

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою

«Радіотехнічні інформаційні технології»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Автомобільний FM-трансмiтер»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РТ-з71

Ляпкін Максим Олександрович

Керівник:

Ст. викладач

Неуймін Олександр Станіславович



Рецензент:

Асист, каф ТОР

Видалко Олег Євгенович

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

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

Інститут/факультет

Радіотехнічний факультет
(повна назва)

Кафедра

Радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки

172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ С. Я. Жук
(підпис) (імя, прізвище)

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт (роботу) студенту

Ляпкіну Максиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Автомобільний FM-трансмiтер

керiвник проєкту (роботи) Неуймін Олександр Станіславович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступiнь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 р. № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) 1. Робота температура від -40 до + 45°C. 2. Вхідна напруга від 12 до 24 В. 3. Підтримку Bluetooth 5.2 LE Audio 4. Підтримку протоколів швидкої зарядки

4. Зміст (дипломного проєкту) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) 1. Розробити структурну схему автомобільного FM-трансмiтера. 2. Розрахувати схему електричну принципову 3. Розробити друковану плату пристрою.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Структурна схема

автомобільного FM-трансмiтера. 2. Електрична принципова схема. 3. Кресленик друкованої плати.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12.04.2021 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	12.04.2021	
2	Огляд аналогів	19.04.2021	
3	Розробка структурної схеми	26.04.2021	
4	Вибір основних компонентів	03.05.2021	
5	Розробка схеми принципової	10.05.2011	
6	Розробка друкованої плати	11.05.2011	
7	Оформлення креслеників	14.06.2021	
8	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2021	

Студент

(підпис) (ініціали, прізвище)

М.О. Ляпкін

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

О.С. Неуймін

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У дипломному проекті розроблено автомобільний FM-трансмiтер, який передбачає можливість встановлення в автомобiль для розширення функціоналу його штатної аудіосистеми.

У проекті проведено аналіз існуючих рішень, врахувавши як їх переваги так і недоліки, розроблено схему електричну структурну автомобільного FM-трансмiтера, проведено вибір основних компонентів схеми, та розроблено схему електричну принципову та друковану плату.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом __ сторінок, включає 28 рисунка, 5 таблиць , 3 креслення, 21 бібліографічних посилань.

Ключові слова: FM-трансмiтер, друкована плата, мікроконтролер, Bluetooth.

ANNOTATION

In the diploma project the automobile FM-transmitter which provides a possibility of installation in the car for expansion of functionality of its regular audio system is developed.

The project analyzes the existing solutions, taking into account both their advantages and disadvantages, developed an electrical circuit diagram of a car FM transmitter, selected the main components of the circuit, and developed an electrical circuit diagram and printed circuit board.

The diploma project consists of an explanatory note of __ pages, includes 28 figures, 5 tables, 3 drawings, 21 bibliographic references.

Keywords: FM transmitter, printed circuit board, microcontroller, Bluetooth.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
на тему: Автомобільний FM-трансітер

Київ — 2021 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Огляд існуючих рішень	10
1.1 FM-трансмiтер Car G7	10
1.2 FM-трансмiтер RIAS USB X8	11
1.3 FM-трансмiтер Baseus S-09A	13
2 Аналіз технічного завдання	15
3 Обґрунтування та вибір схемотехнічних рішень	17
3.1 Розробка структурної схеми	17
3.2 Вибір та обґрунтування елементної бази	18
3.2.1 Вибір Bluetooth 5.2 LE Audio	19
3.2.2 Вибір антени Bluetooth	22
3.2.3 Вибір мікросхеми швидкої зарядки	23
3.2.4 Вибір аудіопроцесора	24
3.2.5 Вибір FM-радіопередавача.....	25
3.2.6 Вибір антени FM-радіопередавача.....	27
3.2.7 Вибір DC-DC перетворювача	27
3.2.8 Вибір стабілізаторів	29
3.2.9 Вибір мікрофона.....	29
3.2.10 Вибір дисплею	30

					PT71.464212.001 ПЗ		
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Автомобільний FM- трансмiтер		
<i>Розробив</i>	<i>Ляпкін М.О.</i>	<i>Неуймін О.С.</i>					
<i>Перевірів</i>					6		
<i>Н. Контр.</i>					КПІ, РТФ, РТ-371		
<i>Затвер-</i>							

3.2.11 Вибір запобіжників	32
3.2.12 Вибір перемикачів.....	34
3.2.13 Вибір резисторів.....	35
3.2.14 Вибір конденсаторів	35
3.2.15 Вибір дроселів	36
3.2.16 Вибір штекера.....	38
3.3 Розробка схеми електричної принципової	39
4. Проектування електронного модуля.....	43
4.1 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати	43
4.2 Вибір матеріалу друкованої плати	43
4.3 Розрахунки розмірів контактних майданчиків та діаметри отворів	43
4.4 Розрахунок габаритів друкованої плати	45
4.5 Вибір класу точності друкованої плати.....	47
4.6 Розрахунок ширини друкованих провідників.....	48
4.7 Розробка друкованої плати в програмі Altium Designer	53
Висновки	55
Перелік джерел посилань	56
Додаток А. Технічне завдання.....	59
Додаток Б. Відомість дипломного проекту.....	60
Додаток В. Схема електрична структурна.....	61
Додаток Г. Схема електрична принципова.....	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП — Аналого-цифровий перетворювач

ДП — Друкована плата

ККД — Коефіцієнт корисної дії

ЦАП — Цифро-аналоговий перетворювач

A2DP — Advanced audio distribution profile

BGA — Ball grid array

DIP — Dual in-line package

DSP — Digital signal processing, цифрове оброблення сигналів

FCP — Fast charge protocol, протокол швидкої зарядки від Huawei

I2C — Послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем

LC3 — Low complexity communications codec

LE — Low energy

QC — Quick charge, протокол швидкої зарядки від Qualcomm

RDS — Radio data system, стандарт призначений для передачі інформації по FM-каналам

PE+ — Pump express plus, протокол швидкої зарядки від Mediatek

QFN — Quad Flat No-leads package

SBC — Session border controller

SMD — Surface mount technology

SoC — System-on-a-Chip, система на кристалі

USB — Universal Serial Bus

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогоднішній день автомобіль являється самим розповсюдженим транспортним засобом. В середньому на день людина тратить близько двох годин, щоб дістатися до роботи, не враховуючи затори. Під час поїздки, щоб скоротати час власник авто найчастіше слухає улюблену музику. Близько 70% водіїв слухають музику в автомобілі[1]. На даний час є багато сучасних автомобілів в яких йде штатна аудіосистема, не кажучи про власників старих авто, де непередбачена можливість прослуховування улюблених треків через флеш-накопичувач та з смартфона по Bluetooth.

Оскільки не всі можуть собі дозволити замінити штатну аудіосистему, адже це дуже складно і дорого, самим простим рішення є установка FM-трансмiтер в автомобіль.

Метою даного дипломного проекту є розробка вдосконаленого автомобільного FM-трансмiтера, який передбачає можливість встановлення в автомобіль та розширить функціонал його штатної аудіосистеми автомобіля.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	Лист
						9
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Розглянемо представлені на ринку готові рішення автомобільних FM-трансмiтерiв. Вони подiляються за технічними характеристиками, вартістю, якістю матеріалів та компонентів.

1.1 FM-трансмiтер Car G7

FM-трансмiтер фірми Car модель G7[2], зображено на рис.1.1.



Рисунок 1.1 — FM-трансмiтер Car G7

Технічні характеристики:

- Напруга живлення 12 В;
- Вихід USB: 5 В / 2.1 А;
- Діапазон частот FM від 87.5 до 108 МГц;
- Підтримка аудіо-форматів MP3, WMA;
- Версія Bluetooth V2.1;
- LED дисплей;
- Інтерфейси AUX, USB, microSD;

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист

10

- Підтримка носіїв пам'яті USB, microSD;
- Зарядка зовнішніх пристроїв;
- Мікрофон;
- Ціна 185 грн;

Проаналізуємо характеристики даного пристрою. Даних FM-трансмiтер є самим дешевим в своєму ціновому діапазоні. Виготовлений в пластиковому корпусі та має зігнуту форму. Пристрій має одне гніздо USB для підключення флеш-накопичувача або для заряджання зовнішніх пристроїв за протоколом звичайної зарядки, що не дає можливості одночасно прослуховувати музику з флеш-накопичувача та заряджати смартфон. Має можливість приймати дзвінки по Bluetooth V2.1, на сьогоднішній день, ця версія Bluetooth уже дуже застаріла. Напруга живлення становить 12 В. Бортова мережа легкових автомобілів становить 12 В, а в вантажних автомобілів 24 В це означає, що використання даного пристрою в вантажних автомобілів неможлива так як вийде з ладу. Для даного пристрою наявність лінійного входу AUX доцільна, адже Bluetooth V2.1 дає велику затримку в порівнянні з більш новими версіями Bluetooth.

1.2 FM-трансмiтер RIAS USB X8

FM-трансмiтер фірми RIAS модель USB X8[3], зображено на рис.1.2.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.2 — FM-трансмiтер RIAS USB X8

Технічні характеристики:

- Напруга живлення від 12 до 24 В;
- 2 виходи USB: 5 В / 3.1 А;
- Діапазон частот FM від 87.5 до 108 МГц;
- Підтримка аудіо-форматів MP3, WMA, WAV, FLAC, APE;
- Версія Bluetooth V4.0;
- LED дисплей;
- Інтерфейси USB, microSD;
- Зарядка зовнішніх пристроїв;
- Мікрофон;
- Ціна 273 грн;

Проаналізуємо характеристики даного пристрою. Даний пристрій відноситься до середньої цінової категорії. Виготовлений в пластиковому корпусі. Пристрій має два гнізда USB, одне для підключення флеш-накопичувач, а друге для заряджання зовнішніх пристроїв, що дає можливість одночасно прослуховувати музику з флеш-накопичувача та заряджати смартфон.

Напруга живлення становить від 12 до 24В, що дозволяє використовувати даного пристрій в легкових та вантажних автомобілів.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист
12

Використання Bluetooth V4.0 дозволяє відмовитись від лінійного входу AUX.

1.3 FM-трансмiтер Baseus S-09A

FM-трансмiтер фірми Baseus модель S-09A[4], зображено на рис.1.3.



Рисунок 1.3 — FM-трансмiтер Baseus S-09A

Технічні характеристики:

- Напруга живлення від 12 до 24 В;
- 2 виходи USB: 5 В / 3.4 А;
- Діапазон частот FM від 87.5 до 108 МГц;
- Підтримка аудіо-форматів MP3, WMA, WAV, FLAC, APE;
- Версія Bluetooth V4.2;
- LED дисплей;
- Інтерфейси USB, microSD;
- Зарядка зовнішніх пристроїв;
- Мікрофон;

Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист

13

— Ціна 409 грн;

Проаналізуємо характеристики даного пристрою. Даний пристрій відноситься до середньої цінової категорії. Як і в попередня модель, виготовлений в пластиковому корпусі. Пристрій має два гнізда USB, одне для підключення флеш-накопичувач, а друге для заряджання зовнішніх пристроїв, що дає можливість одночасно прослуховувати музику з флеш-накопичувача та заряджати смартфон. Напруга живлення становить від 12 до 24В, що дозволяє використовувати даний пристрій в легкових та вантажних автомобілях. Використання Bluetooth V4.2 дозволяє відмовитись від лінійного входу AUX.

