу приймача значно простіша та не потребує вивчення ергономічних характеристик через відсутність взаємодії із людиною безпосередньо.

Корпус складається із верхньої та нижньої кришки. Кріплення їх між собою та ДП відбувається за допомогою гвинтів М3 та втулок М3х5х5. Корпус має усі необхідні отвори із мінімальним зазором між поверхнями контакту для забезпечення герметичності корпусу. Також верхня кришка має спеціальний бортик для забезпечення більш кращого прилягання поверхонь (рис. 4.8).

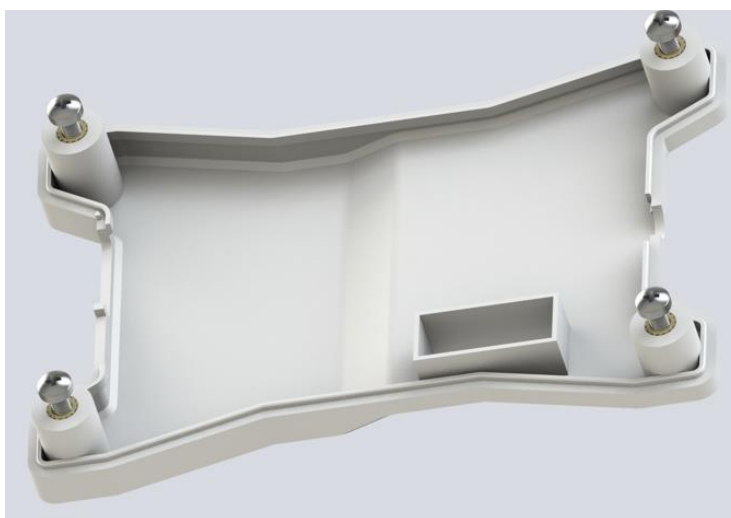


Рисунок 4.8 – Верхня кришка корпусу приймача

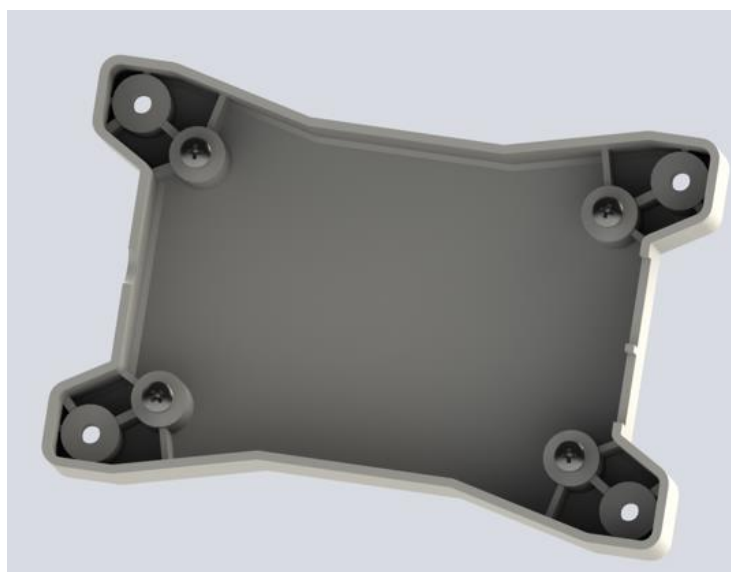


Рисунок 4.9 – Нижня кришка корпусу приймача

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис
42

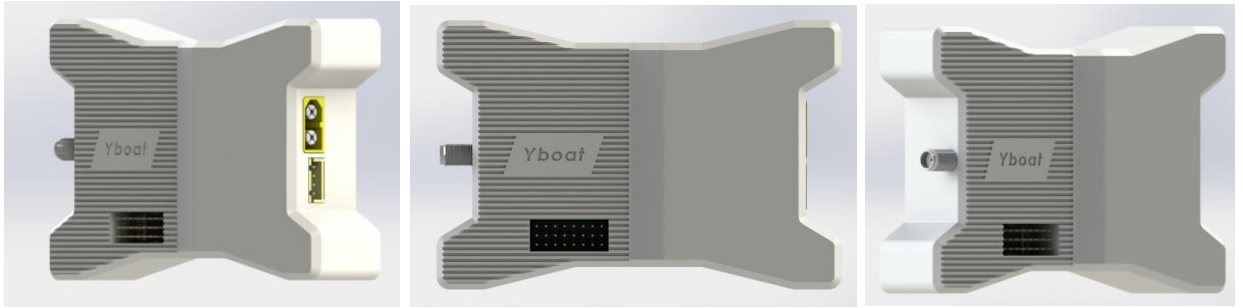


Рисунок 4.10 – Вигляд корпусу приймача

Також сюди можна віднести і корпус GPS модуля, який був спеціально розроблений. Він також складається із верхньої та нижньої кришки, але при цьому кріплення відбувається на защіпках. Вигляд корпусу показано на рис. 4.11.



Рисунок 4.11 – Корпус GPS модуля

4.3 Загальний вигляд пристрою

Завершивши проектування пристрою, було виготовлено моделі корпусу для тестування. Що до особливостей налаштування параметрів 3D друку передавача, було вказано такі параметри, що б готовий виріб мав поверхню із текстурою. В результаті чого корпус втратив би такі негативні ефекти як «скользіння» в руках, тим самим покращило б хват пульта керування та зовнішній вигляд пристрою.

Отримані результати показані на рис. 4.12

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |



Рисунок 4.12 – Зовнішній вигляд прототипу передавача

Зовнішній вигляд передавача із вбудованим інтерфейсом версії v1.0 показані на рис. 4.13 – 4.15.

