

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РА-41
спеціальності 172 Електронні комунікації та
радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

Лапук Д.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дедів І.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хвостівська Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«12» березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Лапук Дарії Дмитрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » 03 2025 року № 4/7-193

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи напруга живлення +1,5 В; частотний діапазон передачі – 87-108 МГц;
дальність передачі, не менше 20 м; режим передачі сигналів – стерео; вихідна потужність
передавача не більше 10 мВт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

аналіз технічного завдання; аналіз схемних рішень виконання виробу;

розроблення схеми структурної виробу, схеми електричної принципової,

розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової; конструювання виробу,

а саме: обґрунтування вибору елементної бази, трасування друкованої плати,

розробка компоновки друкованого вузла.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол;

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Лапук Д.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача». Кваліфікаційна робота бакалавра // ТНТУ ім. І. Пулюя, ФПТ, РА-41 // Тернопіль, 2025р. //с. - 61, рис.- 15, бібліог.- 14, додат.- 3.

Ключові слова: РАДІОАДАПТЕР, ТРАНСИВЕР, РАДІОКАНАЛ, РАДІОПРИЙМАЧ.

В роботі проводиться проектування низькочастотного радіоадаптера для ультракороткохвильового радіоприймача, який придатний до застосування у вигляді так званого «радіошлейфа» для транслявання аудіосигналів чи інформаційних повідомлень на ультракороткохвильові радіоприймачі, які знаходяться в радіусі його дії. За основу проектування використано спеціалізовану мікросхему ВА1404. Розроблено структурну схему радіоадаптера та схему електричну. Також проаналізовано основні вимоги міжнародних стандартів ІРС стосовно проектування друкованих плат, зокрема формування провідного рисунка. На основі цього розроблено креслення друкованої плати та друкованого вузла проєктованого радіоадаптера.

Технічні вимоги до радіоадаптера: напруга живлення +1,5 В; частотний діапазон передачі – 87-108 МГц; дальність передачі, не менше 20 м; режим передачі сигналів – стерео; вихідна потужність передавача не більше 10 мВт.

ANNOTATION

Theme of qualification work : " Low-frequency radio adapter for ultra-short-wave radio receiver". Qualifying work of a bachelor // TNTU, FPT, group RA-41. // Ternopil, 2025 //p. - 61, fig. - 15, , bibliog. - 14, appendix- 3.

Keywords: RADIO ADAPTER, TRANSCEIVER, RADIO CHANNEL, RADIO RECEIVER.

The work involves the design of a low-frequency radio adapter for an ultrashort-wave radio receiver, which is suitable for use as a so-called "radio loop" for broadcasting audio signals or information messages to ultrashort-wave radio receivers located within its range. The design is based on a specialized BA1404 microcircuit. The structural diagram of the radio adapter and the electrical circuit are developed. The main requirements of the international IPC standards for the design of printed circuit boards, in particular the formation of a conductive pattern, are also analyzed. Based on this, a drawing of the printed circuit board and the printed assembly of the designed radio adapter are developed.

Technical requirements for the radio adapter: supply voltage +1.5 V; transmission frequency range - 87-108 MHz; transmission range, not less than 20 m; Signal transmission mode – stereo; transmitter output power no more than 10 mW.

Зміст

Вступ.....	7
1. Основна частина.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання.....	10
1.2 Аналіз принципів роботи аналогів та прототипів радіоадаптера.....	10
1.3 Розробка структурної схеми.....	24
1.4 Проєктування схеми радіоадаптера.....	25
1.5 Параметричний синтез.....	26
1.6 Вибір елементів.....	27
1.7 Розробка плати та вузла радіоадаптера.....	32
1.8 Висновки до розділу 1.....	47
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	49
2.1. Електробезпека при роботі з радіоадаптером.....	49
2.2. Долікарська допомога при шоку.....	51
2.3. Висновки до розділу 2.....	56
Висновки.....	57
Список використаних джерел.....	59
Додатки	

					ЛДД 2.893.001 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача	Лім	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Лапук Д.Д.					у	6	61
Перевір.	Дедів І.Ю.					ТНТУ, РА-41		
Н. контр.	Хвостівська Л.В.							
Зат. каф.	Дунець В.Л.							
Рецензент								

Вступ

Сьогодні широке розповсюдження отримали пристрої, відомі як низькочастотні радіоадаптери, або FM-трансмітери, які представляють собою компактні радіоелектронні системи, призначені для передавання аудіосигналів у FM-діапазоні. Вони забезпечують трансляцію як аналогових, так і попередньо оцифрованих звукових файлів (наприклад, з флеш-пам'яті) для подальшого їхнього відтворення на звичайних FM-приймачах.

Найчастіше такі пристрої знаходять застосування в автомобільному транспорті як економічно доступне рішення, що дозволяє модернізувати старі аудіосистеми без потреби їх повної заміни. FM-трансмітери забезпечують можливість інтеграції сучасних цифрових технологій відтворення звуку у транспортні засоби, оснащені лише базовими радіоприймачами з FM-тюнером.

Сучасні моделі трансмітерів підтримують бездротове з'єднання через Bluetooth, що розширює функціональність пристрою та забезпечує сумісність із мобільними телефонами й іншими гаджетами. У конструкції трансмітера передбачено USB-інтерфейс і/або слот для карт пам'яті типу SD, які дозволяють здійснювати безпосереднє відтворення аудіоконтенту у форматах MP3, WMA тощо.

Після виявлення та декодування аудіофайлів з носія пристрій здійснює модуляцію електромагнітних хвиль відповідно до аудіосигналу. Отриманий радіосигнал транслюється в ефір і може бути прийнятий будь-яким FM-приймачем, що знаходиться в межах дії — як в автомобілі, так і в безпосередній близькості до нього.

Враховуючи тенденцію до спрощення конструкцій мультимедійних систем у бюджетному транспорті та водночас зростання потреб у бездротовому відтворенні контенту, дослідження принципів функціонування,

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		7

конструктивних особливостей і потенціалу застосування FM-трансмiтерiв набуває особливої практичної цiнностi.

Для забезпечення стабiльної роботи FM-трансмiтера необхідно попередньо здiйснити його налаштування на частоту в дiапазонi FM, яка не використовується локальними радiостанцiями. Вiдповiдно, приймач, що використовуваватиметься для вiдтворення, має бути точно синхронiзований iз цiєю частотою. Водночас слiд зазначити, що передавання аудiосигналу через зв'язку «FM-трансмiтер – FM-приймач» неминуче супроводжується погiршенням якостi вiдтворення, що пов'язано з обмеженнями ширини смуги, завадостiйкостi та характером модуляцiї.

Ще одним перспективним напрямом використання радiоадаптерiв є їх iнтеграцiя у системи вiдтворення звукових повiдомлень, що генеруються прикладними програмами або iнтерактивними iгровими застосунками. У бiльшостi випадкiв для виведення таких аудiосигналiв використовуються зовнiшнi активнi акустичнi системи, якi з'єднуються безпосередньо з виходами звукової карти персонального комп'ютера. Однак iснує альтернативне рiшення — використання стандартного FM-радiоприймача або портативної магнiтоли з пiдтримкою FM-дiапазону як виносного динамiка. Такий пристрiй може приймати сигнал, що передається з комп'ютера через спецiальний радiоiнтерфейс — так званий «радiошлейф», який реалiзується у виглядi FM-трансмiтера.

Це рiшення є особливо ефективним у тих випадках, коли встановлення традицiйних акустичних систем ускладнене або взагалi недоцiльне — наприклад, у виробничих примiщеннях, де складно прокладати дротовi з'єднання. Крім того, така технологiя може бути застосована в бюджетних iнформацiйно-озвучувальних системах для поширення службових повiдомлень, а також як музичний фон у торговельних залах, супермаркетах, виставкових комплексах або магазинах електронiки.