Проаналізувавши всі представлені рішення було встановлено, що корпус найпоширеніше виготовляють з пластику. Це пояснюється тим, що пластик легкий у виготовленні, має невисоку вартість, вагу в порівнянні з металевим корпусом, та не піддається корозії. Оснащений інформативним 7-сегментним LED дисплей за допомогою якого відображається поточна інформація. Недоліком даних моделей є відсутність протоколів швидкої зарядки пристроїв, що не дає можливості швидко відновити заряд гаджета. Має застарілі версії Bluetooth, які не дозволяють насолодитися якісним звучанням музики, також має велике енергоспоживання в порівнянні з новими версіями Bluetooth. Тому актуальною задачею являється розроблення аналогічного пристрою з усуненням вказаних недоліків.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

У даному дипломному проєкті розробляється автомобільний FM-трансмiтер. Цей пристрій призначений для відтворення аудіо-файлів через Bluetooth з смартфона, або записаних на флеш-пам'яті з подальшим випромінюванням в ефір FM-сигналу який приймає FM-радіоприймач в автомобілі.

Пристрій повинна мати нову версію Bluetooth V5.2 LE Audio з підтримкою нового кодека LC3. Також мати сучасні протоколи швидкої зарядки.

Автомобільний FM-трансмiтер повинен відповідати кліматичним умовам експлуатації У2.1 згідно ГОСТ 15150-69.

У — для макрокліматичних районів з помірним кліматом, 2.1 — експлуатація в якості вбудованих елементів усередині комплектних виробів категорії 1; 1.1; 2, конструкція яких виключає можливість конденсації вологи на вбудованих елементах.

Умови експлуатації:

- Робоча температура в межах від -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$;
- Гранична температура в межах від -45°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- Середнє значення відносної вологості повітря — 75% при температурі $+15^{\circ}\text{C}$;
- Граничне значення відносної вологості повітря — 100% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$.

Умови транспортування згідно ГОСТ 23216-78 — дуже легкі. Перевезення без перевантажень автомобільним транспортом — транспортними засобами з пневматичним демпфуванням по дорогам з асфальтним та бетонним покриттям (дороги 1-ї категорії по будівельним нормам та правилам затвердженими Укравтодором) на відстані до 1000км.

За ГОСТ 30773-2001 утилізацією займається сторона виробник. При утилізації всі частини приладу можна розділити на дві групи: які йдуть в подальшу переробку та що повністю ліквідуються.

					PT71.464212.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Децимальний номер обрано класифікатором ЄСКД (Єдина система конструкторської документації).

- 46 – Засоби радіоелектронного управління, зв'язку, навігації та обчислювальної техніки;
- 464 – Радіо приймально-передавальні;
- 4642 – Передавальні, крім зв'язкових, мовних;
- 46421 – Із середньою потужністю до 100 Вт включно;
- 464212 – З діапазоном частот від 30 МГц до 300 МГц включно.

Таким чином отримуємо децимальний номер — РТ71.464212.001.

Захист від механічних впливів В4 згідно ГОСТ 6019-2001. Це передбачає вимоги зазначені у Таблиця 1.1

Таблиця 1.1 — Характеристики та значення механічних та кліматичних чинників

Чинник	Характеристика чинника	Значення чинника
Синусоїдальна вібрація	Діапазон частот, Гц	10-70
	Амплітуда прискорення, м/с ² (g)	39,2 (4)
	Тривалість впливу, хв	90
Знижена температура	Робоча, °С	-25
	Гранична, °С	-40
Підвищена температура	Робоча, °С	+55
	Гранична, °С	+55
Знижений атмосферний тиск	Тиск, кПа	55

Пристрій повинен мати гарантійний термін не менше року експлуатації та середній час напрацювання на відмову складає не менше 9000 годин. Ремонт та технічне обслуговування здійснює виробник.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

3.1 Розробка структурної схеми

На рис. 2.1 представлено схему електричну структурну автомобільного FM-трансмівтера, що розробляється.

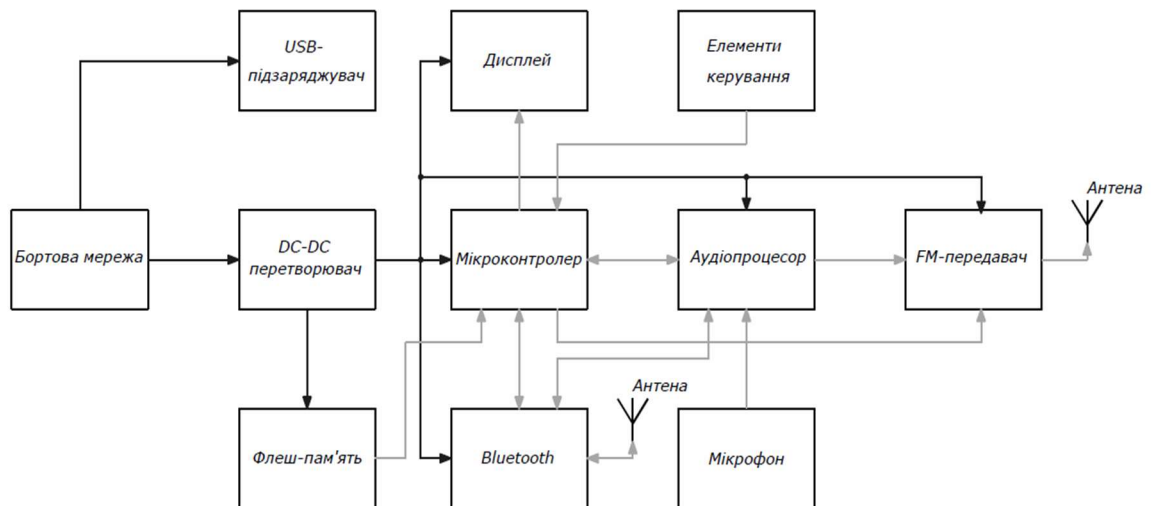


Рисунок 2.1 — Електрична структурна схема

Пристрій підключається до бортової мережі автомобіля 12-24 В через автомобільну розетку яка подає напругу на USB-підзаряджувач який дозволяє підзаряджати будь-які сучасні пристрої які живляться від 5 В, а також які підтримують протоколи швидкої зарядки. Також напруга поступає на DC-DC перетворювач який перетворює напругу бортової мережі в напругу живлення 5В для мікроконтролера, дисплея, Bluetooth та USB порту до якого буде підключатися USB-флеш накопичувачі. А також формуються напруги 3,3 В для живлення FM-передавача, карти пам'яті microSD, та 1,8 В і 1,2 В для живлення аудіопроцесора.

Мікроконтролер призначений для керування пристроєм елементами керування, а саме трьома кнопка якими буде здійснюватися перемикання треків, регулювання гучності, налаштування частоти випромінювання

FM-передавача, відповідь на дзвінок, під'єднання смартфона до Bluetooth, та в подальшому виводити всю цю інформацію на дисплей. Також мікроконтролер буде зчитувати аудіо-файли які записані на флеш-пам'яті (microSD та USB-флешки) формату та передавати в аудіопроцесор.

Дисплей виконаний на LED індикаторі, який буде передавати інформацію по I2C інтерфейсу та відображати всю необхідну інформацію.

Bluetooth дозволяє по бездротовому зв'язку на частоті 2,4 ГГц з'єднуватися з смартфоном для відтворення аудіо-файлів які будуть надходити в аудіопроцесор, також дозволяє відповідати на дзвінки.

Аудіопроцесор в свою чергу призначений для декодування аудіо-файлів та передачі звука та голосу за допомогою розширених наборів функцій DSP. Потім по інтерфейсу I2C передає звук до FM-передавача. Також до аудіопроцесора приєднується мікрофон за допомогою якого буде здійснюватися розмова з абонента через Bluetooth.

FM-передавач приймає цифровий звук від аудіопроцесора по інтерфейсу I2S та перетворює цифровий звук в електричні коливання, модульовані аудіо сигналом. Далі малопотужний радіопередавач випромінює в ефір радіохвилі, що несуть модульований сигнал який уловлює FM-радіоприймач автомобіля.

3.2 Вибір та обґрунтування елементної бази

На сьогоднішній день існує два основних методи встановлення компонентів на ДП, це поверхневий монтаж SMD та DIP-монтаж. Поверхневий монтаж є найбільш розповсюдженим, основна їхня перевага в тому що відмінність від монтажу у отвори є те, що елементи встановлюють на поверхню плати, не потребуючи отворів. Також поверхневий монтаж має деякі конструкторські та технологічні переваги:

- Відсутність або дуже мала довжина виводів компонента;
- Немає необхідності в їх обрізуванні після монтажу;

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата		

- Набагато менші маса та габарити компонентів;
- Немає необхідності в прогріву припою всередині металізованого отвору;
- Немає необхідності в свердлінні отворів на платі для кожного компонента;
- Дозволяє використовувати двосторонній монтаж компонентів на платі;
- Дуже легко піддається автоматизованій процедурі монтажу;
- Можна використовувати ДП з металевою основою для розвіювання тепла компонента.

З цих переваг витікає наступне:

- Висока щільність монтажу за рахунок менших габаритів компонентів;
- Зменшуються масо-габаритні характеристики готового виробу;
- Покращуються електричні характеристики;
- Зменшується собівартість готового виробу.

Отже, при виборі елементної бази більшість елементів буде використовуватися переважно SMD монтажу із-за обмеженого місця на ДП, але не всі необхідні елементи виготовляються в SMD корпусі, то деякі з елементів необхідно обирати в DIP корпусі.

3.2.1 Вибір Bluetooth 5.2 LE Audio

Головним удосконалення автомобільного FM-трансмітера є підтримка нового стандарту Bluetooth версії 5.2 LE Audio[5] з підтримкою нового кодека LC3 який набагато покращає якість звуку в порівнянні з традиційним протоколом. Основними перевагами LE Audio над Classic Audio є:

- Більш низьке енергоспоживання як внаслідок, значно більший термін служби батареї;
- Краща якість звуку, новий кодек Low Complexity Communications Codec (LC3) дає приріст в якості навіть при дворазовому зниженні

					PT71.464212.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						19
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

бітрейта щодо традиційного SBC;

- Велика гучність в настройках та моделях застосування;
- Багатопотокові аудіо – кілька незалежних синхронних аудіопотоків;
- Широкомовна передача звуку в високій якості;
- Поділ (Sharing) аудіо – заміна аудіо на основі розташування слухача;

Приріст якості звуку нового кодека LC3 над традиційним SBC, зображено на рис. 2.3.