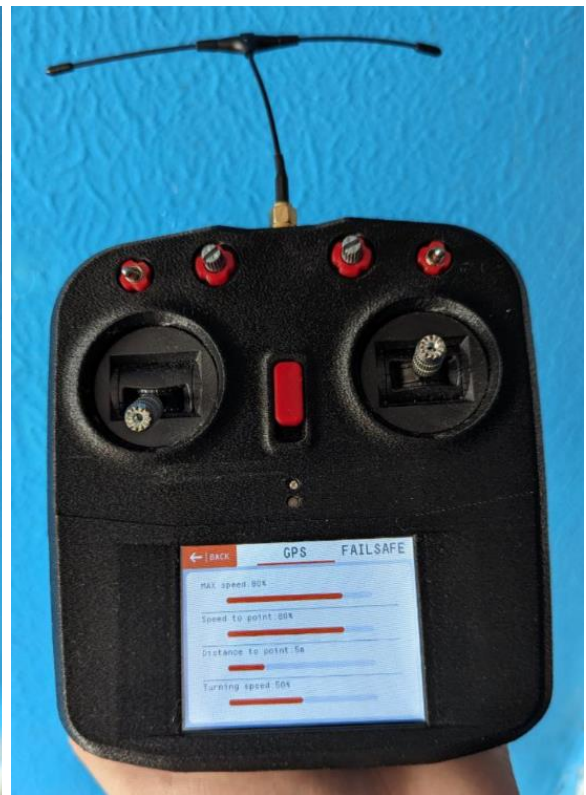
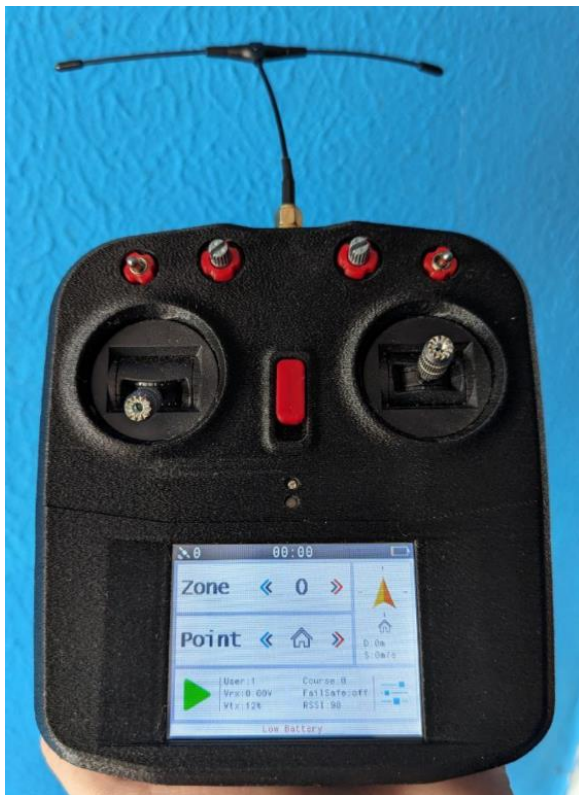


Рисунок 4.13 – Прототип передавача із вбудованим інтерфейсом

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ



Рисунок 4.14 – Сторінки меню вбудованого інтерфейсу



Рисунок 4.15 – Сторінки меню вбудованого інтерфейсу

Фото виготовленого тестового зразку корпусу приймача показано на рис.

4.16.



Рисунок 4.16 – Зовнішній вигляд прототипу приймача

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

5 РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ПРИСТРОЮ

Для розрахунку попередньої ринкової вартості пристрою, сперш було розраховано собівартість, враховуючи кожен елемент пристрою та необхідні розхідники. Розрахунок для передавача та приймача показаний на рис. 5.1 та 5.2.

| | | Передавач | | | |
|---------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-------------------------|
| Тип | Елементи | Ціна одного, \$ | Кількість | Ціна, \$/грн | Вартість товару, \$/грн |
| Модуль зв'язку | E220-900Q22d-EBYTE | 5,3 | 1,0 | | 5,3 |
| Зумер | TMB12A03 | 0,121 | 1,0 | 0,121 | 76,12846687 |
| | 220мкФ 35В SMD sizeE | 0,1126666687 | 4,0 | 0,4506666687 | |
| | 0805 1 мкФ | 0,0105 | 5,0 | 0,0525 | |
| | 1206 22 мкФ | 0,0139 | 4,0 | 0,0556 | |
| | 0805 100мкФ | 0,0071 | 2,0 | 0,0142 | |
| | 0805 10мкФ | 0,0108 | 2,0 | 0,0216 | |
| Конденсатори | Танталовий 220 мкФ 6,3 В | 0,141 | 1,0 | 0,141 | |
| Стабілізатор | AMS1117-3,3_SOT-223 | 0,054 | 1,0 | 0,054 | |
| | LM2596S-ADJ-TO-263 | 0,2693333333 | 1,0 | 0,2693333333 | |
| | INA219A(SO-8) | 0,75 | 1,0 | 0,75 | |
| | FM4256 (плата) | 2,7 | 1,0 | 2,7 | |
| Мікросхеми | STM32F411CEU6 | 4,4 | 1,0 | 4,4 | |
| | Зелений | 0,007 | 1,0 | 0,007 | |
| Світлодіоди | Червоний | 0,0075 | 1,0 | 0,0075 | |
| | (470) 47 мГн | 0,176 | 1,0 | 0,176 | |
| Індуктивності | 2R2 | 0,087 | 1,0 | 0,087 | |
| | 0805 10 кОм | 0,0047 | 4,0 | 0,0188 | |
| | 0805 4,99 кОм | 0,0108 | 1,0 | 0,0108 | |
| | 3296P 10кОм | 0,148 | 1,0 | 0,148 | |
| | 08005 330 Ом | 0,0047 | 1,0 | 0,0047 | |
| | 2512 0,1 Ом | 0,0244 | 1,0 | 0,0244 | |
| Резистори | 1206 4,99 (з модуля) Ом (5,1) | 0,0112 | 1,0 | 0,0112 | |
| Перемикач | SS-22L05 On | 0,466 | 1,0 | 0,466 | |
| | SS34 | 0,0875 | 1,0 | 0,0875 | |
| | SS24 | 0,0356 | 1,0 | 0,0356 | |
| Діоди | 1N4148WS(SOD-323) | 0,0116 | 1,0 | 0,0116 | |
| | Micro – USB 5 pin | 0,049 | 1,0 | 0,049 | |
| | S3B-XH-A (LF)(SN) | 0,1236666687 | 8,0 | 0,9893333333 | |
| | S2B-XH-A (LF)(SN) | 0,391 | 1,0 | 0,391 | |
| Роз'єми | PBS-8 | 0,2116666687 | 1,0 | 0,2116666687 | |
| ДП | JLPCFB | 2,02 | 1,0 | 2,02 | |
| Інші покупні вироби | 10 кОм Потенціометр | 0,29 | 2,0 | 0,58 | |
| | MTS-102 | 0,8 | 2,0 | 1,6 | |
| | XH-2,54 3 pin | 0,14 | 8,0 | 1,12 | |
| | XH-2,54 2 pin | 0,182 | 1,0 | 0,182 | |
| | Провід 28 AWG | 0,26 | 0,5 | 0,13 | |
| Корпуса | Корпус | 5,1 | 1,0 | 5,1 | |
| | Елементи | 2 | 1,0 | 2 | |
| Екран | IL19341 3,2 | 9,92 | 1,0 | 9,92 | |
| | m2x5 | 0,026 | 12,0 | 0,312 | |
| | m2x6 | 0,0272 | 8,0 | 0,2176 | |
| | m2x3 | 0,0238 | 2,0 | 0,0472 | |
| | m3x10 | 0,0448 | 6,0 | 0,2688 | |
| Кріплення | m3x6 | 0,0416 | 4,0 | 0,1664 | |
| | 35X42small-DYG-3 | 10,63 | 1,0 | 10,63 | |
| Діодистики | 35X42small-DYG-4 | 10,63 | 1,0 | 10,63 | |
| | 2мм | 0,5366666687 | 0,2 | 0,1073333333 | |
| Термоусадка | 3мм | 0,5366666687 | 0,2 | 0,1073333333 | |
| | m2x3,5 | 0,0436 | 18,0 | 0,7848 | |
| Втулки | m3x4 | 0,046 | 10,0 | 0,46 | |
| Акумулятор | | 3,741 | 2,0 | 7,482 | |
| Актений провідник | No 4 M to F 10cm | 1,74 | 1,0 | 1,74 | |
| Антенна | T-antenna | 3,46 | 1,0 | 3,46 | |