Власне в цій роботі і проводиться розробка такого низькочастотного радіоадаптера для ультракороткохвильового радіоприймача

Практичне значення. Розроблений генератор шуму може бути практично реалізований як один із функціональних модулів системи тестування каналів передачі даних.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
						9
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

1. Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

В роботі потрібно розробити низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача, який реалізовував би безпроводний канал передачі низькочастотних аудіосигналів на фіксованих частотах в діапазоні (87-108)МГц.

Технічні вимоги до радіоадаптера:

1. Напруга живлення +1,5 В
2. Частотний діапазон передачі – 87-108 МГц;
3. Дальність передачі, не менше 20 м;
4. Режим передачі сигналів – стерео;
5. Вихідна потужність передавача не більше 10 мВт.

1.2 Аналіз принципів роботи аналогів та прототипів радіоадаптера

Насамперед проаналізуємо схемні рішення прототипів та аналогів радіоадаптера, які можуть бути використані при проектуванні власного виробу. Спочатку розглянемо FM-радіопередавач з живленням від USB.

Проаналізуємо перший варіант такої схеми. Він наведений на рис. 1.1.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		10

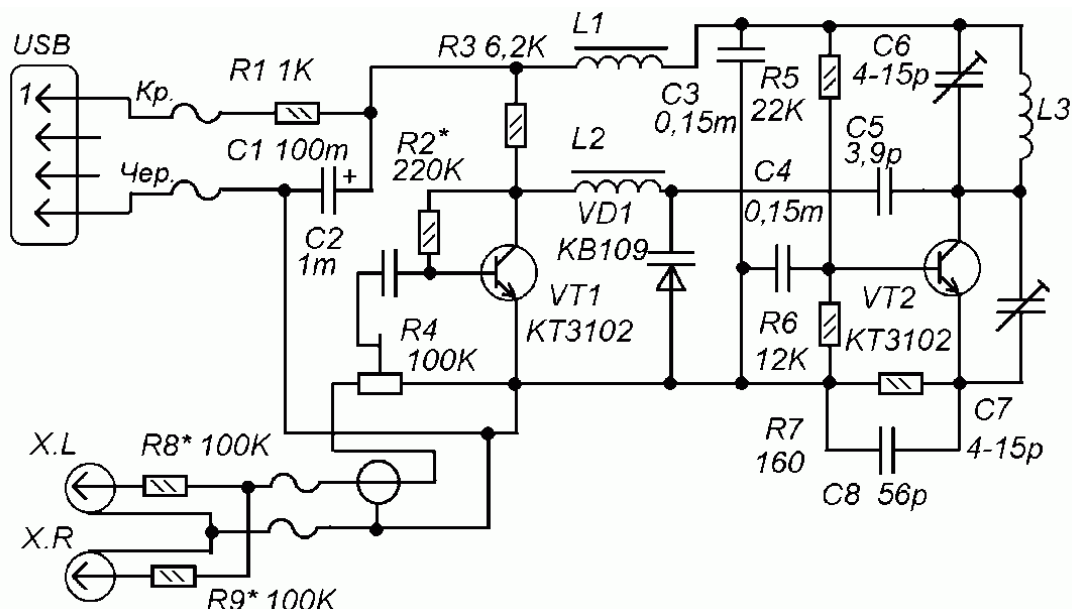


Рисунок 1.1 – Принципова схема УКХ (FM) радіопередавача з живленням від USB-порта ПК.

Фактично це УКХ-ЧМ передавач типу радіомікрофона, що живиться від джерела +5В, виведеного на USB-порт персонального комп'ютера, і отримує сигнал з аудіовиходів. Антенною служить котушка L3.

Вузол на транзисторах VT1 і VT2 зібраний у невеликому корпусі та з'єднаний із системним блоком двома кабелями. Один - трипровідний аудіо кабель (крім екранного обплетення аудіокабелю). Другий – USB-кабель зі стандартним роз'ємом USB. В його ролі можна використовувати частину недорогого USB-подовжувача або іншого непотрібного кабелю з USB роз'ємом. Живлення береться з 1-го та 4-го контактів, зазвичай це червоний (+5В) та чорний (-5В) дроти. Інші два дроти або контакти USB роз'єма залишаються незадіяними.

Живлення на схему передавача надходить через резистор R1, який у тому числі служить обмежувачем струму, що захищає USB-порт у разі пошкодження схеми передавача, зокрема коротких замикань в ній.

На транзисторі VT1 зібрано попередній ПНЧ. Сигнал на нього надходить через підстроювальний резистор R4, яким регулюється глибина частотної модуляції.

Дросель L1 захищає схему від перешкод як з боку ПК, так і з боку передавача. Дросель L2 розділяє ВЧ та НЧ напруги на варикапі VD1, за допомогою якого відбувається частотна модуляція.

Котушки L1 і L2 - дроселі по 50-200 мкГн, котушка L3 безкаркасна - діаметр 15 мм, число витків - 6.

R2 підбирають так, щоб на колекторі VT1 було 2В. Передавач налаштовують підстроювальними конденсаторами C6 і C7 на потрібну частоту і максимальну потужність випромінювання. Резистором R4 встановлюють номінальний рівень аудіосигналу (без спотворень).

Пристрій розміщують поблизу приймача або магнітоли. Працює на частоті у діапазоні 88-108 МГц. Недолік схеми полягає в тому, що сигнал на виході монофонічний, і навіть через приймач зі стереодекодер він відтворюватиметься в режимі моно.

Проаналізуємо іншу схему стерео-передавача FM діапазону на мікросхемі BA1404.

Принципова схема передавача показана на рис. 1.2. Стереогенератор виконаний на спеціалізованій мікросхемі BA1404. Мікросхема формує стереосигнал з пілот-тоном, тому передавач можна налаштувати саме на діапазон 87,5-108 МГц. На діапазоні 64-73 МГц використовується інша система стереопередачі, неприйнятна для BA1404.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		12

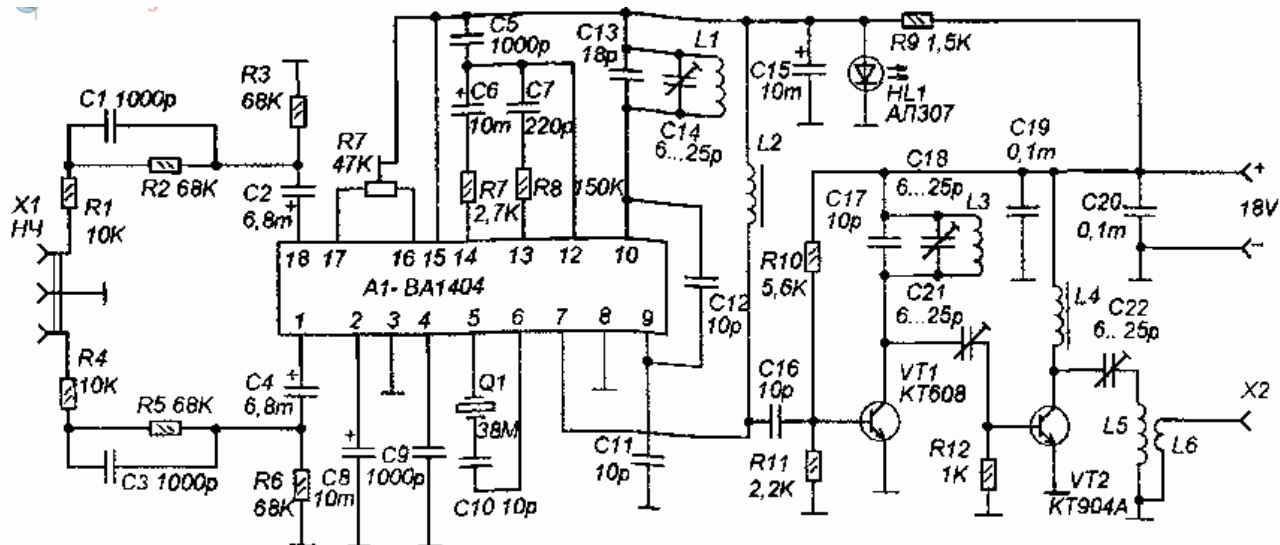


Рисунок 1.2 – Принципова схема FM стереопередавач на мікросхемі BA1404.