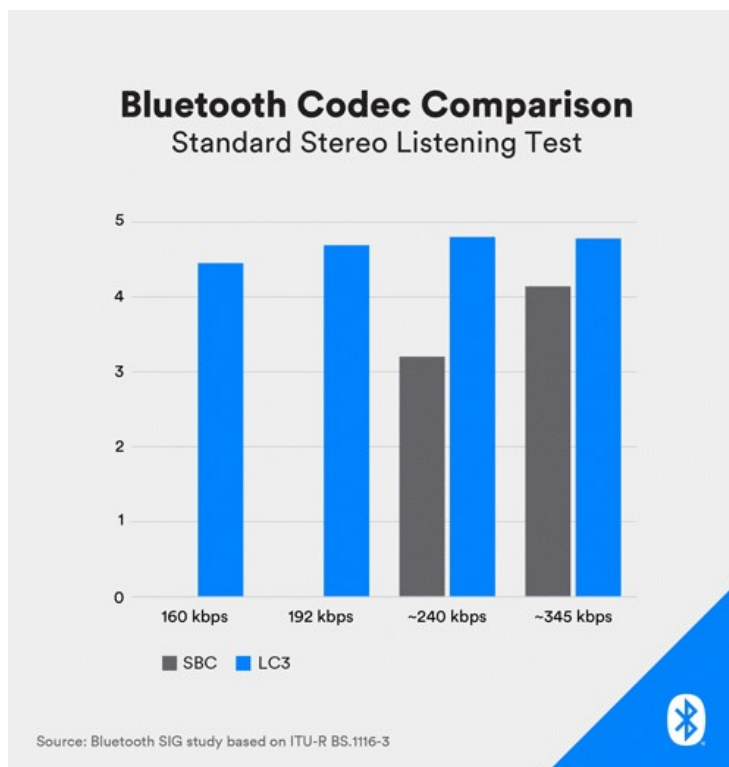


Рисунок 2.3 — Порівняння новітніх Bluetooth 5.2 LE Audio і Classic Audio

Проаналізувавши ринок мікросхем Bluetooth 5.2 які підтримують LE Audio, на даний момент їх не так багато, було обрано двох-ядерний Bluetooth 5.2 SoC з підтримкою LE Audio на чіпі nRF5340[6] фірми Nordic Semiconductor, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 — Зовнішній вигляд чіпа nRF5340

nRF5340 являється першою у світі бездротовою системою на кристалі (SoC) з двома процесорами Arm Cortex-M33, що робить його ідеальним вибором для LE Audio.

Основні характеристики:

- Високопродуктивний процесор 128/64 МГц Arm Cortex-M33 та інструкціями DSP, має 1 Мб Flash + 512 Кб оперативної пам'яті, 8 Кб двостороннього кешу;
- Повністю програмований мережевий процесор частотою 64 МГц Arm Cortex-M33 з кешем інструкцій 2 Кб, 256 Кб Flash + 64 Кб оперативної пам'яті.
- Напруга живлення від 1,7 В до 5,5 В;
- Температурний діапазон від -40°C до +105°C;
- Цифрові інтерфейси повношвидкісний USB, I2C, UART;
- Тип корпусу aQFN.

nRF5340 розроблений з урахуванням вимог LE Audio, що дозволяє передавати аудіо через Bluetooth Low Energy. LE Audio підтримує багатопотокове синхронізоване синхронізоване аудіо навушників та функцію спільного використання звуку, завдяки чому одне джерело звуку може транслювати кільком одержувачам.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

А ще nRF5340 має вбудоване ядро програми, яке містить малопотужний мікроконтролер із вбудованою флеш-пам'яттю та повнофункціональний процесор Arm Cortex-M33 який має 32-розрядний набір інструкцій. Крім того ядро програми включає багатий набір периферійних пристроїв для послідовного зв'язку, аналогових інтерфейсів та криптографічного прискорювача. Це дозволяє використовувати чіп nRF5340 не тільки як мікросхему для передавання інформації по бездротовому зв'язку, а ще й як мікроконтролер для керування всім пристроєм. Тому використовувати окремо мікроконтролер економічно не вигідно. Також в цьому мікроконтролері є вбудована шина USB до якої можна підключати флеш-накопичувачі.

3.2.2 Вибір антени Bluetooth

Для роботи Bluetooth потрібна антена на частоті 2,4 ГГц. Через те, що розміри ДП обмежені, було використано SMD чіп антену AN048[7]. Антена поєднує в собі високу продуктивність при невеликому розмірі та використовується в бездротових пристроях. Зовнішній вигляд антени зображено на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 — Зовнішній вигляд антени AN048

Технічні характеристики антени:

- Смуга пропускання 2,4-2,5 ГГц;
- Ефективність випромінювання $> 50\%$;
- Лінійна поляризація;
- Пікове підсилення > 0 дБ;
- Температурний діапазон від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Опір 50 Ом;

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

— Розміри 7 мм x мм 3 мм x 2 мм.

Антенa призначена для використання в портативних і компактних пристроях ,тому чудово підходить для даного пристрою.

3.2.3 Вибір мікросхеми швидкої зарядки

Також удосконалення пристрою закачається в реалізації швидкої зарядки, тому було обрано універсальну мікросхему uP9616[11] фірми Micro Power Intellect, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 — Зовнішній вигляд мікросхеми uP9616

Мікросхема являється високоефективним перетворювачем напруги, який має дуже широкий діапазон вхідної напруги та багатьма захистами.

Характеристики мікросхеми:

- Діапазон вхідної напруги від 8 В до 32 В;
- Пікова вхідна напруга 36 В;
- Вихідний струм до 3,3 А;
- Контроль режиму CV/CC (Постійна напруга та постійний струм);
- Автоматичний вибір протоколу швидкої зарядки;
- Підтримка протоколів швидкої зарядки QC2.0 / QC3.0 / PE + 1.1 / PE + 2.0 та FCP;
- Напруга на виході 5,1 В, 9,2 В, 12,1 В;
- Фіксована частота перетворювача 125 кГц;
- Високий ККД до 95%;
- Фіксована напруга компенсації кабелю;

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- Захист від короткого замикання, перенапруги та від перевищеної температури;
- Температурний діапазон від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$;

Як бачимо дана мікросхема має багато сучасних протоколів швидкої зарядки Qualcomm QC 2.0/QC 3.0, Mediatek PE+ 1.1/PE+ 2.0, Huawei FCP, Apple 2.4 A[10], що дає можливість заряджати всі сучасні гаджети. uP9616 має вбудовані польові транзистори, що дозволяє зменшити розміри ДП в цілому, а ще має цикл плавного пуску.

Із-за вбудованих польових транзисторів має просту схему підключення, яку зображено на рис. 2.7.

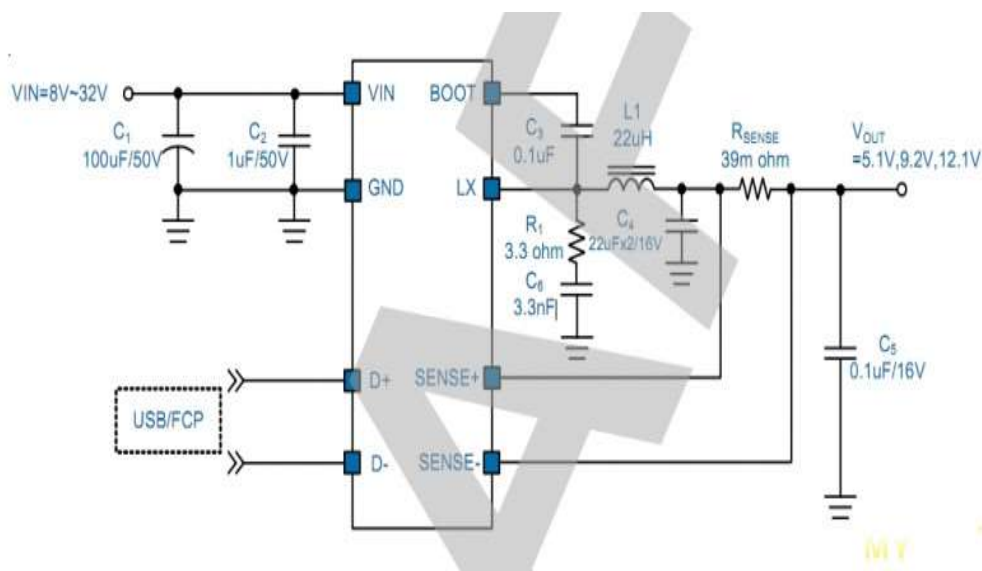


Рисунок 2.7 — Схема електрична принципова uP9616

Досить просто схема, яка має просту конструкцію та мінімум елементів, дозволяє використовувати її в приладах з обмеженими розмірами ДП.

3.2.4 Вибір аудіопроецесора

Розглянувши ринок аудіопроецесорів, було обрано високоінтегрований, малопотужний аудіо-концентратор для портативних аудіопристроїв CS47L35 фірми Cirrus Logic[12], зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.8. Він поєднує в собі вдосконалений набір функцій DSP з високоінтегрованим аудіокодеком для передачі звуку та голосу.

										Лист
										24
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата						

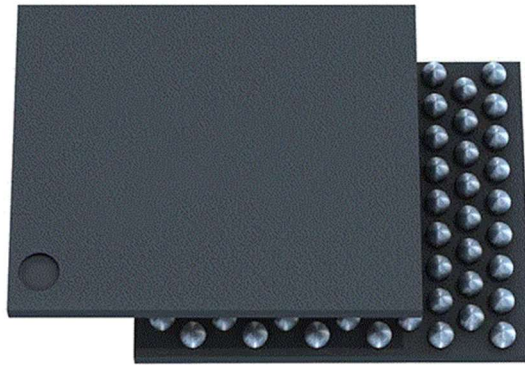


Рисунок 2.8 — Зовнішній вигляд мікросхеми CS47L35

Основні характеристики:

- Триядерний процесор аудіосигналу з швидкодією 450 MIPS;
- Вбудований багатоканальний 24-розрядний аудіо-хаб-кодек Hi-fi;
- Три повні цифрові аудіо-інтерфейси;
- Інтерфейси I2C та SPI;
- Має 3 ЦАП та 4 АЦП;
- Напруга живлення 1,2 В та 1,8 В;
- Температурний діапазон від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Тип корпусу BGA.

Досить хороше рішення при малому енергоспоживанні.

3.2.5 Вибір FM-радіопередавача

В якості FM-радіопередавача було обрано мікросхему Si4712 від фірми Silicon Labs, зовнішній вигляд якої зображено на рис. 2.9. Вона поєднує в собі всі функції передачі для стандарту неліцензійного FM-транслявання стерео передачі. В Si4712[13] реалізоване сканування потужності прийому для виявлення FM-каналів з низьким рівнем сигналу. Вбудовані інструкції DSP забезпечують регулювання модуляції та керує динамічним діапазоном звуку для оптимальної якості звуку. Підтримує європейську систему радіо-даних (RDS) яка включає функції кодування, синхронізації.

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

3.2.6 Вибір антени FM-радіопередавача

Серед розглянутих FM-антен було обрано SMD чіп антену M-FM-1011-PC розроблена Auden Technology Corporation[8] для портативних пристроїв, зовнішній вигляд антени зображено на рис. 2.11.

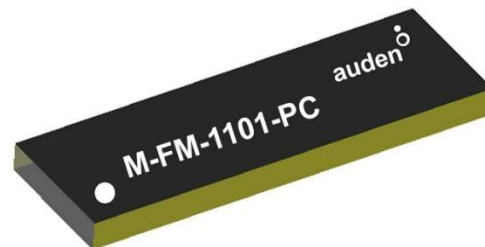


Рисунок 2.11 — Зовнішній вигляд антени M-FM-1011-PC

Антенa має невеликі розміри, що дозволяє інтегрувати в невеликі портативні пристрої де непотрібна велика потужність.