Рисунок 5.1 – Розрахунок собівартості передавача

| | | Приймач | | | |
|-------------------|-------------------------|-----------------|-----------|--------------|-------------------------|
| Тип | Елементи | Ціна одного, \$ | Кількість | Ціна, \$/грн | Вартість товару, \$/грн |
| Модуль зв'язку | E220-900Q22d-EBYTE | 5,3 | 1,0 | | 5,3 |
| | 220мкФ 35В SMD sizeE | 0,1126666687 | 8,0 | 0,9013333333 | 1182,908 |
| Конденсатори | 0805 1 мкФ | 0,0105 | 5,0 | 0,0525 | |
| | LM2596S-ADJ-TO-263 | 0,2693333333 | 2,0 | 0,5386666687 | |
| | INA219A(SO-8) | 0,75 | 1,0 | 0,75 | |
| Мікросхеми | STM32F401CCU6 | 1,865 | 1,0 | 1,865 | |
| Індуктивності | (470) 47 мГн | 0,176 | 2,0 | 0,352 | |
| | 0805 10 кОм | 0,0047 | 4,0 | 0,0188 | |
| | 3296P 10кОм | 0,148 | 2,0 | 0,296 | |
| | 08005 330 Ом | 0,0047 | 2,0 | 0,0094 | |
| Резистори | 2512 0,1 Ом | 0,0244 | 1,0 | 0,0244 | |
| Діоди | SS34 | 0,0875 | 2,0 | 0,175 | |
| | S4B-XH-A (LF)(SN) | 0,213 | 1,0 | 0,213 | |
| | XT60PWH-M30.G.Y - AMASS | 0,181 | 1,0 | 0,181 | |
| Роз'єми | PLS-8 | 0,2116666687 | 3,0 | 0,635 | |
| Плата | JLPCFB | 1,1 | 1,0 | 1,1 | |
| | m3x10 | 0,0446 | 4,0 | 0,1784 | |
| Кріплення | m3x6 | 0,0416 | 4,0 | 0,1664 | |
| Втулки | m3x4 | 0,046 | 8,0 | 0,368 | |
| Актений провідник | No 4 M to F 20cm | 1,94 | 1,0 | 1,94 | |
| Антенна | antenna | 2,3 | 1,0 | 2,315 | |
| Корпуса | Корпус | 2 | 1,0 | 2 | |
| GPS модуль | GPS модуль | 7 | 1 | 7 | |
| Шнур GPS | | 0,8 | 1 | 0,8 | |
| Корпус GPS | | 0,3 | 1 | 0,3 | |
| ХТ60 перелідник | | 1,5 | 1 | 1,5 | |
| Перемикач під ESC | | 0,6 | 1 | 0,6 | |

Рисунок 5.2 – Розрахунок собівартості приймача

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата |

PE01.468324.001 ПЗ

Лис

46

Відповідно до розрахунків, собівартість всього пристрою рівна 106 доларів США, або відповідно 4230 гривень.

Відповідно розрахуємо попередню вартість пристрою за формулою:

$$\text{Вартість} = \text{Собівартість} \cdot 1.8 \quad (5.1)$$

Отримуємо попередню ринкову вартість пристрою 7614 гривня.

В таблиці 5.1 показано порівняння вартості пристрою із аналогами на ринку. Варто врахувати, для повноцінного порівняння із аналогами потрібно також врахувати в ціну апаратуру радіокерування FS-I6 із приймачем.

Таблиця 5.1 – Порівняння вартості пристроїв.

| Пристрій | Вартість, грн | Із врахуванням вартості FS-I6 із приймачем, грн | Остаточна вартість, грн |
|----------------------|---------------|---|-------------------------|
| Runferry V7 [1] | 7460 | 2400 [14] | 9860 |
| Twin GPS [2] | 7000 | | 9400 |
| Skipper [3] | 4500 | | 6900 |
| DAPA GPS [4] | 3999 | | 6399 |
| Розроблений пристрій | 7614 | - | 7614 |

ВИСНОВКИ

У ході розробки пристрою були проведені наступні етапи: аналіз існуючого стану об'єкту, обґрунтування схемотехнічного завдання, проектування електронного модуля, проектування приладу та розрахунок вартості приладу.

Під час аналізу існуючого стану об'єкту було вивчено та проаналізовано основні переваги та недоліки аналогів на ринку, їх технічні характеристики, функціональність, схемотехнічні та конструкторські рішення. На отриманих даних було сформовано основні вимоги до пристрою та його концепцію.

Було розроблено схеми електричні структурні, які описують принцип роботи пристрою, його основні вузли та можливості. За результатами розроблено схеми електричні принципові із врахуванням раніше визначених вимог та технічних характеристик розробленого пристрою. Проектування електронного модуля включало розробку друкованих плат пристрою, що включало необхідні розрахунки компоновання та трасування для правильної роботи пристрою. За результатами роботи було отримано технологічні файли друкованих плат та попередній вигляд електронного модуля пристрою. Для перевірки працездатності було розроблено прототипи електронних модулів приймача та передача, за якою було визначено повністю коректність роботи із забезпеченням передбаченої функціональності та технічних характеристик.