Низькочастотний стереосигнал від звукової апаратури рівнем 250 мВ надходить через роз'єм X1 на стереовходи мікросхеми A1. На A1, що включена за типовою схемою, виконаний формувач стереосигналу, ЧС модулятор і ВЧ генератор з буферним підсилювальним каскадом.

Режим роботи формувача стереосигналу встановлюється підстроювальним резистором R6 (на слух - за приймачем). Для формування піднесучої стереосигналу служить генератор частоти 38 МГц, стабілізованої резонатором Q1.

Несуча частота ВЧ-генератора визначається налаштуванням коливального контура L1-C13-C14. Конденсатори C11 і C12 працюють у колі зворотного зв'язку, що потрібний для збудження генератора.

Вихід буферного підсилювального каскаду - вивід 7. Він навантажений дроселем L2. Потужність дуже невелика. При типовому включенні з невеликою антеною дальність зв'язку становить один-два метри. Цей сигнал надходить на двокаскадний підсилювач на транзисторах VT1 та VT2. Каскад попереднього підсилення на VT1 працює з початковим зсувом, що задається резисторами R10 і R11.

Контур С17-С18-Л3 налаштований на частоту несучої. Підсилений сигнал достатній для розкачування вихідного каскаду на VT2. Вихід узгоджений за допомогою послідовного контуру L5-С22.

Антенa є металевим штирем довжиною близько 2 метрів, що підключається до клеми Х2.

Живиться пристрій від джерела постійного струму напругою 18В. Струм споживання близько 1 А. Транзистор VT2 потребує радіатора площею не менше 200 см². Роль радіатора виконує металеве шасі пристрою.

Мікросхема ВА1404 розрахована на живлення від джерела напругою від 1,25 до 2,5 В. В даному випадку вона живиться напругою близько 1,8В, створеного параметричним стабілізатором.

Котушка L1 – безкаркасна, її внутрішній діаметр 3 мм, а число витків – 4. Котушка L3 так само, безкаркасна, її внутрішній діаметр 8 мм, число витків 5. Котушка L5 має внутрішній діаметр 12 мм - 7 витків. Котушка L6 розташована на поверхні L5, - вона містить 4 витки.

Дросель L2 – малопотужний, на 20-30 мкГн. Дросель L4 намотаний на корпусі двохватного резистора опором понад 100к. Він містить 40 витків провода з діаметром 0,23 мм.

Налагодження починається на першому етапі без підсилювача потужності – потрібно відключити від нього живлення, а до точки з'єднання виводу 7 А1 і L2 підключити тимчасову антену - шматок дроту довжиною близько метра. Далше потрібно подати на вхід пристрою звуковий сигнал (наприклад, від генератора НЧ) і налаштувати контрольний приймач на вільне місце діапазону 87,5-108 МГц.

Підстроюванням L1 і С14 потрібно вивести передавач на цю частоту. Підстроюванням R7 потрібно досягти передачі стереосигналу.

Потім потрібно підключити робочу антену до Х2, підключити живлення на підсилювач потужності та налаштувати його за максимальною дальністю прийому на радіоприймач.

Наступна схема — це хороший стерео FM-передавач, який може передавати високоякісні сигнали на відстань до 20 м. Схема базується на мікросхемі стереопередавача BH1417 PLL від Rhom semiconductors. Мікросхема має окремі секції обробки звуку для лівого та правого каналів, схему попереднього підсилення для покращення співвідношення сигнал/шум, схему керування кварцовим резонатором для точної синхронізації частоти, схему мультиплексування для створення суми (лівий плюс правий) та різниці (лівий мінус правий) тощо. Ще однією важливою особливістю цієї мікросхеми є те, що частоту передачі можна встановити за допомогою 4-канального DIP-перемикача. Мікросхема може живитися від будь-якої напруги постійного струму від 4 до 6 В та має вихідну потужність близько 20 мВт. При повній вихідній потужності схема споживає лише 20 мА та має розділення каналів 40 дБ. Існує 14 можливих попередньо встановлених частот передачі, починаючи з 88,7 МГц та збільшуючись з кроком 0,2 МГц, які можна вибрати за допомогою DIP-перемикача. Схема ФАПЧ мікросхеми настільки точна, що дрейф частоти практично відсутній.

Схема передавача наведена на рис. 1.3.

Конденсатори C18 та C19 – це конденсатори розв'язки постійного струму для входів лівого та правого каналів. Конденсатори C1 та C17 використовуються для встановлення необхідної величини передспотворення, і тут, з використаними значеннями, це 50 мкс. Конденсатори C2 та C16 встановлюють точку спаду фільтра низьких частот. Резистор X1 – це кварцовий елемент на 7,6 МГц, який встановлює частоту генератора, тоді як конденсатори C13 та C14, пов'язані з ним, використовуються для забезпечення відповідного навантаження. Резистори R8-R11 є підтягуючими резисторами для D0-D3 (виводи 15-18 мікросхеми) відповідно. Ці виводи можна утримувати низьким рівнем, замикаючи відповідні перемикачі. РЧ-генератор мікросхеми налаштовується за допомогою компонентів L1, C11, C12 та D1. Конденсатор C11 запобігає подачі постійної напруги на варикап D1 і тим

самим запобігає протіканню струму в індуктор L1. Більше того, він зменшує вплив змін ємності D1 на вивід 9. Конденсатор C7 запобігає протіканню постійного струму в індуктор L1 з виводу 9 мікросхеми. Складений вихідний сигнал на виводі 5 подається на з'єднання R6 та R7 через ланку, що складається з компонентів C4, C5, C6 та R1. У схемі вивід 19 залишається непідключеним, але додатковий конденсатор на цьому виводі можна використовувати для встановлення рівня та фази пілотного сигналу. У будь-якому випадку, такий конденсатор тут зовсім не потрібен, і схема працюватиме ідеально, навіть якщо конденсатор на виводі 9 не використовувати.