Технічні характеристики антени:

- Смуга пропускання 88-108 МГц;
- Всенаправлена дія;
- Лінійна поляризація;
- Пікове підсилення > 0 дБ;
- Вага 1 гр;
- Опір 50 Ом;
- Розміри 22,8 мм x 7,2 мм x 1,6 мм.

Так як розміри ДП обмежені, то дана антена підходить для даного пристрою.

3.2.7 Вибір DC-DC перетворювача

В якості DC-DC перетворювача, для живлення основних компонентів пристрою, було використано дуже популярну мікросхему яка зарекомендована себе часом MC34063 від STMicroelectronics[9], зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.12. Мікросхема призначена для знижування, підвищення та інвертування напруги.

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

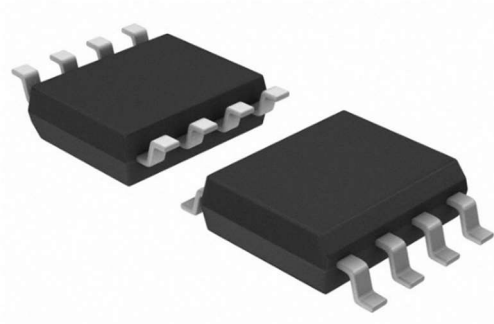


Рисунок 2.12 — Зовнішній вигляд мікросхеми MC34063

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга від 3 В до 40В;
- Частота перетворювача до 100 кГц;
- Струм спокою 2,5 мА;
- Вихідний струм 1,5 А;
- Температурний діапазон від -40°C до +85°C;
- Тип корпусу SO-8.

В нашому випадку мікросхема буде працювати як понижуючий перетворювач. Схема підключення в режимі понижуючого перетворювача зображена на рис. 2.13.

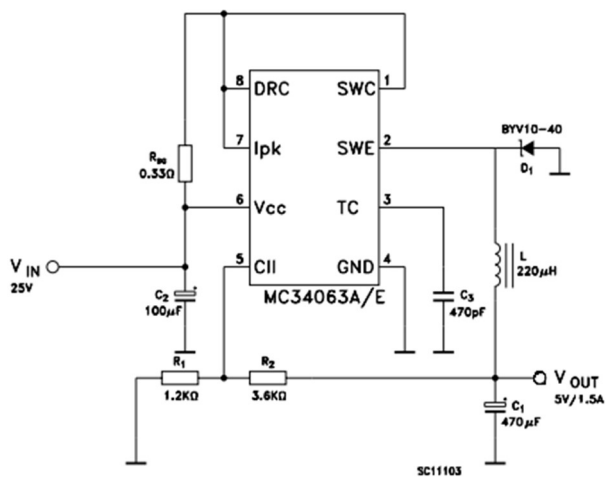


Рисунок 2.13 — Схема електрична принципова MC34063

DC-DC перетворювач буде видавати на виході напругу 5В та струм до 1,5 А. Цього достатньо для живлення всіх елементів пристрою.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

3.2.8 Вибір стабілізаторів

Для забезпечення живлення карт-пам'яті microSD необхідно напруга 3,3 В, для живлення аудіопроцесора необхідна напруга 1,8 В і 1,2 В, так як у них мала потужність споживання, та обмежене місце на ДП, було вирішено використати популярний лінійні стабілізатори серії AMS1117[14] фірми Advanced Monolithic System, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.14.



Рисунок 2.14 — Зовнішній вигляд стабілізаторів серії AMS1117

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга від 3 В до 15В;
- Стабілізована вихідна напруга;
- Вихідний струм 800 мА;
- Температурний діапазон від -40°C до +125°C;
- Тип корпусу SOT-223.

З цієї серії було обрано AMS1117-3,3 стабілізованою напругою 3,3 В, AMS1117-1,8 з напругою 1,8 В та AMS1117-1,2 з напругою 1,2 В.

3.2.9 Вибір мікрофона

Серед розглянутих на ринку мікрофонів, було вибрано мікрофон в SMD корпусі та вбудованим підсилювальним каскадом INMP504 виробника Inven Sense, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.15. Цей мікрофон має компактні розміри, що дозволяє його використовувати в смартфонах, ноутбуках, відеокамерах, гарнітурах Bluetooth. Мікрофон має низький рівень шуму, малу потужність.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

INMP504 має велику чутливість яка підходить для використання ближньої та далекої відстані.

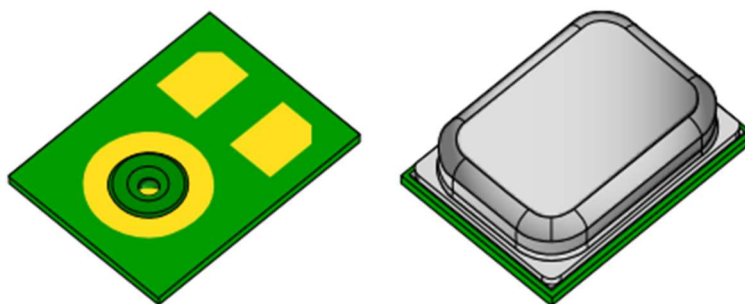


Рисунок 2.15 — Зовнішній вигляд мікрофона INMP504

Технічні характеристики мікрофона:

- Напруга живлення від -0,3 В до +3,6 В;
- Чутливість -38 дБ;
- Частотний діапазон від 100 Гц до 16 кГц;
- Низьке споживання струму <250 мкА;
- Температурний діапазон від -40°C до +85°C;

За рахунок компактного корпусу та вбудованого підсилювача підходить для використання в нашому пристрою.

3.2.10 Вибір дисплею

Для відображення інформації потрібен інформативний дисплей, тому одним з важливих пунктів є інтерфейс I2C, щоб мінімізувати габарити ДП. Серед розглянутих на ринку готових модулів дисплеїв було обрано модуль OLED дисплей оснований на чіпі SS1306 0,96-дюймовий екран з роздільною здатністю 128x64 пікселів, який зображений на рис. 2.16. Такий тип дисплею не потребує окремої підсвітки, та має чудову контрастність в темний період часу. Мале споживання OLED дисплею обумовлюється тим, що пікселі споживають енергію коли вони ввімкнені, тому такий тип дисплею споживає менше енергії, в порівнянні з іншими типами дисплеїв.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

Технічна параметри дисплею:

- Напруга живлення від 2,8 В до 5,5В;
- Діагональ дисплею 0,96 дюйма;
- Роздільна здатність 128 на 64 точки;
- Кут огляду 160;
- Потужність 0,08 Вт;
- Інтерфейс I2C;
- Габарити 27,3 мм x 27,8 мм x 3,7 мм.



Рисунок 2.16 — Зображення модуля OLED дисплей 128x64

Як бачимо, модуль має основу у вигляді ДП до якої кріпиться сам дисплей, та в якому присутні чотири отвори для кріплення модуля, за рахунок чого дає можливість кріпити дисплей в будь-які проекції. Це означає, що даний модуль можна розмістити як на поверхні ДП, так і окремо від нього за допомогою шлейфа. Перевагою OLED дисплею в порівнянні з 7-сегментним LED дисплеєм, який використовується в розглянутих моделях, є можливість відображати декілька пунктів інформації, що дає можливість відображати як основну інформацію так і допоміжну інформацію. Тому на даному дисплею можна реалізувати одночасне відображення як нумерацію треків, частоту передачі FM-радіопередавача, індикацію підключення до Bluetooth, інформацію про вхідний дзвінок так і напругу бортової мережі автомобіля та USB-порту.

Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист

31

3.2.11 Вибір запобіжників

Для забезпечення захисту схеми від виходу з ладу будь-якого компонента, який приведе за собою до появи короткого замикання або перевантаження, було вирішено розділити дві схеми та застосувати два запобіжники, які будуть захищати USB-підзаряджувач та FM-трансмiтер окремо. Серед розглянутих на ринку запобіжників, було обрано серію швидкодіючих SMD запобіжників BSMD0805-SS фірми ESKA, який зображено на рис.2.17.



Рисунок 2.17 — Зображення запобіжника серії BSMD0805-SS

Технічні характеристики запобіжників:

- Робоча постійна напруга 32 В;
- Пряме падіння напруги 0,159 В;
- Швидкодіючі;
- Тип корпусу SMD 0805;
- Габаритні розміри 2,1 мм x 1,3 мм x 0,5 мм.

Щоб дізнатися на який струм необхідно поставити запобіжник нам потрібно провести розрахунки потужності яку споживає пристрій.

Для розрахунку потужності було знайдено який максимальний струм і напругу споживає USB-підзаряджувач. Як ми знаємо що USB-підзаряджувач видає максимальну напругу 12 В а струм максимальний 1,5 А згідно протоколу швидкої зарядки QC 3.0, також ККД мікросхеми uP9616 становить 90%.

Розрахуємо потужність споживання USB-підзаряджувача за формулою:

$$P = \frac{U * I}{\text{ККД}}, \quad (2.1)$$

де P — потужність;

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

U — напруга;

I — струм;

$ККД$ — Коефіцієнт корисної дії.

Таким чином отримуємо: $P = 20$ Вт.

Тепер потрібно розрахувати струм який буде споживатися з бортової мережі автомобіля при 12 В.

Розраховуємо максимальний струм який буде споживатися USB-підзарядкою за формулою:

$$I = \frac{P}{U}, \quad (2.2)$$

де I — струм;

P — потужність;

U — напруга.

Таким чином отримуємо максимальний спожитий струм: $I = 1,66$ А.

Тепер ми знаємо, що максимальний струм який буде споживати USB-підзаряджувач з бортової мережі автомобіля 1,66 А. Для надійної роботи запобіжника нам потрібно вибрати оптимальний запас по струму, в середньому запас по струму повинен бути приблизно 25% від максимального струму.

Отже отримуємо: $1,66 \text{ А} + 25\% = 2,075 \text{ А}$.

Переглянувши номінальний рад запобіжників, оптимальним вибором буде запобіжник BSMD0805-SS2.0 на 2,0А.

Для розрахунку потужності знайдемо який максимальний струм і напругу споживає FM-трансмiтер. Як ми знаємо що FM-трансмiтер споживає максимальну напругу 5 В при струмі максимальний 1,5 А, також ККД мікросхеми МС34063 становить 90%.

Підставивши наші значення в формулу (2.1), отримаємо потужність яку може споживати FM-трансмiтер $P = 8,3$ Вт.

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Тепер потрібно розрахувати струм який буде споживатися з бортової мережі автомобіля при 12 В.

Підставивши наші значення в формулу (2.2), отримаємо максимальний струм який буде споживати FM-трансмiтер $I = 0.70 \text{ A}$.

Для надійної роботи запобiжника нам необхідно вибрати оптимальний запас по струму приблизно 25% вiд максимального струму.

Таким чином отримуємо: $0.70\text{A} + 25\% = 0,875\text{A}$.

Переглянувши номiнальний ряд запобiжникiв, оптимальним вибором буде запобiжник BSMD0805-SS1.0 на 1А.

3.2.12 Вибiр перемикачiв

В якостi перемикачiв було обрано популярнi тактовi кнопки KLS7-TS6604 вiд KLS electronic, яку зображено на рис. 2.18.



Рисунок 2.18 — Зображення тактової кнопки KLS7-TS6604

Характеристики кнопки:

- Комутує 50мА при 12 В;
- Опiр контактiв 50 МОм;
- Ізоляційний опiр 100 МОм при 50 В;
- Напрацювання 100000 циклiв;
- Температурний дiапазон вiд -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Розмiри 6 мм x 6мм.