В ході проектування пристрою було розроблено корпуси із врахуванням дизайну та ергономічності пристрою для елементів апаратури радіокерування включаючи: передавача та його конструктивні елементи, передавача та GPS модуля. Відповідно було розроблено прототип, та перевірено його роботу із новим програмним забезпеченням версії 1.0.

Також розраховано очікувану вартість пристрою, яка складає 7614 грн, що є нижче середньої ринкової вартості, враховуючи необхідність придбання додаткових елементів для повноцінної роботи аналогів.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 48 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автопілот Runferry V7 [Електронний ресурс] // Runferry – Режим доступу до ресурсу:
https://runferry.com/index.php?route=product/product&path=72&product_id=562#
2. GPS автопілот Twin GPS [Електронний ресурс] // Twin-GPS – Режим доступу до ресурсу: <https://twin-gps.com/uk/catalog/>
3. Автопілот Skipper [Електронний ресурс] // OLX – Режим доступу до ресурсу: <https://www.olx.ua/d/uk/obyavlenie/avtopilot-shkipper-dlya-karpovogo-korablika-IDLjSHf.html?isPreviewActive=0&sliderIndex=0>
4. DAPA GPS [Електронний ресурс] // OLX – Режим доступу до ресурсу: https://www.olx.ua/d/uk/obyavlenie/avtoplot-dlya-karpovogo-korablika-IDToOGY.html?reason=ip%7Ccool_rec_platform
5. LM2596 Datasheet [Електронний ресурс] // Texas instruments – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
6. INA219 Datasheet [Електронний ресурс] // Texas instruments – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf>
7. SCB1207-470M Datasheet [Електронний ресурс] // RCS Components – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/SCB-1.pdf>
8. SS34 Datasheet [Електронний ресурс] // RCS Components – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/SS32-SS310.pdf>
9. 10104110-0001LF Datasheet [Електронний ресурс] // RCS Components – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/10104110-0001lf.html>
10. 3.2 inch display module size [Електронний ресурс] // Made-In-China – Режим доступу до ресурсу: <https://image.made-in->

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 49 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

china.com/2f0j00nCyWMApcNFoS/3-2-Inch-240X320-TFT-LCD-Display-Module-Touch-Panel-Drive-IC-Ili9341-PCB-adapter-Spi-Interface.webp

11. PCB Trace Width Calculator [Електронний ресурс] // PCBway – Режим доступу до ресурсу: https://www.pcbway.com/pcb_prototype/trace-width-calculator.html
12. JLCPCB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jlcpcb.com/>
13. ДСТУ EN 547-3-2001 [Електронний ресурс] // ДНАОП – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/62104/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_EN_547-3-2001
14. FlySky FS-I6 [Електронний ресурс] // Mini-Tech – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mini-tech.com.ua/flysky-fs-i6>

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------|------------|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | <i>Лис</i> |
| | | | | | | 50 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

ДОДАТОК А

Міністерство освіти та науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ
Апаратура радіокерування з елементами автопілоту

Київ 2024

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | РЕ01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 51 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва: «Апаратура радіокерування з елементами автопілоту».

Підставою для виконання є завдання на дипломний проєкт.

2 МЕТА ВИКОНАННЯ ДКР І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою є розробка апаратури радіокерування із вбудованим автопілотом для радіокерованих моделей коропових човнів, які застосовується в професійній і любительській риболовлі. Також є можливість встановлення на будь-які інші надводні радіокеровані моделі загального та спеціального призначення із збереженням працездатності вбудованих функцій. В режимі звичайної апаратури керування із втратою функцій автопілоту можна встановлювати на будь-які радіокеровані моделі.

3 СКЛАД ПРОДУКЦІЇ

Комплектація:

- Пульти дистанційного керування (Передавач);
- Приймач;
- Антенна передавача;
- Антенна приймача;
- GPS модуль;
- Перехідник ESC регулятора;
- Антенний подовжувач;
- Перехідник XT60.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Призначення

Типу з'єднання: бездротове, двостороння комунікація;

Робочий діапазон частот: 868МГц–915МГц;

Радіус радіо-зв'язку: до 1000 м;

Напруга живлення передавача: 2S Li-ion;

Напруга живлення приймача: 2S – 6S Li-ion;

Вхідний роз'єм зарядки передавача Micro-USB;

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 52 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

Роз'єм живлення типу XT60 розташований безпосередньо на платі. Вихідні роз'єми для PWM Channels штирьовий із кроком 2,54 мм «male».

4.2 Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичні вимоги УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69.

Захист від механічний впливів Н7 згідно ГОСТ 16019-2001.

Захист від пилу та вологості IP54 згідно ГОСТ 14254. На плату приймача нанести ізоляційний лак.

4.3 Надійності

Середній наробіток на відмову не менше 1000 годин. Середній строк безвідмовної роботи, не менше 7 років.

4.4 Конструкції

Пристрій являє собою передавач та приймач.

Апаратура керування із зручною ергономікою та малогабаритною. На передній панелі розміщений екран, два джойстика, AUX Channels у вигляді двох потенціометрів та двох тумблерів.

Зберегти габаритність приймача в межах середнього (близько 100 мм довжини). Забезпечити зручного підключення таких елементів: антенний перехідник, GPS модуль, роз'єм живлення та інших регуляторів в шину керування незалежно від типу та місця встановлення на борту човна.

4.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Передавач має бути зручна у використанні, колір не регламентований. Екран має бути розміщений у нижній або центральній частині пристрою. При проектуванні передбачити шорохуватість поверхні або протиковзі елементи на частинах корпусу.

Колір приймача не регламентований. Форму приймача розробити таким чином, що б забезпечити мінімально можливі розміри відповідно до ДП.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 53 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Забезпечити можливість мінімальної самостійної діагностики неполадок та можливість замінити акумулятори, джойстики, тумблери, екран або інші органи керування.

4.7 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки ДСТУ.

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

4.8 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 15150-69.

Зберігання: складське приміщення з частковим опаленням

5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ

Матеріал плати FR-4. Матеріал обрати відповідно до технології 3D друку із подальшим виготовленням усіх елементів корпусу.