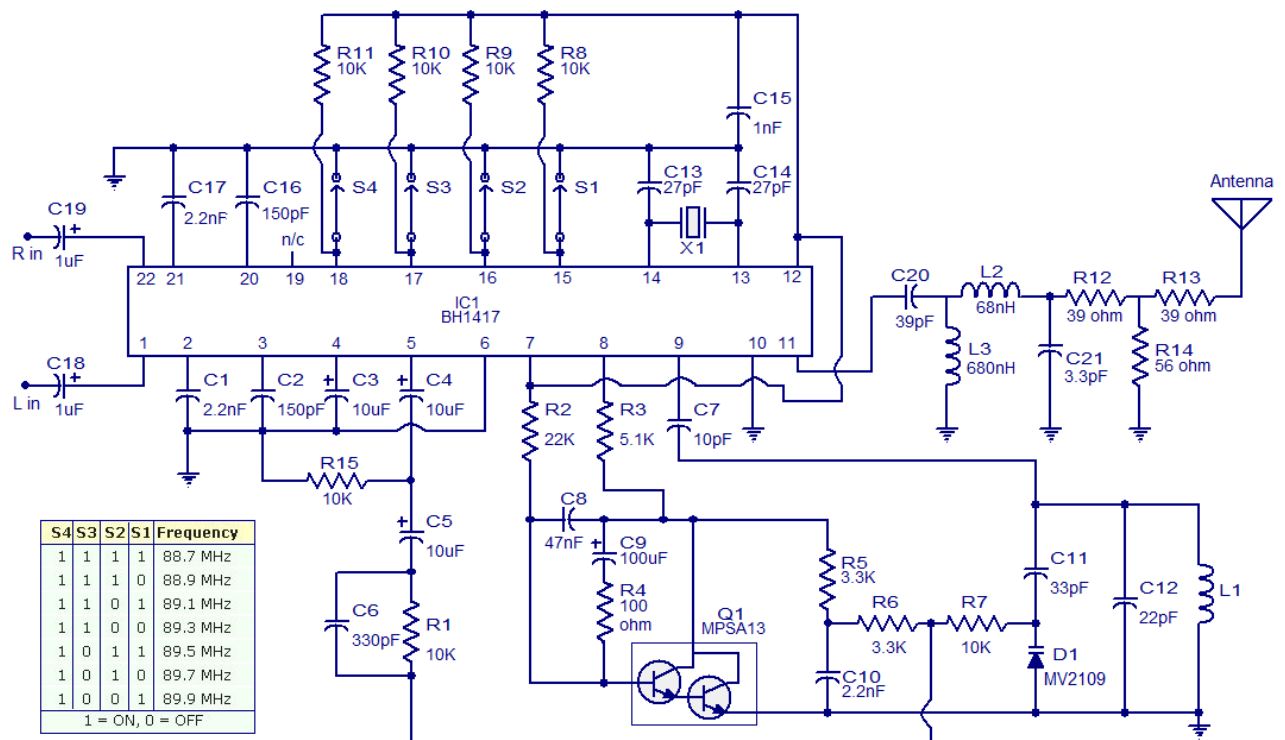


Рисунок 1.3 – Схема передавача на BH1417

Сумарний вихідний сигнал зазнає деякого затухання під час проходження через цю ланку та нарешті досягає варикапного діода D1. Несуча частота контролюється за допомогою виходу фазового детектора PLL (вивід 7) та компонентів, підключених до нього. Транзистор Дарлінгтона Q1

керується виходом виводу 7, і транзистор подає керуючу напругу на варикапний діод через резистори R5, R6 та R7. Конденсатор C10 працює як високочастотний фільтр, тоді як R7 призначений для ізоляції. Резистор R4 та конденсатор C9, з'єднані послідовно між колектором та базою Q1, забезпечують додаткову фільтрацію. Резистор R4 покращує реакцію транзистора на перехідні зміни, тоді як конденсатор C9 покращує низькочастотну фільтрацію. Конденсатор C8, підключений між колектором та базою Q1, забезпечує додаткову високочастотну фільтрацію. Резистор R3 служить колекторним навантаженням для транзистора Q1.

Модульований радіочастотний вихід формується на виводі 11 та подається на антену через фільтруючу ланку L2, L3, C20 та C21. Завдання цієї фільтруючої ланки полягає у видаленні гармонік. R12, R13 та R14 знижують рівень сигналу, що надходить на антену, і, як наслідок, зменшують вихідну потужність передавача. Виключивши R12, R13, R14 та підключивши антену безпосередньо до з'єднання L2 та C21, можна збільшити діапазон потужності.

Для налаштування спочатку треба встановити частоту передачі. Потім підключити схему до джерела живлення та підключити позитивний вивід мультиметра до виводу 8 мікросхеми, а негативний – до землі. Мультиметр повинен показувати показники, що дорівнюють напрузі живлення. Тепер треба переставити позитивний вивід мультиметра до точки з'єднання R5 та R6 та налаштувати резистор (феритове осердя L1) так, щоб мультиметр показував 2 В. L1 потрібно налаштувати для отримання 2 В між з'єднанням R5, R6 та землею щоразу при зміні частоту передачі.

Схема може живитися від будь-якої напруги постійного струму від 4 до 6 В. Якщо використовувати випрямляч батареї для живлення схеми, він повинен бути добре регульованим та без будь-яких завад.

Наступний простий FM-передавач може з'єднати домашню аудіосистему з портативним радіо, яке можна носити з собою по дому. Схема наведена на рис. 1.4.

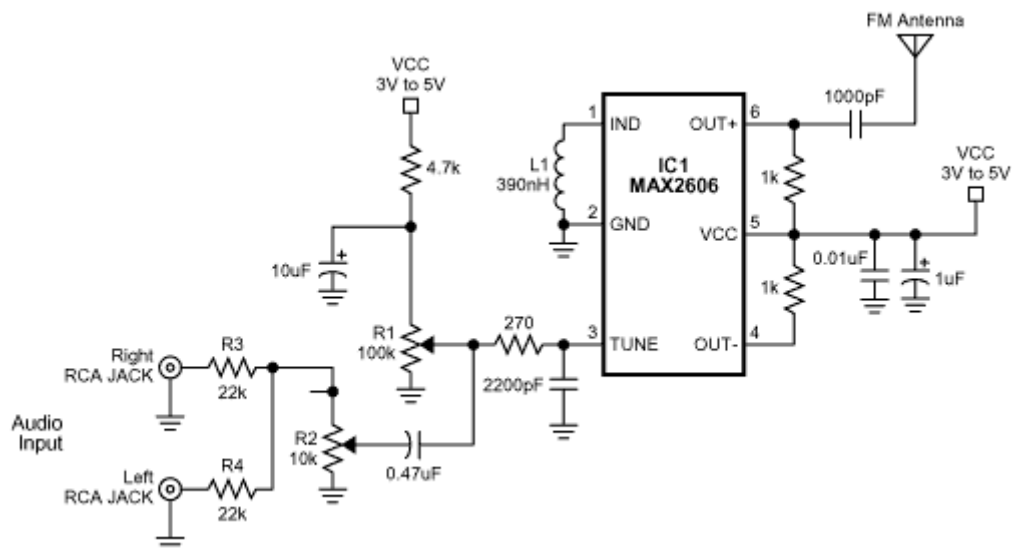


Рисунок 1.4 – Схема FM-передавача

IC1 – це генератор, керований напругою, з інтегрованим варактором. Його номінальна частота коливань встановлюється індуктивністю L1, а значення 390 нГн встановлює цю частоту на рівні 100 МГц. Потенціометр R1 дозволяє вибрати канал, налаштувавшись у діапазоні FM від 88 МГц до 108 МГц. Вихідна потужність становить приблизно -21 дБм на 50.

Лівий та правий аудіосигнали підсумовуються R3 та R4 та послаблюються (додатковим) потенціометром R2. R2 служить регулятором гучності, модулюючи радіочастоту. Сигнали вище 60 мВ вносять спотворення, тому потенціометр послаблює звук нижче цього рівня.

За відсутності стандартної FM-радіоантени, 75 см дроту буде достатньо для передавальної антени. Для найкращого прийому її слід встановити паралельно приймальній антені. IC працює від однієї напруги живлення в діапазоні від 3 В до 5 В, але слід регулювати прикладену напругу, щоб мінімізувати дрейф частоти та шум.

Розглянемо ще одну схему стерео FM-передавача на VN1417. Вона наведена на рис. 1.5.



ВН1417 може живитися напругою 4-6 В та споживає лише близько 30 мА, забезпечуючи вихідну радіочастотну потужність 20 мВт. ВН1417 забезпечує розділення каналів 40 дБ.

ВН1417 доступний лише в корпусі SOP22. Оскільки чіп менший, ніж звичайні мікросхеми на основі DIP, можна розмістити весь передавач на невеликій друкованій платі.

Чіп ВН1417 також може використовуватися як окремий стереокодер.

Основними блоками мікросхеми ВН1417 є: передспотворення, обмежувач (рівня аудіо), стереокодер (MPX), схема ФАПЧ, генератор та ВЧ-буфер.