Зм.	Лис	№ доквм.	Пiдпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист

34

Самі популярні тактові кнопки які зарекомендували себе часом. Використовуються в будь-яких пристроях. Тому були обрані в якості елементів керування FM-трансмiтері.

3.2.13 Вибір резисторів

Для забезпечення меншої площі ДП, у якості резисторів було обрано SMD резистори виробника Hitano[15], через їх доступність та всі номінальні ряди. Типорозміром всіх резисторів було обрано 0603 потужністю 0,1 Вт, крім резисторів на 0,2 Ом і 39 МОм які стоять в вузлі USB-підзаряджувача та DC-DC перетворювача відповідно, було обрано шунтові резистори типорозміром 1210 потужністю 0,5 Вт.

Параметри резисторів SMD:

- Номінальний діапазон 1 Ом – 20 МОм;
- Допуск $\pm 5\%$;
- Номінальна потужність 0,1 Вт;
- Робоча напруга 50 В;
- Максимальна напруга 100 В;
- Напрацювання на відмову 30000 годин;
- Температурний діапазон від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- Типорозмір 0603 та 1210.

3.2.14 Вибір конденсаторів

Керамічні SMD конденсатори було обрано типорозміру 0603 та на різну напругу, від виробника Hitano[16] в якого присутні всі доступні ряди номіналів конденсаторів.

Параметри резисторів SMD 0603:

- Номінальний діапазон 100 пФ – 100 мкФ;
- Допуск $\pm 15\%$;
- Робоча напруга від 6,3 В до 50 В;
- Температурний діапазон від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- Розміри 1,6 мм x 0,8 мм.

					PT71.464212.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

Конденсатори ємністю 100 мкФ 35 В та 470 мкФ 6,3 В було обрано електролітичні в SMD виконанні від Panasonic[17], який зображений на рис. 2.19.



Рисунок 2.19 — Зображення конденсатора Panasonic

Технічні характеристики:

- Номінальний ряд ємності від 0,1 мкФ до 1000 мкФ;
- Напруга від 6,3 В до 50 В;
- Температурний діапазон від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Точність 20%;
- Ефективна послідовний опір 0,16 Ом;
- Напрацювання на відмову 2000 годин;
- Розміри 8 мм x 10,5 мм x 6,5 мм.

Даний тип конденсаторів виконаний в невеликому корпусі та має малу висоту, що дозволяє їх використовувати в нашому пристрої.

3.2.15 Вибір дроселів

Серед розглянутих на ринку виробників дроселів було обрано Coilcraft. Даний виробник спеціалізується на виготовлення котушок індуктивності. Було обрано серію екранованих дроселів SMD монтажу, які забезпечують високий струм насичення, низький опір.

Для дроселя який стоїть в вузлі USB-підзаряджувача на 22 мкГн, було

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

використано силовий дросель DO3340P-223[18], який зображений на рис. 2.20.



Рисунок 2.20 — Зображення дроселя серії DO3340P

Технічні характеристики:

- Основний матеріал ферит;
- Індуктивність 22 мкГн;
- Точність 20%;
- Струм насичення 5,5А;
- Опір 66 мОм;
- Температурний діапазон від -40°C до +85°C;
- Розміри 12,95 мм x 9,40 мм x 11,43 мм.

Дросель, що знаходиться в схемі DC-DC перетворювача, було використано силовий дросель DO5022P-224[19], який зображений на рис. 2.21.



Рисунок 2.21 — Зображення дроселя серії DO5022P

Технічні характеристики:

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- Основний матеріал ферит;
- Індуктивність 220 мкГн;
- Точність 10,2%;
- Струм насичення 2,3 А;
- Опір 380 мОм;
- Температурний діапазон від -40°C до +85°C;
- Розміри 18,03 мм x 15,24 мм x 7,11 мм.

Обрані дроселі мають високу надійність, ефективність, тому підходять для використання в даному пристрою.

3.2.16 Вибір штекера

В якості штекера було обрано пружинний штекер для автомобільної розетки, який зображений на рис. 2.22.

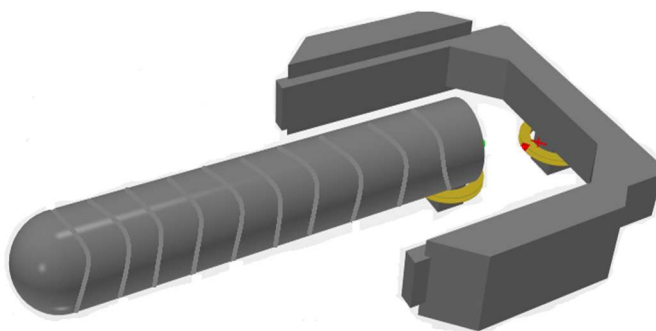


Рисунок 2.22 — Зображення штекера в Altium Designer

Штекер має плюсовий контакт виконаний в формі пружини для забезпечення надійного контакту з центральним штекером. Мінусова клема виконана як прижимний контакт з обох сторін для надійної фіксації пристрою в гнізді автомобільної розетки. Штекер буде припаюватися до ДП тим самим буде надійно кріпитися в пристрої. Даний штекер підходить для використання в пристрої.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

3.3 Розробка схеми електричної принципової

В результаті обґрунтування схемотехнічних рішень та вибору елементної бази було розроблену схему електричну принципову, яку зображено на рис. 2.23.

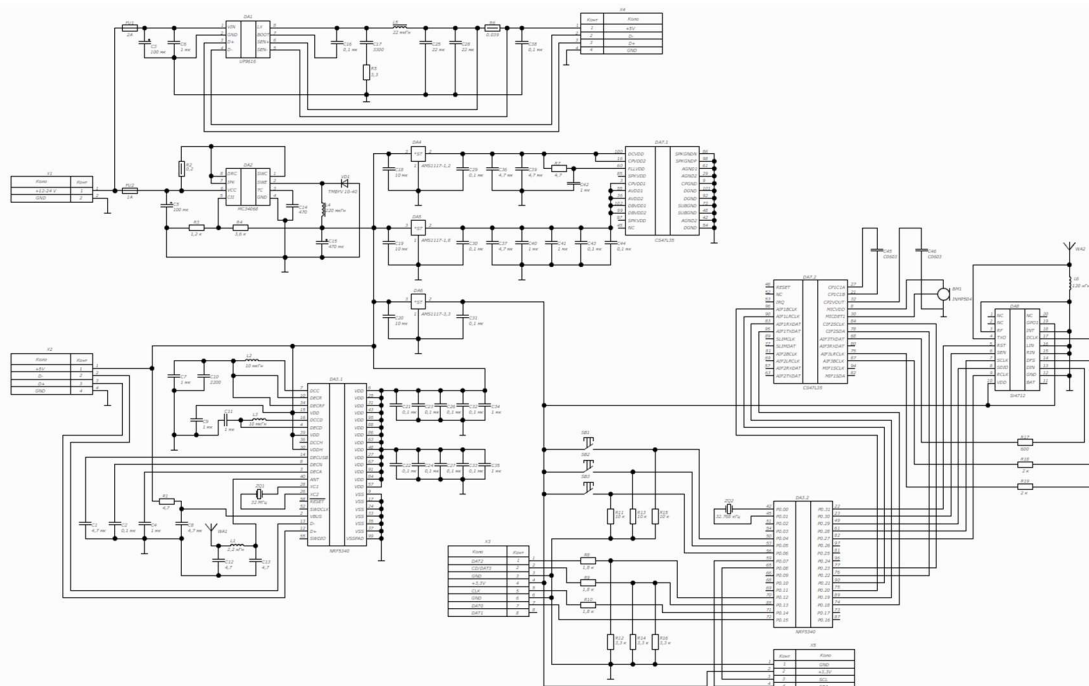


Рисунок 2.23 — Схема електрична принципова

При установці пристрою в гніздо автомобільної розетки (прикурювача), напруга бортової мережі автомобіля 12 В або 24 В поступає на пружинні контакти X1. Далі через запобіжник FU1 та фільтруючі конденсатори C4, C8 поступає на вхід мікросхеми DA1. В середині мікросхеми знаходяться ШИМ, драйвер, MOSFET ключі, схеми захисту та контролю. ШИМ генерує сигнали які поступають на драйвера які в свою чергу розкачують MOSFET транзистори, дросель L5 накопичує енергію при відкритому ключі, після закриття ключа напруга на дроселі за рахунок самоіндукції заряджає вихідні конденсатори C25, C28, через C38 напруга фільтрується і на виході USB-порту X4 з'являється напруга 5В. Шунтовий резистор R6 виконує функцію зворотного зв'язку, захисту, контролю та компенсацію кабеля через контакти контролю SEN+ і SEN-. Якщо до роз'єма X4 підключається заряджаємий пристрій

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

який підтримує протокол швидкої зарядки, то по контактам D+, D- відправляються данні в мікросхему DA1, яка в свою чергу піднімає напругу на виході USB-порту.

Також з контакта X1 напруга через запобіжник FU2 та фільтруючий конденсатор C5 поступає на вхід мікросхеми DA1 MC34068. Мікросхема DA2 підключена по схемі понижуючого перетворювача та має всередині ШИМ, ключі на МДП-транзисторах, опорну напругу. Резистор R2 використовується як давач струму, за допомогою якого задається максимальний струм на виході. Якщо максимальний струм підвищиться то мікросхема відключиться тим самим будучі захистом від короткого замикання. На резисторах R3 і R4 зібраний дільник напруги за допомогою якого задається вихідна напруга. VD1 являється обмежувальним діодом, який працює на високих частотах. Дросель L4 накопичує енергію яка накопичується на конденсаторі C15 і на виході з'являється напруга 5В для живлення мікросхеми DD1, USB-порту X2 та подальшої схеми.

Лінійні стабілізатори DA3 та DA4 формують напруги в 1,2В і 1,8В для живлення мікросхеми DD2. Стабілізатор DA5 формує напругу 3,3В для живлення мікросхеми FM-радіопередавача UB1, роз'єма MicroSD X3, роз'єма X5 який буде підключатися до дисплею.

На мікросхему DD2 через фільтруючі конденсатори напруга 1,2В з стабілізатора DA3 поступає на входи цифрового живлення. Напруга 1,8В з стабілізатора DA4 через конденсатори поступає на входи аналогового живлення.

Карта пам'яті підключена в SPI режимі[20], так як мікроконтролер живиться від 5В а карта-пам'яті від 3,3В то нам потрібно узгодити логічні рівні. Узгодження між картою-пам'яті та мікроконтролером буде за допомогою дільника напруги. При підключенні microSD карти в роз'єм X3 мікроконтролер зчитує аудіо-файли і по інтерфейсу I2S передає на перший вхід аудіо інтерфейсу мікросхеми аудіопроцесора DD2 для декодування аудіо-форматів.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

При підключенні флеш-накопичувача в USB-порт роз'єма X2 мікроконтролер зчитує аудіо-файли з інформаційних контактів D+ D- та в подальшому передає дані як і в випадку з microSD карти.