6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

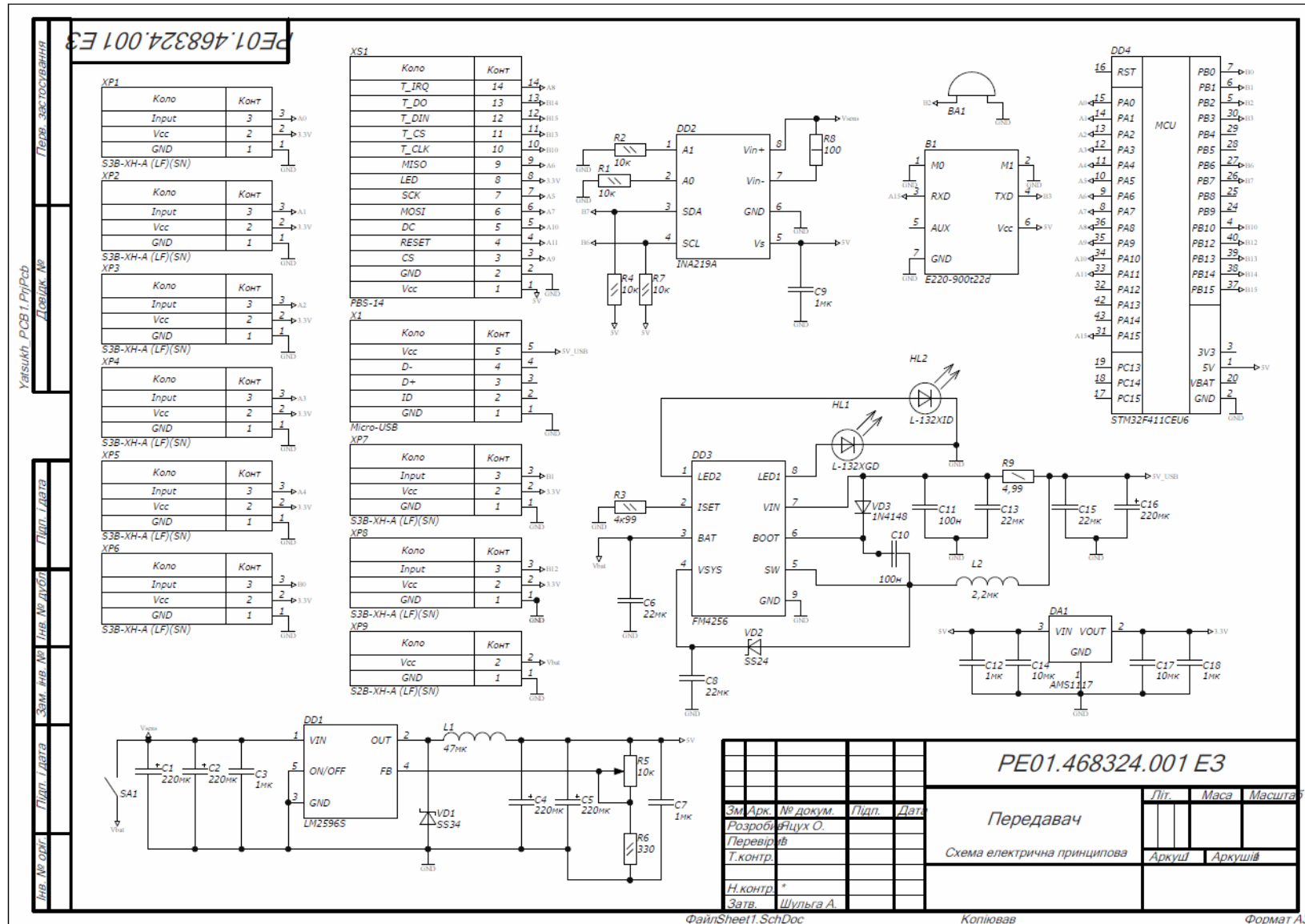
Маркування: не передбачено

Пакування: не передбачено.

Консервація: не передбачено.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | PE01.468324.001 ПЗ | Лис |
| | | | | | | 54 |
| Зм. | Лис | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТОК Б. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ПЕРЕДАВАЧА