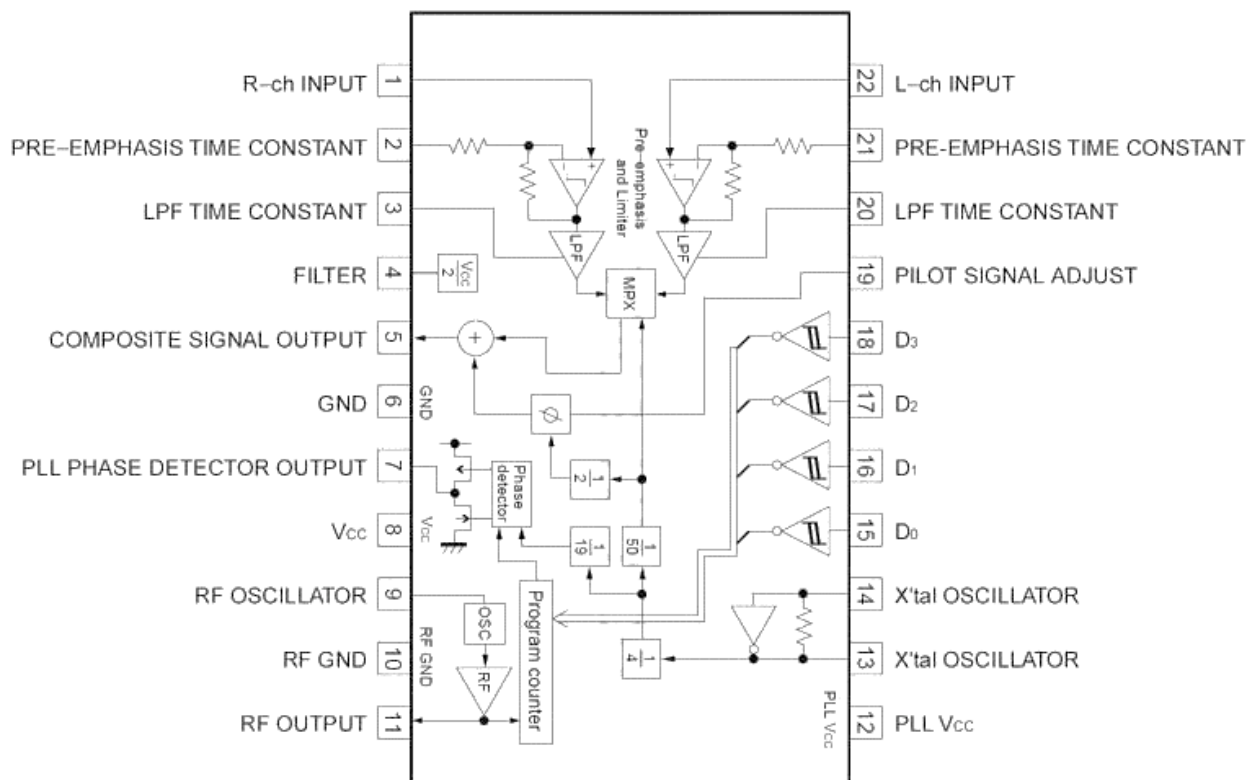


Рисунок 1.6 – Структура мікросхеми ВН1417

Вибір частоти дуже простий. Потрібно вибрати частоту передачі, на якій потрібно передавати сигнал, встановити комбінацію для 4-DIP-перемикача, і ВН1417 сам налаштується на цю частоту.

Щоб перевірити, як працює PLL, можна використати лабораторний блок живлення для зміни напруги живлення від 4 до 6 В. При цьому ВН1417

автоматично змінюватиме напругу для варикапу MV2109, переконавшись у відсутності дрейфу частоти.

Також розглянемо ще одну схему FM-передавача на мікросхемі BA1404.

За допомогою цієї схеми можна реалізувати міні-стерео FM-станцію. За допомогою FM-передавача BA1404 Hifi Stereo можна транслювати музику з супутникового ресивера, комп'ютера, DVD-плеєра, мобільного телефону, MP4-плеєра, MP3 та інших аудіоджерел безпосередньо на FM-приймач.

Схема FM-передавача BA1404 стерео показана на рис. 1.7.

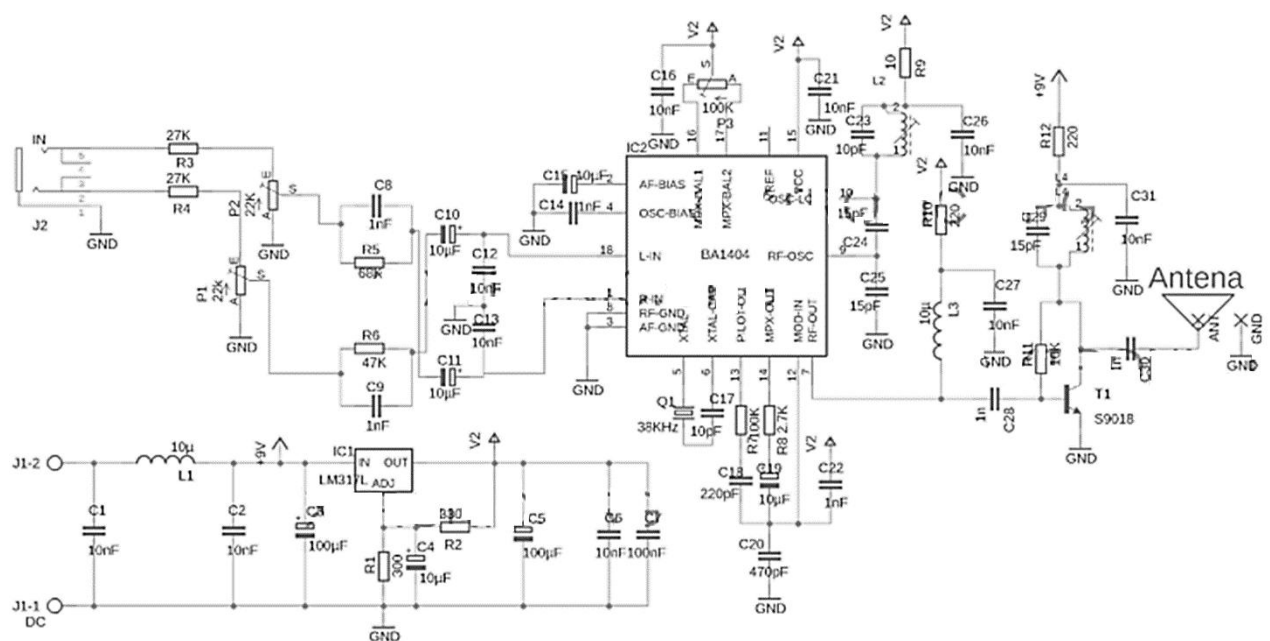


Рисунок 1.7 – Схема стерео FM-передавача Ba1404

Коло, утворене C1, L1, C2, C3, є фільтром (необов'язково) для перехідних процесів, які можуть виникати через роботу блоку живлення. У будь-якому разі, краще використовувати блоки живлення з хорошою фільтрацією.

R3/R2 та R4/R1 утворюють обмежувальне коло для рівня аудіосигналу для інтегральної схеми. Згідно з технічним описом, це значення має становити 0,5 В (500 мВ), тому треба провести налаштування резистора так, щоб

аудіосигнал був чистим під час передачі. Можливо доведеться змінити резистори 27 кОм на вході.

C8/R5 та C9/R6 утворюють коло попереднього підсилення, для розрахунку значення користуються наступною формулою $C_t = R \times C$.

Конденсатори C10 та C11 разом з вхідним опором (імпедансом) мікросхеми утворюють фільтр високих частот, що дозволяє сигналу проходити вище 30 Гц. Вхідний імпеданс становить 540 Ом, для частоти 30 Гц значення конденсатора становить близько 10 мкФ.

Конденсатори C12 та C13 утворюють фільтр низьких частот. Для частоти 15 кГц отримуємо ємність близько 20 нФ. Можна використовувати значення 18 нФ для допуску компонентів, таким чином забезпечуючи проходження діапазону 15 кГц.

C15 – це конденсатор зміщення сигналу аудіокаскаду, а C14 – конденсатор зміщення генератора 38 кГц. R3 утворює балансувальний контур та мультиплексований сигнал.

Аудіосигнал з кожного каналу підсилюється окремо на 37 дБ і подається на мультиплексор, кварцовий генератор, підключений до контактів 5 та 6, створює піднесучу частоту 38 кГц та пілот-сигнал 19 кГц з однаковою фазою, але із затримкою 1/2 циклу. Аудіосигнал та несуча 38 кГц балансуються та модулюються в мультиплексорі. Таким чином, на виході ми матимемо сигнал L + R, піднесучу 38 кГц та дві несучі, L-R. Мультиплексований сигнал виводиться на контакт 14. Пілот-сигнал 19 кГц генерується шляхом ділення частоти кристала на 2, цей сигнал виводиться на контакт 13.

Компоненти, підключені до контактів 13 та 14, змішують сигнал, генеруючи складений сигнал MPX, що подається на контакт 12.