За допомогою кнопок SB1, SB2, SB3 відбувається керування пристроєм. Тактові кнопки підключені підтягувальними резисторами[21] з підтягнутою землею для забезпечення на входах DD1 при натиснутій кнопки логічного рівень «1». Кнопка SB1 служить для перемикання аудіо-файлів назад, при утриманні гучність зменшується. Кнопка SB3 служить для перемикання аудіо-треків вперед, та при утриманні збільшує гучність пристрою. За допомогою SB2 буде здійснюватися зупинка або продовження програвання, при двійному натисканні пристрій буде переходити в режим вибору вихідної частоти для налаштування та переходити на іншу частоту кнопками SB1 та SB3. Також якщо до пристрою буде підключений смартфон через Bluetooth у разі вхідного дзвінка при одному натиску SB2 буде здійснюватися прийом дзвінків а при двійному відхиляти дзвінок.

Дисплей через шлейф підключається за допомогою роз'єму X5 та через інтерфейс I2C буде виводити на екран перемикання треків, під'єднання смартфона до Bluetooth, переналаштування частоти, відображати інформацію про вхідний дзвінок.

Пристрій підключається до смартфона через Bluetooth антену WA1. На смартфоні вмикається програвач та передаються аудіо-файли через DD1 в аудіопроцесор DD2 використовуючи перший аудіо-інтерфейс. Якщо приймаємо дзвінок то вмикається мікрофон BM1, для розмови з абонентом, який під'єднаний до DD2 та по першому аудіо-інтерфейсу передає звук до мікросхеми DD1 яка по Bluetooth передає сигнал через антену WA1.

З аудіопроцесора DD2 по третьому аудіо-інтерфейсу (інтерфейсу I2S) декодовані аудіо-файли надходять на цифровий вхід FM-радіопередавача UB1. Керується UB1 по інтерфейсу I2C. Вбудований DSP забезпечує регулювання модуляції та керування динамічними діапазоном звуку для

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

оптимальної якості звуку. Для виходу потрібна одна індуктивність L6 для резонансу антени, щоб забезпечити оптимальний вихідний рівень та частотну характеристику для підтримування частот передачі. Вихідний сигнал з UB1 має понад 10 дБ рівень вихідного сигналу. Цифрова обробка сигналу використовується для FM-модуляції до низької цифрової проміжної частоти (ПЧ). Квадратурна однобічна змішувальна установка перетворює цифровий ПЧ-сигнал у ВЧ, а внутрішні ВЧ-фільтри пригнічують шум і гармоніку для забезпечення вимог випромінювання GPS, WLAN та інших бездротових стандартів.

Роз'єм USB-порту X2 можна використовувати не тільки для зчитування аудіо-файлів з USB-флеш накопичувачів, а і як малопотужний підзаряджувач з максимальним вихідним струмом 1А та напругою 5В.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

4. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

4.1 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Схема пристрою має велику кількість компонентів поверхневого монтажу та декілька компонентів вивідних, було обрано двосторонню ДП. Виходячи з цього було обрано комбінований позитивний метод виготовлення ДП, такий метод виготовлення для двосторонньої ДП найпоширеніший. Для такого методу характерно спочатку металізувати отвори і потім витравлюють провідники. Переваги такого методу є можливість відновити всі типи друкованої елементів з великою роздільною здатністю, дуже хороша надійна ізоляція, міцна адгезія металевих елементів плати з діелектриком.

4.2 Вибір матеріалу друкованої плати

Було вирішено обрати двосторонній фальгований склотекстоліт FR-4 35/35 1,5 мм фірми RMT, товщина діелектрика якого становить 1,5мм та товщина металізації в 35 мкм. Даний склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір.

4.3 Розрахунки розмірів контактних майданчиків та діаметри отворів

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3 \quad (3.1)$$

де Dk — розміри контактних майданчиків;

Dv — розміри виводів.

Отримані значення наведені в Таблиця Іл. 3.1

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.1 — Розміри елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	Dv , мм	Dk , мм
R 0603	1,6 x 0,85	1,9 x 1,15
R 1210	3,2 x 2,5	3,5 x 2,8
C 0603	1,6 x 0,85	1,9 x 1,15
L 0603	1,6 x 0,85	1,9 x 1,15
DA1	0,8 x 0,5	1,1 x 0,8
DA2	1,0 x 0,5	1,3 x 0,8
DA3-DA5	0,8 x 0,3	1,1 x 0,6
UB1	0,3 x 0,3	0,6 x ,06
FU1-FU2	2,2 x 1,1	2,5 x 1,4
C3, C5, C15	0,5 x 1,0	0,8 x 1,3
L4	2,54 x 2,54	2,84 x 2,84
L5	2,54 x 2,54	2,84 x 2,84
VD1	2,54 x 0,5	2,84 x 0,8
SB1-SB3	0,6 x 0,3	0,9 x 0,6
ZQ1-ZQ2	1,6 x 1,0	1,9 x 1,3
WA1	2,2 x 1,1	2,5 x 1,4
WA2	4,6 x 0,7	4,9 x 1
X2, X4	2,24 x 4,7	2,54 x 5
X3	2,0 x 1,5	2,3 x 1,8
BM1	0,9 x 0,7	1,2 x 1
DD1	Рекомендовано вироб- ником	0,24
DD2	Рекомендовано вироб- ником	0,24

Розрахуємо діаметри отворів вивідних елементів за формулою:

$$D_o = D_b + 0,2, \quad (3.2)$$

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

Лист

44

де D_o — розміри отворів вивідних елементів;

D_b — розміри виводів.

Розраховуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$D_k = D_o + \frac{2}{3} D_o \quad (3.3)$$

Отримані значення занесено в табл. 3.2.

Таблиця 4.2 — Розміри вивідних елементів

Назва елемента	D_b , мм	D_o , мм	D_k , мм
X1	1,02	1,2	1,7
X5	2,8	3	5

Всі отримані в результаті розрахунку розміри діаметри отворів округлено до стандартного номінального ряду діаметрів свердл в більшу сторону.

4.4 Розрахунок габаритів друкованої плати

Для того, щоб розрахувати площу ДП, потрібно розрахувати площу елементів з урахування коефіцієнта габаритності k , для розрахунку скористаємося формулою:

$$S_{ДП} = 1 \sum S_{мг} + 1,5 \sum S_{сг} + 2 \sum S_{вг}, \quad (3.4)$$

де $S_{ДП}$ — площа ДП;

$S_{мг}$ — площа малогабаритних елементів;

$S_{сг}$ — площа середньогабаритних елементів;

$S_{вг}$ — площа великогабаритних елементів;

1, 1,5, 3 — коефіцієнти габаритності k .

Площу елементів було пороховано в при початку проектуванні плати в редакторі Altium Designer та отриману площу заносимо до табл. 3.3.

Таблиця 4.3 — Розрахунок мінімальної площі ДП

Корпус	S	n	k	Sel
R1,R3-R5,R7-R19	3,163	17	1	53,771
R2,R6	13,058	2	1	26,116
C1-C2,C4,C6-C14,C16-C44	3,613	50	1	180,65
C3,C5,C15	77,3	3	1	231,9
X1	878,135	1	1,5	1317,2
X2,X4	266,667	2	1	533,334
X3	228,44	1	1	228,44
X5	30,45	1	1,5	45,675
WA1	24,75	1	1	24,75
WA2	134,75	1	1	134,75
L1,L2,L3,L6	2,884	4	1	11,536
L4	293,761	1	1	293,761
L5	142,41	1	1	142,41
VD1	27,01	1	1	27,01
SB1,SB2,SB3	74,771	3	1	224,313
FU1,FU2	4,802	2	1	9,604
DA1	35,75	1	1	35,75
DA2	40,389	1	1	40,389
DD1	59,57	1	1	59,57
DA3,DA4,DA5	58,895	3	1	176,685
DD2	20,09	1	1	20,09
UB1	12,25	1	1	12,25
BM1	12,063	1	1	12,063
ZQ1,ZQ2	3,853	2	1	7,706
			Sel=	3849,73

S — площа елемента;

n — кількість однотипних елементів;

k — коефіцієнт габаритності;

S_{ел} — площа елементів.

З розрахунків видно, що мінімальна площа ДП становить 4352,421 мм².

Обчислимо оптимальну площу плати за формулою:

$$S_{opt} = k_s S_{min} \quad (3.5)$$

де k_s — коефіцієнт, який залежить від призначення та умов експлуатації апаратури ($k_s = 1-3$)

Оберемо $k_s = 1,2$, тоді оптимальна площа плати:

$$S_{opt} = 1,2 * 4352,421 = 5222,90 \text{ мм}^2$$

ДП матиме квадратну форму з прямокутним виростом і скрадитиметься з двох прямокутників розміром 18мм на 50мм що дають площу в 900 мм², та 65 мм на 65мм що даватимуть площу 4225 мм², а в сумі виходитиме 5125 мм².

4.5 Вибір класу точності друкованої плати

Плати з першого по третій клас точності найпростіші у виготовленні. Так як в нашому пристрою більшість компонентів поверхневого монтажу та елементи в BGA корпусі тому було обрано 5 клас точності за ГОСТ 23751-86. Для такої точності потрібно виготовляти плату на виробництві

Таблиця 4.4 — Класи точності ДП

Умовні позначення елементів друкованого монтажу	Клас точності друкованої плати				
	1	2	3	4	5
t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
s , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
b , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
$y = d/H$	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2
Δt , мм (без покриття)	$\pm 0,15$ $+0,25$	$\pm 0,1$ $+0,15$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	$-0,03$
Δt , мм (з покриттям)	-0,2	-0,1	$\pm 0,1$	\pm	\pm
T_1 , мм (ОПП, ДПП, ГПК і МПП – поверхневі ш.)	0,15	0,1	0,05	0,03	0,03
T_1 , мм (МПП – поверхневі шари)	0,2	0,12	0,1	0,05	0,03

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

де t — ширина друкованого провідника;

s — відстань між краями сусідніх елементів провідникового рисунку;

b — гарантійний;

y — відношення номінального значення діаметра найменшого з металізованих отвори до товщини ДП;

Δt — допуск на t ;

T_1 — допуск на розміщення контактних майданчиків.

4.6 Розрахунок ширини друкованих провідників

Ми обрали клас точності ДП 5, тому потрібно розрахувати ширину друкованих провідників для сигнальних та силових провідників.

Розраховуємо для сигнальних доріжок:

Знаходимо мінімальне значення ширини друкованого провідника t_I у вузькому місці.

Підставляємо значення класу точності:

$$t_{min} D_s = 0,10 \text{ мм.}$$

Допуск на ширину провідника (нижнього відхилення):

$$\Delta t H o_s = -0,03 \text{ мм.}$$

$$t_I V_s = t_{min} D_s + |\Delta t H o_s| = 0,13 \text{ мм.}$$

Отримуємо мінімальну ширину друкованого провідника у вузькому місці 0,13 мм.

Знаходимо мінімальне значення ширини друкованого провідника t_I у широкому місці:

Обираєм клас точності на ступінь нижче:

$$t_{min} D_s = 0,15 \text{ мм.}$$

Допуск на ширину провідника (нижнього відхилення):

$$\Delta t H o_s = -0,03 \text{ мм.}$$

$$t_I III_s = t_{min} D_s + |\Delta t H o_s| = 0,18 \text{ мм.}$$

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Отримуємо мінімальну ширину друкованого провідника у широкому місці 0,18 мм.

Знаходимо мінімальну допустиму ширину провідника t_2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%).