PE01.468324.001 E3

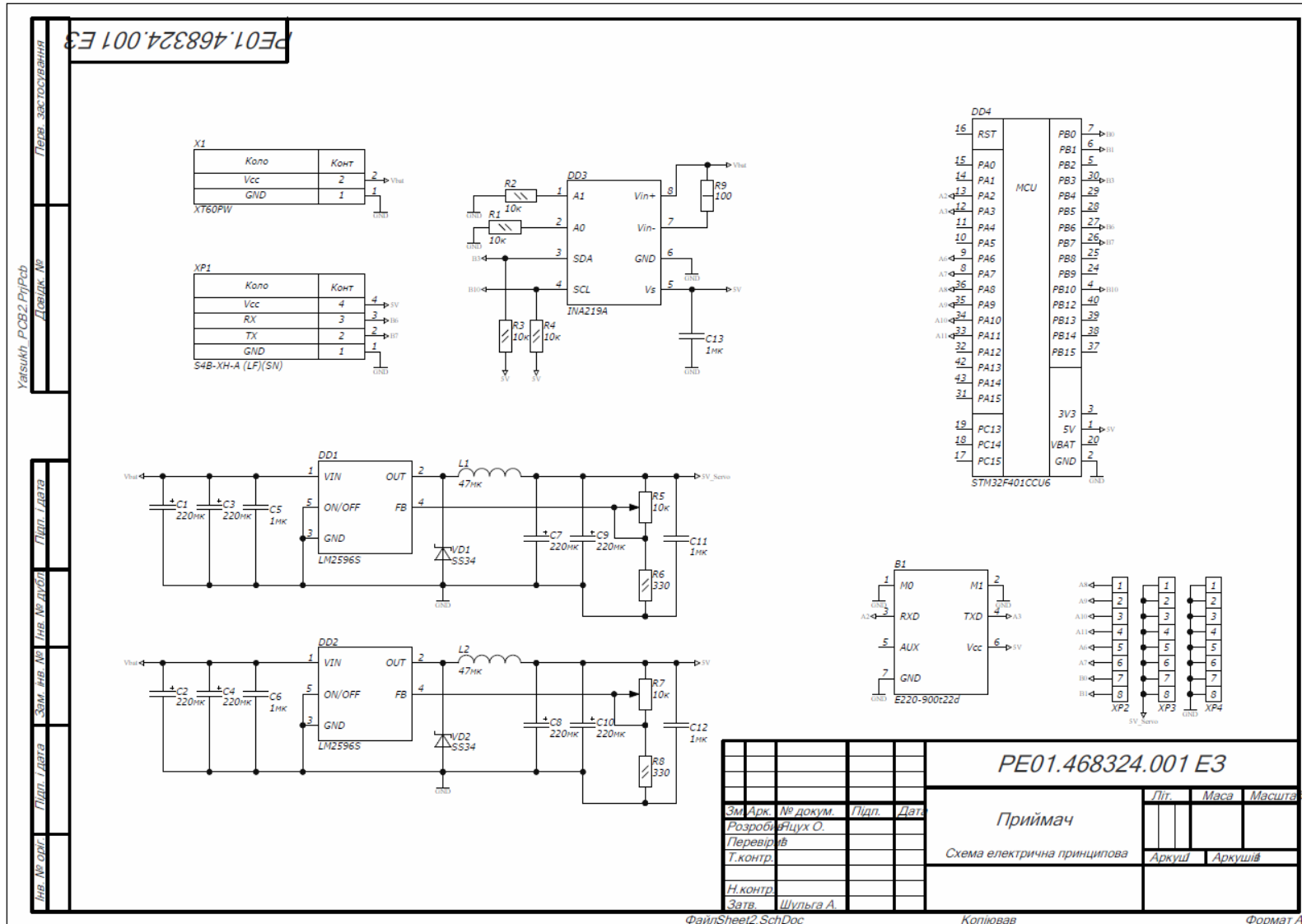
Передавач

Схема електрична принципова

| | | | |
|-----------|-----------|-------|------|
| Зм. Арк. | № докум. | Підп. | Дат. |
| Розробив | Щульга О. | | |
| Перевірив | | | |
| Т.контр. | | | |
| Н.контр. | | | |
| Затв. | Щульга А. | | |

| | | |
|-------|---------|---------|
| Літ. | Маса | Масштаб |
| | | |
| Аркуш | Аркушів | |

ДОДАТОК В. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ПРИЙМАЧА



PE01.468324.001 E3

| Зм. Арк. | № докум. | Підп. | Дат. | Літ. | Маса | Масштаб |
|-----------|-----------|-------|------|------|------|---------|
| Розробл. | Фіцух О. | | | | | |
| Перевірл. | Ф | | | | | |
| Т.контр. | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | |
| Затв. | Шульга А. | | | | | |

Приймач

Схема електрична принципова

Аркущ Аркуші

Файл: Sheet2.SchDoc

Копіював

Формат: A3

ДОДАТОК Г. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ПЕРЕДАВАЧА

| Поз. позн. | Найменування | Кільк. | Примітка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------|----------|----------|----------|--------|-----|---|---------|--|--|---------|--|--|--|---------|--|--|--|--------|--|--|--|-------|-----------|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B1 | Модуль зв'язку E220-900t22d-EBYTE | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BA1 | Зумер, TMB12A03 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Конденсатори</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C1, C2 | ELV221M35RE-Hitano (220мкФ 35В SMD sizeE 8x10.5) | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C3 | C0805B105K250N3-Hitano (1мкФ 25В X7R 10% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C4, C5 | ELV221M35RE-Hitano (220мкФ 35В SMD sizeE 8x10.5) | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C6 | C1206B226K100N2-Hitano (22мкФ 10В X7R 10% C1206) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C7 | C0805B105K250N3-Hitano (1мкФ 25В X7R 10% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C8 | C1206B226K100N2-Hitano (22мкФ 10В X7R 10% C1206) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C9 | C0805B105K250N3-Hitano (1мкФ 25В X7R 10% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C10, C11 | C0805B104K160NT-Hitano(100нФ 16В X7R 10% 0805) | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C12 | C0805B105K250N3-Hitano (1мкФ 25В X7R 10% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C13 | C1206B226K100N2-Hitano (22мкФ 10В X7R 10% C1206) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C14 | C0805Y106M063N3-Hitano(10мкФ 6,3В Y5V 20% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C15 | C1206B226K100N2-Hitano (22мкФ 10В X7R 10% C1206) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C16 | 293D227X96R3D2TE3-Vishay (220мкФ 6,3В 10%) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C17 | C0805Y106M063N3-Hitano(10мкФ 6,3В Y5V 20% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C18 | C0805B105K250N3-Hitano (1мкФ 25В X7R 10% 0805) | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DA1 | Стабілізатор, AMS1117-3.3_SOT-223 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PE01.468424.001ПЕ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Зм. Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дат</td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Яцух О.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перевір</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.конт</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Замв.</td> <td>Шульга А.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | | Зм. Арк. | № докум. | Підпис | Дат | Розроб. | Яцух О. | | | Перевір | | | | Т.контр | | | | Н.конт | | | | Замв. | Шульга А. | | |
| Зм. Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Розроб. | Яцух О. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевір | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.контр | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.конт | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Замв. | Шульга А. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Літера</td> <td>Аркуш</td> <td>Аркушів</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> </table> | | Літера | Аркуш | Аркушів | | 1 | 3 | <p align="center">Передавач Перелік елементів</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Літера | Аркуш | Аркушів | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Поз. позн. | Найменування | Кільк. | Примітка |
|--------------------------|--|----------|------------|
| R8 | RL2512JK-0R1-Hitano (0.1Ом 1% 1Вm 2512) | 1 | |
| R9 | RC1206FR-4R99-Hitano (4,99 Ом 1% 0,25W 1206) | 1 | |
| <u>Перемикачі</u> | | | |
| SA1 | 1101M1S3CQE2 C&K (6A 28В) | 1 | |
| <u>Діоди</u> | | | |
| VD1 | SS34 TOSHLBAO (DO-214AB) | 1 | |
| VD2 | SS24-YJ (DO-214AA) | 1 | |
| VD3 | 1N4148WS(SOD-323)- Yangjie | 1 | |
| <u>Роз'єми</u> | | | |
| X1 | 10104110-0001LF – ACS (Micro – USB 5 pin) | 1 | |
| XP1–XP8 | S3B-XH-A (LF)(SN) J.S.T. Deutschland GmbH | 8 | |
| XP9 | S2B-XH-A (LF)(SN)-JST | 1 | |
| XS1 | L-KLS1-208-1-14-S | 1 | |
| РЕ01.468424.001ПЕ | | | |
| Зм | Арк. | № докум. | Підпис/Дат |
| | | | Аркуш 3 |

Іне. № орг. | Дата и підпис | Зам. іне. № | Іне. № дубл. | Підпис і дата

ДОДАТОК Б. КРЕСЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПЕРЕДАВАЧА

Лист застосування

Довідк. №

Лист № орз.