Інтегральна схема має внутрішньо встановлений спеціальний транзистор для роботи з високими частотами, що утворює генератор Collpits, компоненти, підключені між контактами 9 та 10, завершують схему FM-модулятора.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		22

Радіочастотна котушка зазвичай є критично важливим компонентом у вузлах FM-передавачів. Ідеальною котушкою для цієї схеми є 3,5-витковий феритовий сердечник, який використовується в FM-радіоприймачах.

Випадковий шум має трикутний спектральний розподіл у FM-системі, внаслідок чого шум виникає переважно на вищих звукових частотах у смузі частот. Це можна певною мірою компенсувати, збільшуючи високі частоти перед передачею та зменшуючи їх на відповідну величину на приймачі. Зменшення високих звукових частот на приймачі також зменшує високочастотний шум. Ці процеси збільшення та зменшення певних частот відомі як передспотворення та зменшення без спотворення відповідно.

Величина передспотворення та неспотворення визначається постійною часу простої схеми RC-фільтра. У більшості частин світу використовується постійна часу 50 мкс. В Америці та Південній Кореї використовується 75 мкс. Це стосується як моно, так і стерео передач. Для стерео попереднє спотворення застосовується перед мультиплексуванням.

Використання передспотворення стає проблемою, оскільки багато форм сучасної музики містять більше високочастотної енергії, ніж стилі музики, які були поширені на початку FM-мовлення. Попереднє спотворення цих високочастотних звуків спричиняє надмірне відхилення FM-несучої. Для запобігання цьому використовуються пристрої керування модуляцією (лімітер). Системи, сучасніші за FM-передачі, як правило, використовують програмно-залежне змінне попереднє спотворення.

Високочастотний сигнал подається від виводу 7 до транзистора T1, щоб забезпечити більшу відстань передачі. Конденсатор C9 з'єднує антену, яка може бути телескопічною або шматком жорсткого дроту.

Джерелом живлення має бути джерело напруги 6-12 В або батарея. Вища напруга живитиме силовий транзистор, але для інтегральної схеми BA 1404 потрібно нижче 3 вольт, інакше вона може згоріти. Для живлення інтегральної схеми можна використати регульований стабілізатор напруги

LM317L, встановлений приблизно на 2,4 В. Можна змінити резистори, щоб мати вищу напругу. Наприклад, змінивши R1 на 330 Ом, ми отримаємо 2,5 В на виході.

1.3 Розробка структурної схеми

Враховуючи все вищесказане будуємо схему структурну, що наведена на рис. 1.8.

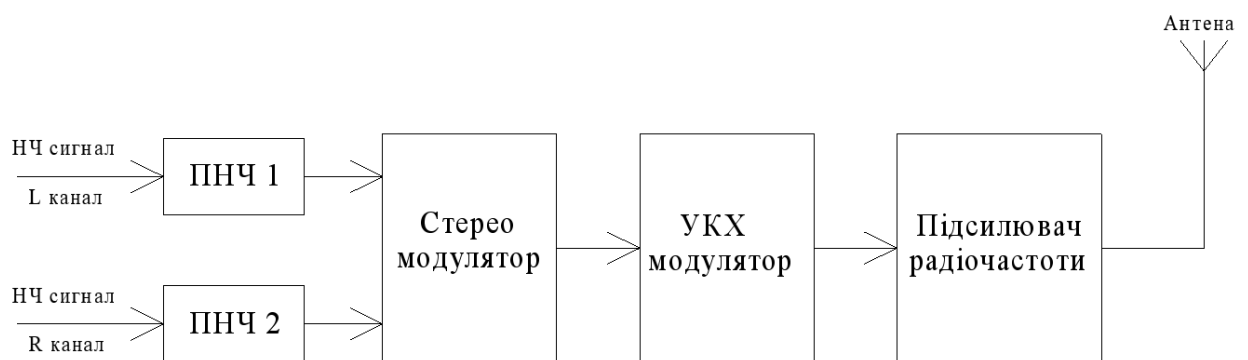


Рисунок 1.8 – Схема структурна радіоадаптера

Оскільки відповідно до завдання радіоадаптер має працювати в режимі «стерео», то для кожного сигналу потрібно передбачити наявність попередніх підсилювачів низької частоти (ПНЧ) для узгодження джерела низькочастотного сигналу із наступними вузлами радіоадаптера. На структурній схемі це блоки ПНЧ 1 та ПНЧ 2. Наступним блоком є стереокодер чи стереомодулятор, для кодування вхідного стереосигналу. Після нього розміщується ультракороткохвильовий модулятор та підсилювач радіочастоти, сигнал з якого подається на випромінюючу антену.

1.4 Проєктування схеми радіоадаптера

На основі розглянутих схемних рішень за основу проєктування радіоадаптера використано мікросхему BA1404, яка володіє оптимальними параметрами та забезпечує необхідну якість передачі низькочастотних, зокрема аудіосигналів на УКХ приймач.

За допомогою цього радіоадаптера можна передати двоканальний (стереофонічний) аудіосигнал на радіомовний приймач FM-діапазону (87-108 МГц) в межах відстані до 30 метрів.

Принципова схема радіоадаптера зображена на рис. 1.8. У його основі використана мікросхема BA1404 фірми ROHM. Ця мікросхема спеціалізована. У ній є не тільки ВЧ-генератор і частотний модулятор для малопотужного УКХ-ЧМ передавача, але й стереокодер, що створює зі стереофонічного аудіосигналу модулюючий комплексний стереосигнал, стандарт якого узгоджується зі стереодекодерами FM приймачів, що працюють в діапазоні 87-108 МГц.

На схему аудіосигнал надходить через гніздо X1. Підстроювальні резистори R1 і R2 служать для встановлення такого рівня вхідного аудіосигналу, при якому під час прийому немає спотворень за мінімального рівня шуму.

У схемі задаючого генератора стереокодера використовується кварцовий резонатор, налаштований на частоту 38 кГц. Застосування резонатора гранично спрощує налаштування схеми, але ускладнює комплектування, оскільки резонатор з такою частотою зустрічається дуже рідко.

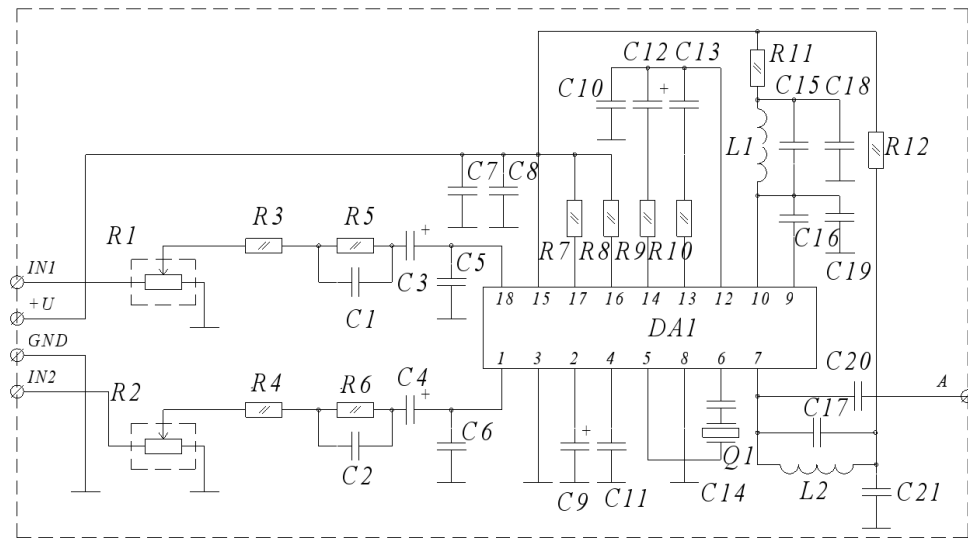


Рисунок 1.9 – Схема проєктованого низькочастотного радіоадаптера

Контур L1-C15 працює у схемі задаючого генератора, а L2-C17 - у схемі підсилювача потужності. Вихідна потужність передавача дуже мала (10 мВт), але достатня для прийому сигналу стандартним УКХ-ЧМ приймачем (діапазон 87-108 MHz) з відстані до 20-30 метрів.