Питомий опір мідного провідника:

$$\rho = 0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

Довжина провідника:

$$l_s = 0,03 \text{ м.}$$

Товщина фольги міді:

$$h_s = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Прикладена напруга:

$$U_{жив_s} = 12 \text{ В}$$

Максимальний струм:

$$t_{2_s} = \frac{l_s I_{max_s} \rho}{h_s U_{жив_s} \cdot 0,03} = 0,01 \text{ мм.}$$

Максимальний струм та прикладена напруга визначається за схемою електронною принциповою. Довжину провідника обираємо згідно довжини максимального провідника на ДП.

Знаходимо мінімальну допустиму ширину провідника t_3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому.

Максимальний струм:

$$I_{max_s} = 0,1 \text{ А}$$

Товщина фольги міді:

$$h_s = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Допустима щільність струму в провіднику:

$$j_s = 20 \frac{A}{mm^2}$$

$$t_{3_s} = \frac{I_{max_s}}{h_s j_s} = 0,143 \text{ мм.}$$

Розраховуємо для силових доріжок:

Знаходимо мінімальне значення ширини друкованого провідника t_l у вузькому місці.

Підставляємо значення класу точності:

$$t_{min} D_p = 0,10 \text{ мм.}$$

Допуск на ширину провідника (нижнього відхилення):

$$\Delta t_{Ho_p} = -0,03 \text{ мм.}$$

$$t_{1V_p} = t_{min} D_p + |\Delta t_{Ho_p}| = 0,13 \text{ мм.}$$

Отримуємо мінімальну ширину друкованого провідника у вузькому місці 0,13 мм.

Знаходимо мінімальне значення ширини друкованого провідника t_l у широкому місці:

Обираєм клас точності на ступінь нижче:

$$t_{min} D_p = 0,15 \text{ мм.}$$

Допуск на ширину провідника (нижнього відхилення):

$$\Delta t_{Ho_p} = -0,03 \text{ мм.}$$

$$t_{1III_p} = t_{min} D_p + |\Delta t_{Ho_p}| = 0,18 \text{ мм.}$$

Отримуємо мінімальну ширину друкованого провідника у широкому місці 0,18 мм.

Знаходимо мінімальну допустиму ширину провідника t_2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%).

Питомий опір мідного провідника:

$$\rho = 0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Довжина провідника:

$$l_p = 0,03 \text{ м.}$$

Товщина фольги міді:

$$h_p = 35 * 10^{-3} \text{ мм.}$$

Прикладена напруга:

$$U_{жив_p} = 12 \text{ В}$$

Максимальний струм:

$$I_{max_p} = 1,5 \text{ А}$$

$$t2_p = \frac{l_p I_{max_p} \rho}{h_p U_{жив_p} * 0,03} = 0,063 \text{ мм.}$$

Максимальний струм та прикладена напруга визначається за схемою електронною принциповою. Довжину провідника обираємо згідно довжини максимального провідника на ДП.

Знаходимо мінімальну допустиму ширину провідника t_3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому.

Максимальний струм:

$$I_{max_p} = 1,5 \text{ А}$$

Товщина фольги міді:

$$h_s = 35 * 10^{-3} \text{ мм}$$

Допустима щільність струму в провіднику:

$$j_s = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

$$t3_p = \frac{I_{max_p}}{h_p j_p} = 2,143 \text{ мм.}$$

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

З розрахованих даних обираємо ширину друкованого провідника у вузькому та широкому місці, та повинна виконуватися умова:

Розраховуємо для сигнальних доріжок:

У вузькому місці:

$$t_{min_v} \geq \begin{matrix} |t1V_s \\ |t2_s \\ |t3_s \end{matrix}$$

$$t_{min_v_s} = \max(t1V_s, t2_s, t3_s) = 0,143 \text{ мм.}$$

У широкому місці:

$$t_{min_v} \geq \begin{matrix} |t1Ш_s \\ |t2_s \\ |t3_s \end{matrix}$$

$$t_{min_w_s} = \max(t1Ш_s, t2_s, t3_s) = 0,18 \text{ мм.}$$

Розраховуємо для силових доріжок:

У вузькому місці:

$$t_{min_v} \geq \begin{matrix} |t1V_p \\ |t2_p \\ |t3_p \end{matrix}$$

$$t_{min_v_p} = \max(t1V_p, t2_p, t3_p) = 2,143 \text{ мм.}$$

У широкому місці:

$$t_{min_v} \geq \begin{matrix} |t1Ш_p \\ |t2_p \\ |t3_p \end{matrix}$$

$$t_{min_w_p} = \max(t1Ш_p, t2_p, t3_p) = 2,143 \text{ мм.}$$

З розрахунків видно, що рекомендована ширина для сигнального провідника 0,18 мм, а для силового провідника 2,143 мм.

					РТ71.464212.001 ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

4.7 Розробка друкованої плати в програмі Altium Designer

В цьому розділі була проведена розробка пристрою. Перед розробкою ДП було створено всі необхідні футпринти та прикріплені до них 3D моделі. Потім створюємо PCB проект в якому буду створюватись розміри ДП згідно визначених раніше, розміщення компонентів на платі та трасування провідників. Після трасування провідників було вирішено використати заливку землею всю ДП з обох сторін. Результат трасування шарів Top Layer і Bottom Layer наведено на рис. 4.1 та 4.2.

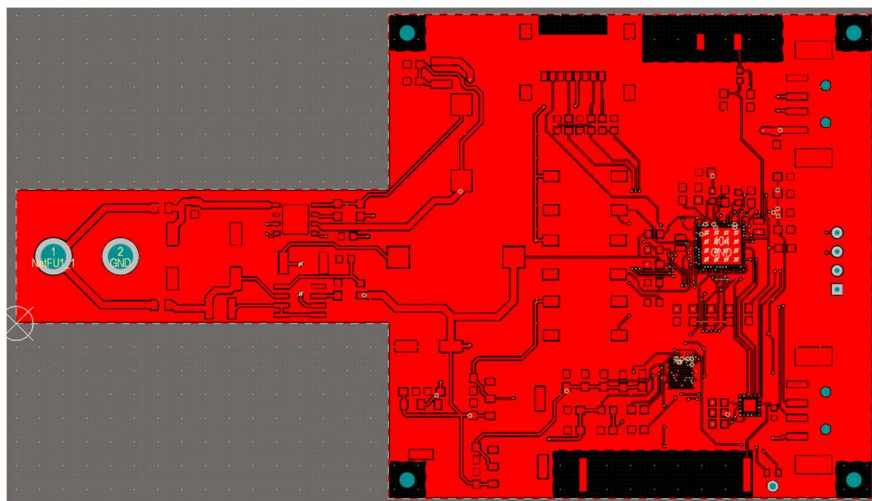


Рисунок 4.1 — Трасування в шарі Top Layer

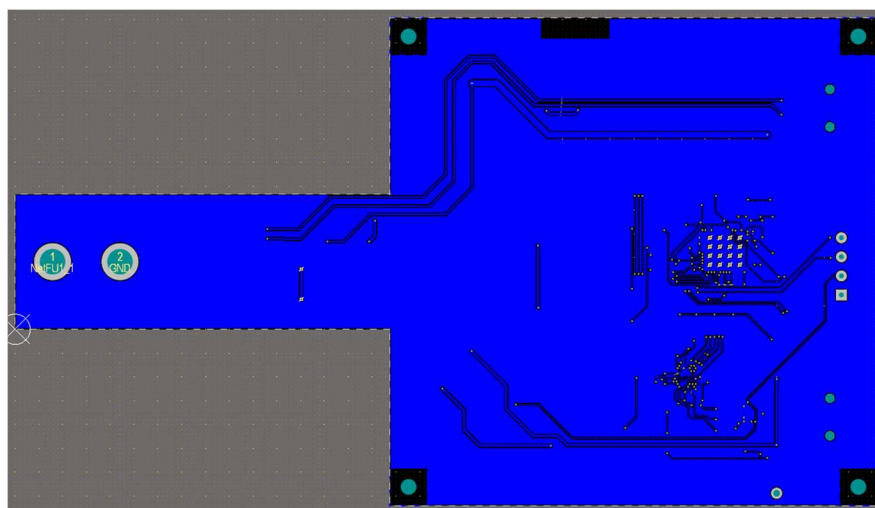


Рисунок 4.2 — Трасування в шарі Bottom Layer

На рис. 4.3 було наведено 3D модель пристрою в середовищі Altium Designer.

					PT71.464212.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		53

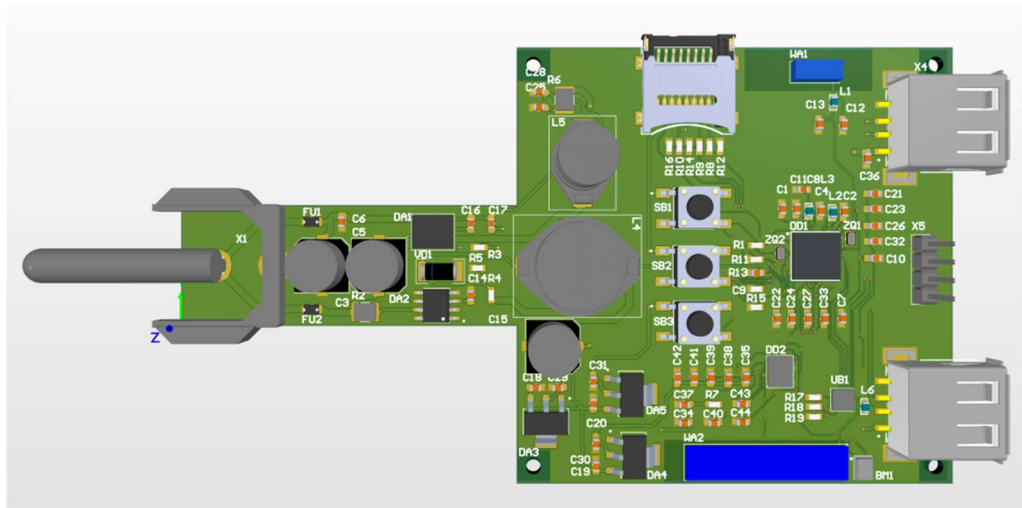


Рисунок 4.3 — 3D модель пристрою

Після трасування було перевірено на наявність помилок та попереджень. Було виявлено декілька помилок які було виправлено. Попередження були не взяті до уваги так як вони стосувалися елементів які виходили за межі ДП що і задумувалося.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