Лист № орз.

Лист № орз.

Лист № орз.

Лист № орз.

Лист № орз.

PE01.758724.001

5.65±0.12

120.00±0.4

55.00±0.3

Ø3.30±0.12
4 отв.

1.60*

108.70±0.35

43.70±0.25

Рисунок 1 - Структура шарів друкованої плати

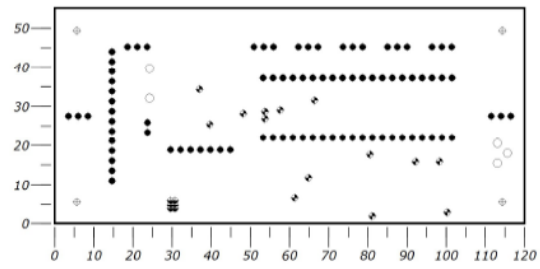
| Material | Layer | Thickness | Gerber |
|--------------------------|---------------------|----------------|------------|
| Шовкографія | Top Overlay | | GTO |
| Захисна маска | Top Solder | 0.025mm | GTS |
| Мідь | Top Layer | 0.035mm | GTL |
| FR-4 | | 1.500mm | |
| Мідь | Bottom Layer | 0.035mm | GBL |
| Захисна маска | Bottom Solder | 0.025mm | GBS |
| Шовкографія | Bottom Overlay | | GBO |
| Total thickness: 1.621mm | | | |

1. * Розміри для довідок.
2. Плату виготовити відповідно до вимог IPC-6011, клас 1.
3. Плату виготовити методом металізації наскрізних отворів.
4. Кількість і параметри отворів та у відповідності до Таблиці 1 та Додаткового виду А.
5. Інформація про структуру шарів друкованої плати наведена на рис. 1.
6. При виготовленні плати застосувати технологічні файли:
 - а) Верхній шар провідників PE01.758724.001.GTL;
 - б) Нижній шар провідників PE01.758724.001.GBL;
 - в) Верхній шар паяльної маски PE01.758724.001.GTS;
 - г) Нижній шар паяльної маски PE01.758724.001.GBS;
 - д) Верхній шар маркування PE01.758724.001.GTO;
 - е) Нижній шар маркування PE01.758724.001.GBO;
 - є) Контур плати PE01.758724.001.GM4;
 - ж) Координати отворів PE01.758724.001.DRL.

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|-----------------|-------------------------------|-----------|---------|
| | | | | PE01.758724.001 | | | |
| Зм. | Арк. | № док. | Підпис | Дата | Друкована плата передавача | | |
| Розроб. | Яцук О. | | | | | | |
| Перевір. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | |
| Затв. | Шульга А. | | | | FR-4 35/35 1.5 | | |
| | | | | | Літ. | Маса | Масштаб |
| | | | | | Аркуш 1 | Аркушів 2 | 1:1 |
| | | | | | Формат А3 | | |

PE01.758724.001

Додатковий вид А



Таблиця 1 - Діаметри отворів

| Symbol | Count | Hole Size | Plated | Via / Pad |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------|
| ⬇ | 6 | 0.20mm | Plated | Via |
| ⬇ | 14 | 0.50mm | Plated | Via |
| □ | 5 | 0.80mm | Plated | Pad |
| • | 87 | 1.10mm | Plated | Pad |
| ⊕ | 4 | 3.30mm | Non-Plated | Pad |
| | 116 Total | | | |