Живиться передавач від одного гальванічного елемента напругою 1,5В.

1.5 Параметричний синтез

Проведемо розрахунки деяких вузлів схеми.

Резонатор з частотою 38 кГц можна замінити коливальним контуром, що реалізований на контурі ПЧ супергетеродинного радіоприймача з проміжною частотою 455 кГц. Необхідно в контурі визначити ємність контурного конденсатора і потім паралельно контуру включити додатковий конденсатор, ємність якого в 11 разів більша за ємність цього конденсатора. Наприклад, якщо ємність конденсатора контура становить 220 нФ, то паралельно потрібно включити 2400 нФ. Потім потрібно за допомогою генератора, частотоміра та мілівольтметра змінного струму налаштувати контур на частоту 38 кГц, на приклад за допомогою підстроювального

сердечника котушки контура або підібравши точніше ємність додаткового конденсатора. Готовий контур можна увімкнути замість кварцового резонатора Q1. Схема нормально працює з контуром замість резонатора, але тільки за умови якісного попереднього налаштування контуру.

Котушки L1 та L2 безкаркасні, з внутрішнім діаметром 3 мм. Намотані дротом з діаметром 0,61. L1 – 6 витків, L2 – 9 витків.

Частота передачі залежить від налаштування контура L1-C15, тому після налагодження котушку L1 бажано зафіксувати. В іншому випадку, під впливом акустичних хвиль або вібрацій витки «котушки-пружинки» вібруватимуть, через що може виникнути паразитна ЧС.

Антенною служить шматок монтажного дроту завдовжки близько 1 метра. Можна використовувати телескопічну антену.

Налагодження слід почати з пошуку на шкалі будь-якого приймача з діапазоном 87-108 MHz вільної від радіомовлення ділянки діапазону.

Після налаштування задаючого генератора на необхідну частоту потрібно налаштувати вихідний контур L2-C17 по найбільшій дальності прийому.

Ємність конденсатора C7 в колі живлення знаходимо за формулою:

$$C = \frac{P_n}{400 \cdot K_n \cdot U_{ж}^2}$$

Тут, P_n - номінальна потужність (20 мВт),

K_n - коефіцієнт пульсацій (20%),

$U_{ж}$ - напруга живлення (1,5 В),

$$C = \frac{0,02}{400 \cdot 0,2 \cdot 1,5^2} \approx 111 \mu\text{кФ}$$

Використаємо конденсатор C7 з ємністю 100 мкФ.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		27

1.6 Вибір елементів

В пристрої застосовано такі елементи. Резистори постійні використано типу С2-23. Конденсатори електролітичні ЕСАР та керамічні К10-17.

Монолітні мікросхеми ВА1404 та ВА1404F – це стереопередавачі.

Кожна мікросхема складається зі стереомодулятора, FM-модулятора та радіочастотного підсилювача. Стереомодулятор створює композитні сигнали, що складаються з основного (L+R) сигналу, допоміжного (L-R) сигналу та пілотного (19 кГц) сигналу, використовуючи кварцові генератори з частотою 38 кГц.

FM-модулятор має несучі складові в діапазоні FM-мовлення (85-108 МГц).

Радіочастотний підсилювач передає стереокодовані FM-сигнали, а також є буфером для FM-модулятора.

Стереопередавач оснащений контактом постійної напруги для змінного конденсатора, який використовується для точного налаштування FM-частоти.

Характеристики

- доступні в корпусах DIP18 та SOP18
- низький діапазон робочої напруги (1,0 В - 2,0 В)
- низьке енергоспоживання, зазвичай 3 мА
- потрібна невелика кількість зовнішніх компонентів

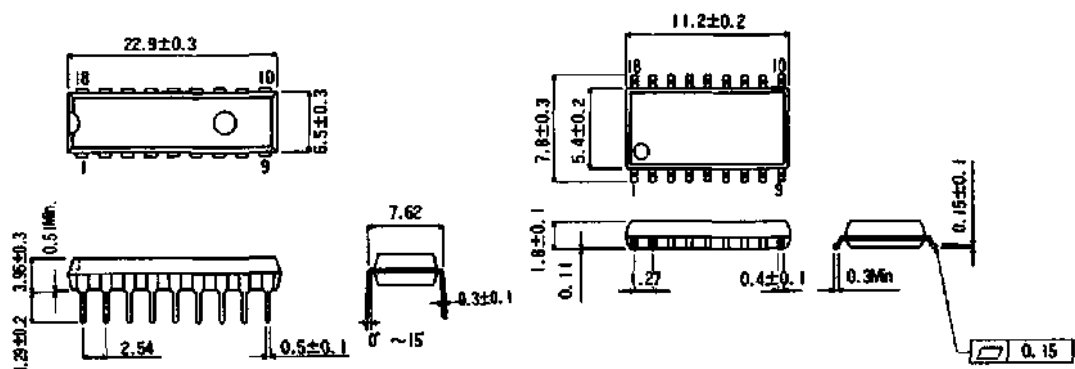


Рисунок 1.10 – Розміри ВА1404 в DIP18 та SOP18

Стереомодулятор. Аудіосигнал R-каналу надходить на вхід з виводу 1, а L-каналу з виводу 18. Кожен аудіосигнал підсилюється приблизно на 37 дБ незалежними підсилювачами та подається на мультиплексор.

Кварцевий генератор з частотою 38 кГц, підключений між виводами 5 та 6, створює піднесуючу частоту 38 кГц та пілот-сигнал 19 кГц з такою ж фазою, але затриманий на 1/2 періоду.

Аудіосигнали та піднесуюча частота 38 кГц збалансовані та модульовані в мультиплексорі. Сигнал L + R та піднесуюча частота 38 кГц, які є сигналом з DSB-модуляцією в L-R, додаються для створення основної несучої, яка формується на виводі 14.

Потенціометр між виводами 16 та 17 можна використовувати для зменшення витоку піднесуючої через дисбаланс у мультиплексорі.

Високочастотний генератор є колекторним генератором або генератором Колпіта. Просумований сигнал подається з виводу 12 на базу транзистора. Додаючи аудіосигнал до бази змінюється реактивний опір транзистора. Змінюючи постійну часу схеми налаштування в генераторі, модулюється частота.

Частота коливань визначається LC-резонатором, підключеним між виводом 10 та Vcc. Оскільки цей генератор не компенсує коливання Vcc та зміни температури, зміни частоти є значними.

Рекомендується використовувати систему змінних конденсаторів (AFC) або зовнішній FM-модулятор, коли потрібна висока стабільність частоти.

Частоту генератора можна змінювати за допомогою постійної напруги, використовуючи стабільну вихідну напругу на виводі 11 та змінний конденсатор, як показано на рис. 1.13. Напруга на виводі 11 становить приблизно (Vcc-0,7) В.

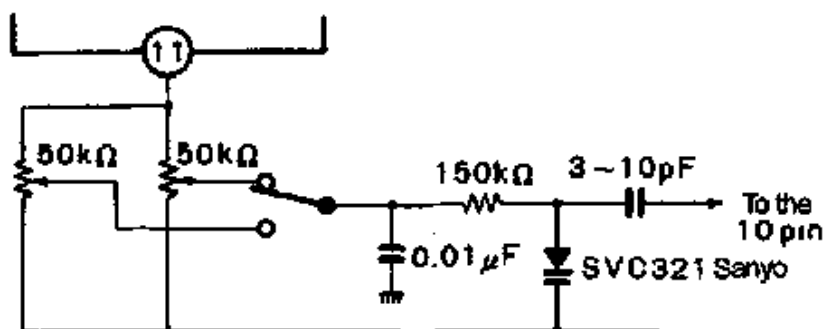


Рисунок 1.13 – Налаштування частоти генератора за допомогою виводу 11

Підсилювач високої частоти – це однокаскадний підсилювач, емітер якого з'єднаний із землею.