1. За результатами огляду існуючих рішень на ринку, були зроблені висновки про актуальність пристрою, його переваги та недоліки. Дешеві зразки мають обмежений функціонал. Недоліком даних моделей є відсутність протоколів швидкої зарядки пристроїв, що не дає можливості швидко відновити заряд гаджета. Має застарілі версії Bluetooth, які не дозволяють насолодитися якісним звучанням музики, також має велике енергоспоживання в порівнянні з новими версіями Bluetooth. Тому актуальною задачею являється розроблення аналогічного пристрою з усуненням вказаних недоліків.
2. Було розроблену схему електричну структурну, вибрано основні компоненти схеми UP9616 швидка зарядка, NRF5340 Bluetooth 5.2 LE Audio, CS47L35 аудіопроцесор, Si4712 FM-радіопередавач, які мають високу якість і надійність, та на їх основі було розроблено схему електричну принципову пристрою.
3. Проведено розрахунки ширини друкованих провідників для сигнальних 0.18мм, а для силових 2.143мм, вибраний 5 клас точності друкованої плати, обрано комбінований позитивний метод виготовлення друкованої плати.
4. Розроблено плату автомобільного FM-трансмітера в програмі Altium Designer.
5. Розроблений пристрій задовольняє вимоги технічного завдання, а саме підтримує протоколи швидкої зарядки, Bluetooth 5.2 LE Audio.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Савченко. Реферат по теме "Грамотная эксплуатация аудиосистемы автомобиля как один из факторов безопасного вождения" [Электронный ресурс] / Савченко – Режим доступа до ресурсу: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2018/07/09/referat-po-teme-gramotnaya-ekspluatatsiya>.
2. FM-трансмiтер Car G7 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://allo.ua/ru/fm-transmittery/avtomobil-nyj-fm-moduljator-car-g7-fm-modulator-bluetooth-zolotoj.html>.
3. FM-трансмiтер RIAS USB X8 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://smartw.kiev.ua/p1084874354-transmitter-rias-usb.html>.
4. FM-трансмiтер Baseus S-09A [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://smartid.com.ua/p881697405-transmitter-modulyator-baseus.html>.
5. Сравнение новейших Bluetooth 5.2 LE Audio и Classic Audio [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://ru.feasywifi.com/news/comparison-of-the-latest-bluetooth-5-2-le-audi-31484801.html>.
6. Bluetooth 5.2 LE Audio [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.nordicsemi.com/Products/Low-power-short-range-wireless/nRF5340>.
7. Блютуз антена [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ti.com/lit/an/swra092b/swra092b.pdf?ts=1622134613998>.
8. FM антена [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.yumpu.com/en/document/read/22927969/fm-chip-antenna-datasheet>.

					<i>PT71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

9. МС34063 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/5257.pdf>.
10. Универсальная авто зарядка QC3.0 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://mysku.ru/blog/aliexpress/61625.html>.
11. uP9616 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/uPI-Semiconductor-uP9616PDC8_C92690.pdf.
12. Smart Codec with Low Power Audio DSP [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.cirrus.com/products/cs47135/>.
13. Si4712 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si4712-13-B30.pdf>.
14. AMS1117 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/029/DOC001029248.pdf>.
15. SMD 0603 Hitano [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf.
16. Ceramic Hitano [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/X7R_X5R.pdf.
17. Panasonic cap [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/051/DOC000051935.pdf>.
18. Coilcraft DO3340P-223 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.coilcraft.com/en-us/products/power/unshielded-inductors/ferrite-drum-surface-mount/do/do3340p/do3340p-223/>.
19. Coilcraft DO5022P-224 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.coilcraft.com/en-us/products/power/unshielded-inductors/ferrite-drum-surface-mount/do/do5022p/do5022p-224/>.
20. Работа с SD картой. Подключение к микроконтроллеру. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://chipenable.ru/index.php/programming-avr/209-rabota-s-sd-kartoy-podklyuchenie-k-mikrokontrolleru-ch1.html>.

21. Устройство и работа портов ввода-вывода микроконтроллеров AVR [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/256269/>

					<i>РТ71.464212.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>58</i>

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник дипломного проєкту

_____ О.С. Неуймін

«__» _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту Ляпкіну Максиму Олександровичу.

1. Назва і підстава для виконання роботи

Назва: «Автомобільний FM-трансмiтер»

Підстава для виконання: Наказ по факультету від «__» _____ 2021 р.

2. Мета і призначення ДП

Метою даного дипломного проєкту є розробка вдосконаленого автомобільного FM-трансмiтера, який передбачає можливість встановлення в автомобіль та розширить функціонал його штатної аудіосистеми.

3. Вихідні дані для проведення ДП

При виконанні ДП необхідно забезпечити данні характеристики для автомобільного FM-трансмiтера:

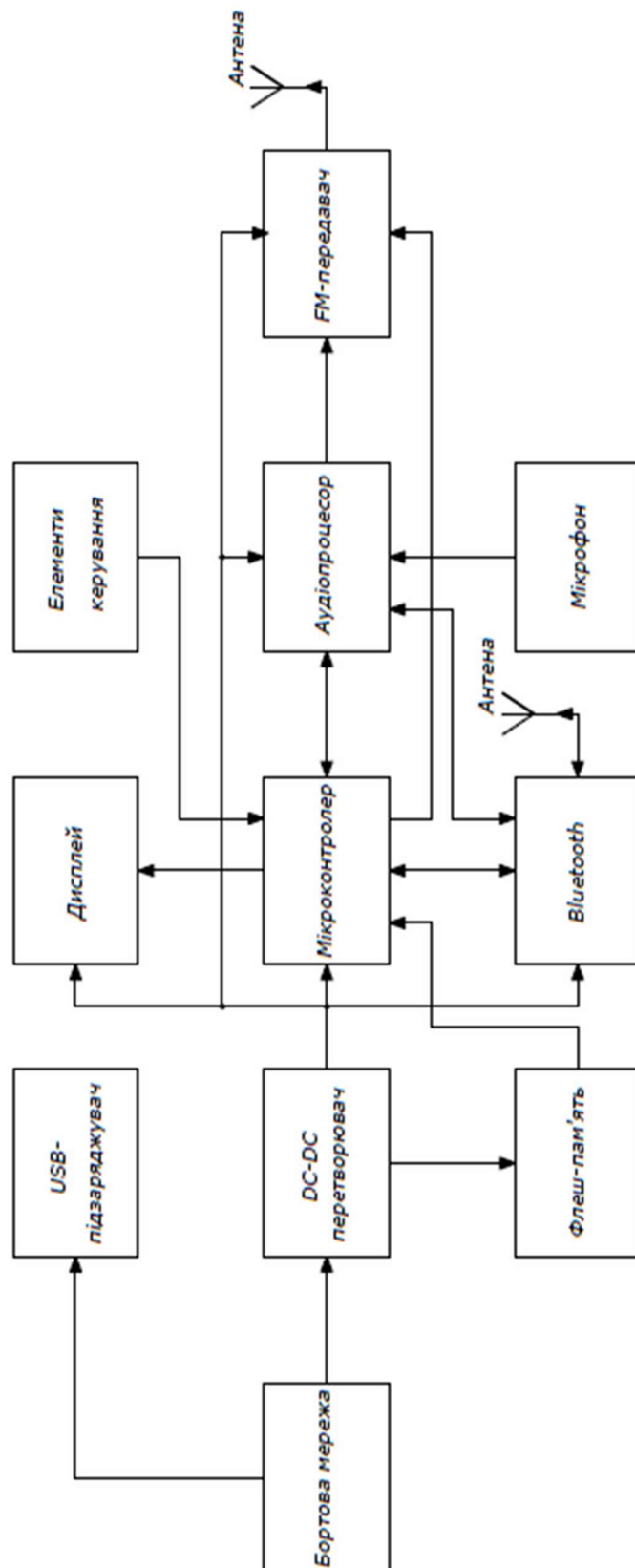
1. Робота температура від -40 до + 45°C.
2. Вхідна напруга від 12 до 24 В.
3. Підтримку Bluetooth 5.2 LE Audio
4. Підтримку протоколів швидкої зарядки

Студент

М.О. Ляпкін

					PT71.464212.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

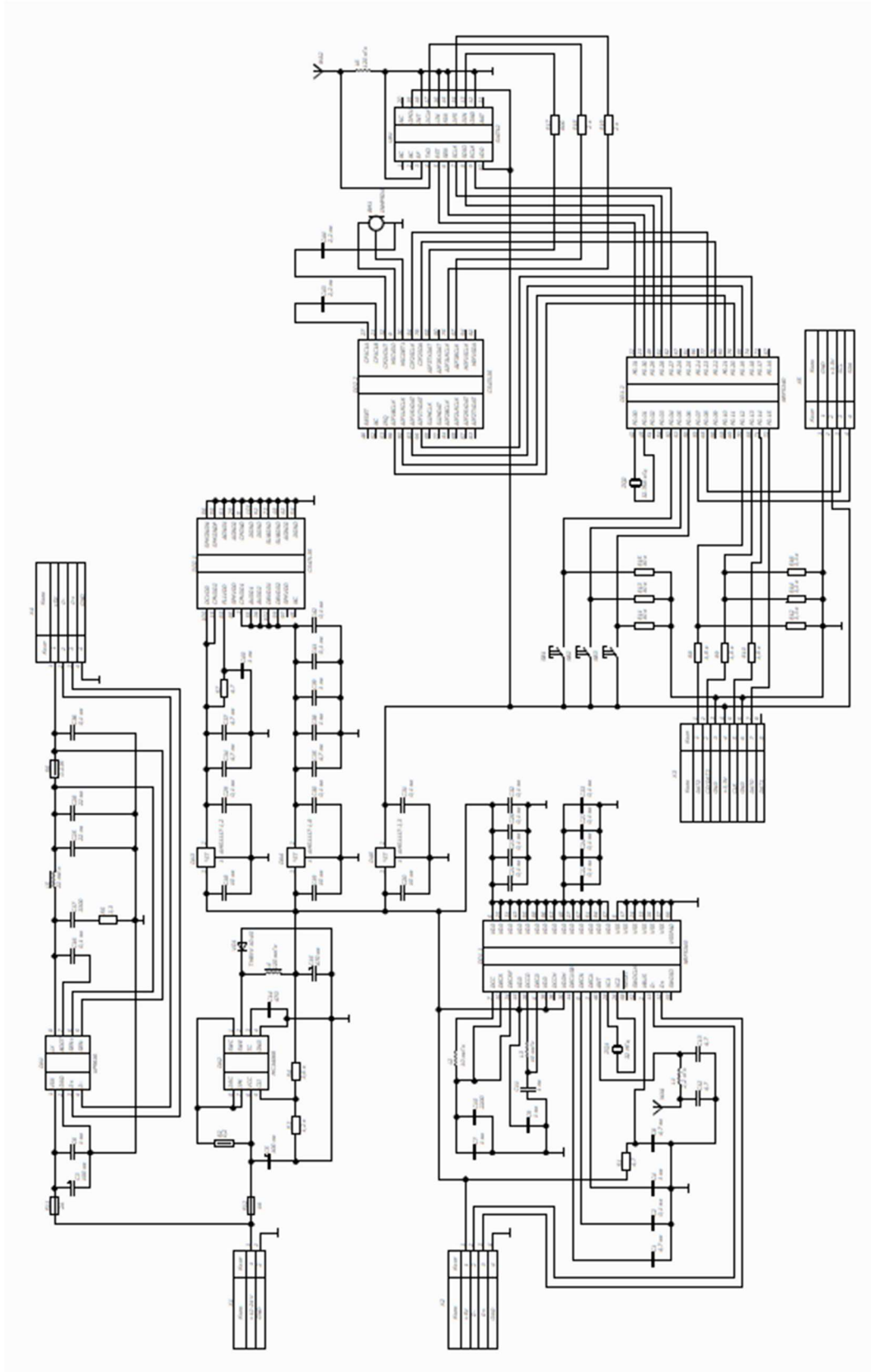
ДОДАТОК В. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА



Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71.464212.001 ПЗ

ДОДАТОК Г. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА



Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

РТ71.464212.001 ПЗ