Інв. № опіз. Підп. і дата
Зам. інв. № Підп. і дата
Інв. № опіз. Підп. і дата

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

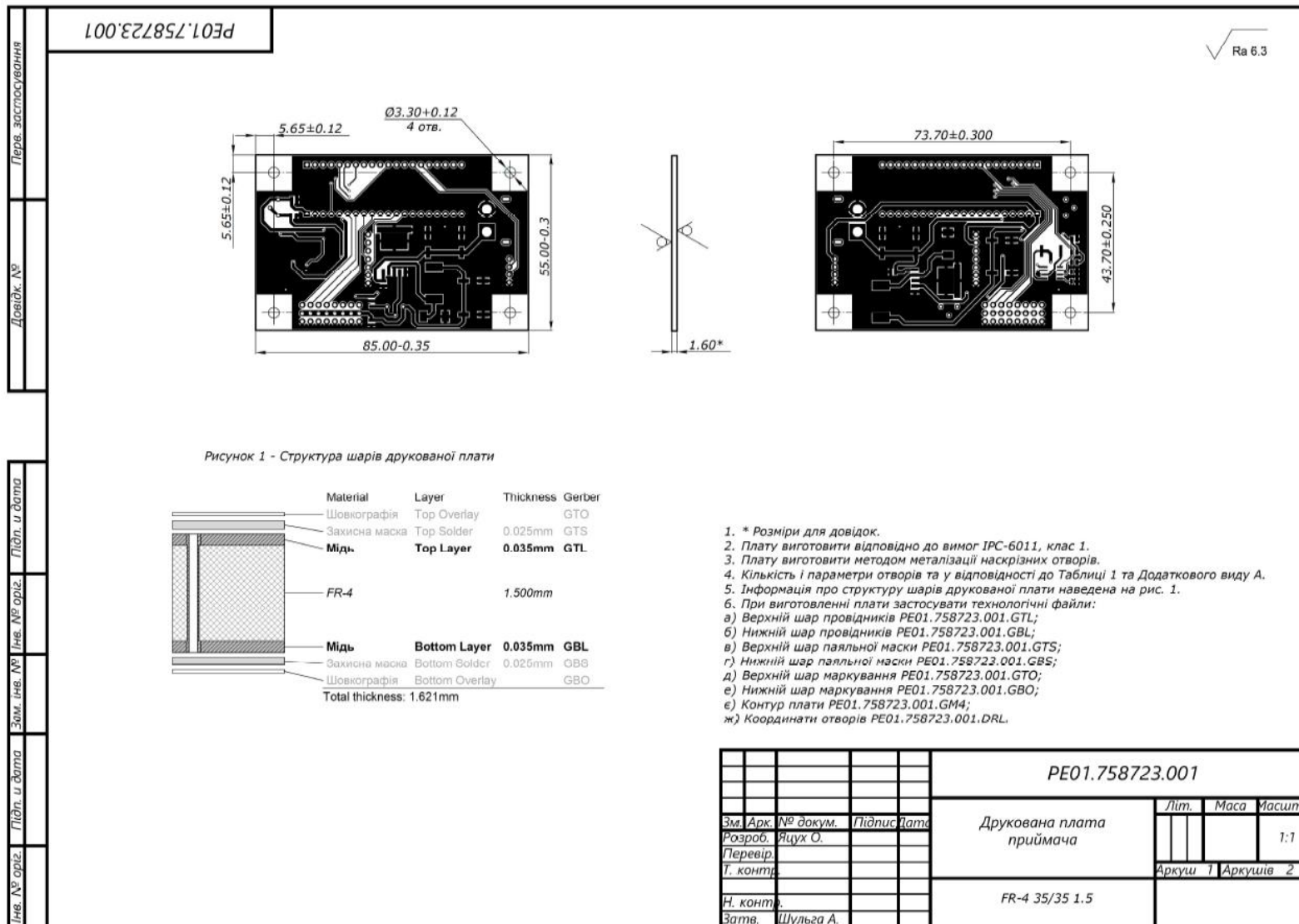
PE01.758724.001

2
Арк.

Копіював

Формат А3

ДОДАТОК Ж. КРЕСЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПРИЙМАЧА

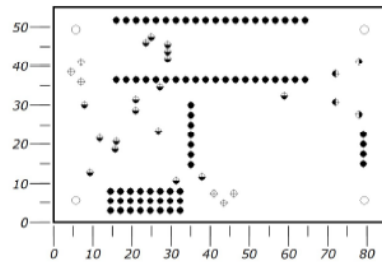


Копіював

Формат А3

PE01.758723.001

Додатковий вид А



Таблиця 1 - Діаметри отворів

| Symbol | Count | Hole Size | Plated | Via / Pad |
|-----------|-------|-----------|------------|-----------|
| ⬇ | 17 | 0.50mm | Plated | Via |
| ⊕ | 6 | 0.80mm | Plated | Pad |
| ⬆ | 2 | 0.90mm | Plated | Pad |
| ● | 75 | 1.10mm | Plated | Pad |
| ⦿ | 2 | 3.00mm | Plated | Pad |
| ○ | 4 | 3.30mm | Non-Plated | Pad |
| 106 Total | | | | |

Інв. № ориз. Підп. і дата
 Зам. інв. № Інв. № ориз. Підп. і дата

Зм. Арк. № докум. Підп. Дата

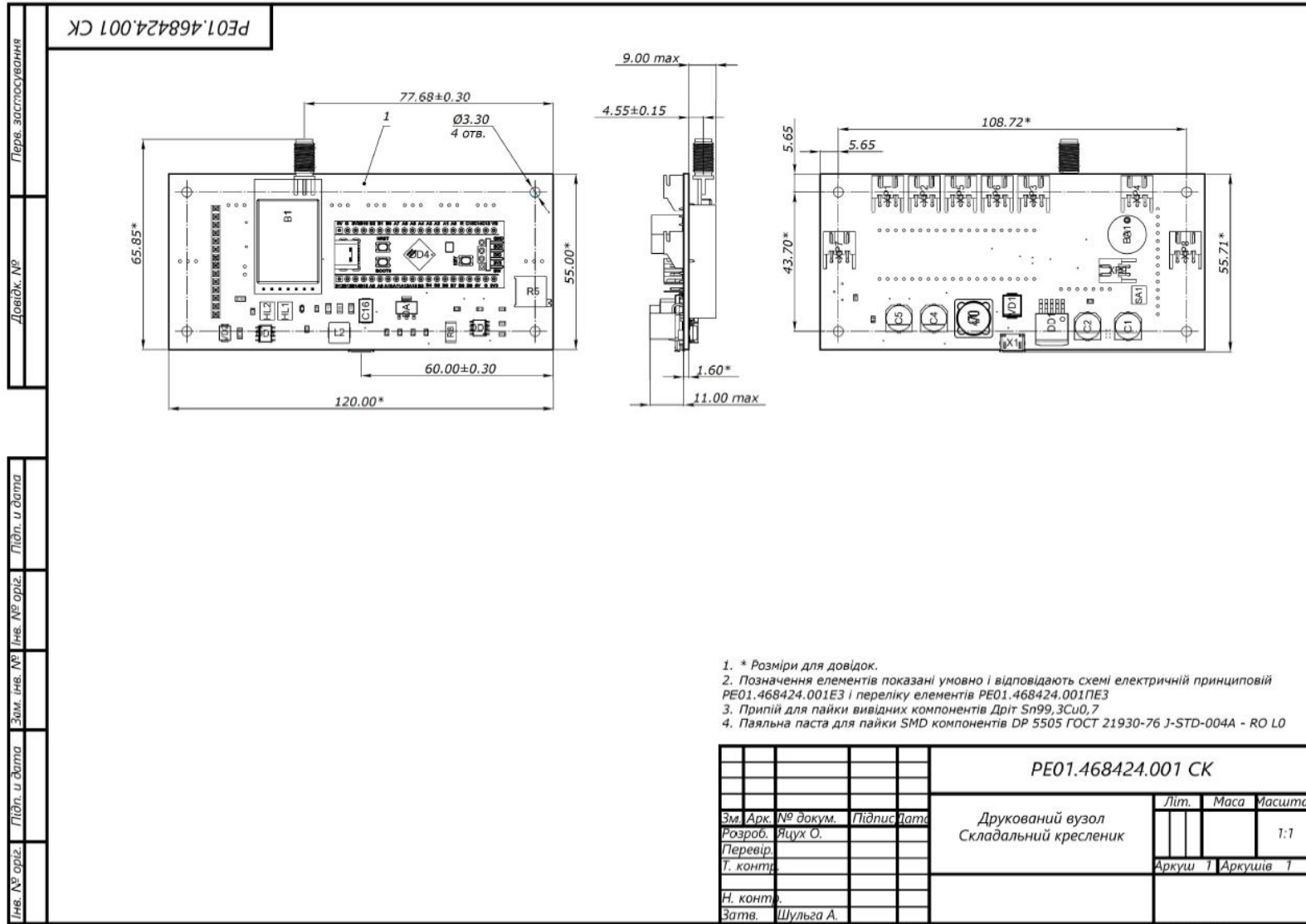
PE01.758723.001

2
 Арк.

Копіював

Формат А3

ДОДАТОК И. КРЕСЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ПЕРЕДАВАЧА



ДОДАТОК К. КРЕСЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ПРИЙМАЧА