РЧ-вихід (на виводі 7) з'єднаний зі схемою налаштування антени відкритим колектором.

Баланс мультиплексора. Навіть якщо резистор між выводами 16 та 17 не підключений, мікросхема має власну можливість досягнення балансу мультиплексора. Однак, якщо резистор не підключено, коефіцієнт підсилення у входному підсилювачі зменшується приблизно на 1,5 дБ.

Вбудований РЧ-генератор є LC-резонатором. Коли потрібна абсолютно стабільна частота, використовуйте зовнішній FM-модулятор. Для зовнішнього модулятора регулювання розділення здійснюється за допомогою RC-тюнера на виводі 13.

Вбудований FM-модулятор може працювати в діапазоні 30 - 110 МГц.

Дрейф частоти РЧ-генератора після ввімкнення джерела живлення стає малим, коли V_{cc} низький. Обов'язково слід підключити конденсатор ємністю 1000 пФ між виводом 1 та землею. Треба зробити те саме для виводу 18. Це запобігає погіршенню співвідношення сигнал/шум через високі частоти.

Якщо на виході присутні биття або шум, а входні конденсатори встановлені, шум може бути спричинений третьою або вищою гармонікою пілот-сигналу та піднесучої частоти.

Розширення динамічного діапазону помножувача

Коли напруга V_{cc} збільшується, динамічний діапазон цієї мікросхеми розширюється. Однак вхідний підсилювач і точка зміщення помножувача не встановлені на $1/2 V_{cc}$. Саме тому вершина сигналу попередньо обрізається. Максимальна вхідна напруга становить приблизно -60 дБ (1 мВ середньоквадратичне значення). Щоб зробити сигнал симетричним, між виводом 2 та землею вставляється опір 3,6 кОм. Це збільшує максимальну вихідну напругу приблизно на 6 дБ. Однак у цьому випадку характеристика напруги погіршується до 1,5 В.

1.7 Розробка плати та вузла радіоадаптера

На цьому етапі проведено проєктування друкованої плати та вузла генератора шуму виходячи із вибраних компонентів.

Стандарти класу IPC для виробництва друкованих плат

IPC був заснований у 1957 році як Інститут друкованих плат. Заснований у 1957 році шістьма виробниками друкованих плат. Оскільки до асоціації приєдналося більше компаній, що займаються складанням електроніки, назву було змінено на Інститут взаємозв'язку та гтjvgjyedfyuz електронних схем. У 1999 році після значного розширення він був перейменований на «Асоціацію, що об'єднує електронні галузі», але досі використовує аббревіатуру IPC.

IPC – це глобальна асоціація, яка допомагає виробникам оригінального обладнання (ОЕМ), виробникам систем енергопостачання, виробникам друкованих плат, виробникам кабелів та джгутів, а також постачальникам електронної промисловості краще створювати електроніку.

Зараз членство в IPC розширилося до понад 4000 підприємств, а розроблені нею стандарти IPC також широко прийняті та стали загальним стандартом у галузі виробництва електроніки. Стандарти IPC охоплюють

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		32

кожен процес проектування, виробництва, складання, тестування та приймання друкованих плат.

Для забезпечення високої надійності, безпеки та продуктивності виготовлення ДП, що відповідають сучасним вимогам ринку, необхідно підтримувати якість на всіх етапах технологічного процесу. Досягнення стабільно високих результатів можливе лише за умови впровадження системного контролю якості на основі міжнародно визнаних стандартів.

Зокрема, застосування стандартів IPC у процесах контролю й сертифікації друкованих плат, а також суміжної електронної продукції, забезпечує узгодженість вимог і результатів на всіх виробничих ланках. Робота відповідно до норм IPC дозволяє об'єднати всіх учасників виробничого циклу — від конструкторів і технологів до монтажників, тестувальників та інспекторів — в єдину комунікаційну систему. Це сприяє створенню ефективного інформаційного середовища, в якому всі оперують однаковими термінами та критеріями оцінювання.

Уніфікована термінологічна база, що лежить в основі стандартів IPC, значною мірою знижує ймовірність помилок і непорозумінь, спрощує міжвідомчу взаємодію, полегшує процес адаптації змін у документації та технології, спрямованих на покращення якості продукції. Крім того, впровадження стандартів IPC позитивно впливає на взаємовідносини з клієнтами, постачальниками, аудиторами та регуляторними установами, забезпечуючи прозорість, довіру й відповідність міжнародним нормам.

Впровадження стандартів IPC у сфері проектування та виготовлення ДП дозволяє забезпечити уніфікацію технологічних процесів, що, у свою чергу, сприяє оптимізації витрат, покращенню загальної якості продукції та зменшенню ймовірності виникнення дефектів, повторного опрацювання й логістичних затримок. Стандартизований підхід також підвищує рівень керованості виробництвом, дозволяючи більш ефективно використовувати матеріальні, технологічні й кадрові ресурси.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		33

Підприємства, які займаються виготовленням друкованих плат, зобов'язані дотримуватися широкого спектра технічних норм, визначених у стандартах IPC. Різноманіття типів друкованих плат передбачає наявність окремих нормативів для кожного з них. Одним із найбільш поширених є стандарт IPC-2221, який виступає базовим документом у серії 2220 та слугує узагальненим керівництвом для проєктування друкованих плат.

Стандарт IPC-2221 охоплює ключові аспекти, пов'язані з конструюванням електронних модулів: формування структурної компоновки, вибір матеріалів, опис механічних, електричних і теплотехнічних характеристик, побудову специфікацій елементної бази, а також вимоги до параметрів функціонування в різних температурних режимах. У межах серії також передбачені спеціалізовані документи для окремих типів плат, зокрема гнучких, жорстких та багатошарових, що дає змогу враховувати конструктивні особливості кожного виробу при проєктуванні.

Серед ключових нормативних документів, що регламентують розробку та виробництво друкованих плат, особливе місце займає стандарт IPC-2222, який містить вичерпні вимоги до жорстких друкованих плат. Він охоплює рекомендації щодо добору конструкційних матеріалів, визначення механічних характеристик та параметрів отворів, включно з їх розмірами й допусками, що критично важливо для забезпечення структурної цілісності та електричної надійності виробу.

Документ IPC-4101 встановлює вимоги до основ матеріалів, що застосовуються під час виготовлення жорстких та багатошарових друкованих плат. Він деталізує характеристики використовуваних діелектричних і провідникових матеріалів, їх товщину, термічну стабільність, електричні властивості та інші параметри, що впливають на експлуатаційні характеристики кінцевого продукту.

У контексті цифрової взаємодії між учасниками виробничого процесу особливої актуальності набуває стандарт IPC-2581, який регламентує формат

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		34

обміну проєктною інформацією між інженерами-конструкторами та виробниками друкованих плат або збиральними підприємствами. Він забезпечує єдиний підхід до передачі проєктних даних, що сприяє узгодженості в інтерпретації технічної інформації та зменшує ризики помилок у виробництві.

Водночас стандарт IPC-6011 визначає фундаментальні принципи, яким повинні відповідати друковані плати щодо надійності, довговічності та якості. Він охоплює загальні вимоги до проєктування, монтажу, функціонального тестування та контрольних процедур, що забезпечують відповідність готового виробу визначеним категоріям експлуатаційної надійності.

Стандарт IPC-6012 регламентує як кваліфікаційні, так і експлуатаційні вимоги до жорстких друкованих плат, що використовуються в електронних пристроях різного призначення. Документ охоплює норми, що стосуються високотехнологічних виробів, зокрема HDI-лат (високошільних між'єднань), а також пасивних та активних друкованих плат, які функціонують у відповідальних умовах експлуатації. Вимоги, закладені у цьому стандарті, охоплюють широкий спектр параметрів: від вибору матеріалів і контролю структурної міцності до забезпечення достатньої паяльності контактних майданчиків і дотримання мінімальних відстаней між струмопровідними доріжками.

Інший фундаментальний документ – IPC J-STD-001 – містить детально розроблені вимоги до матеріалів, технологічних процесів і критеріїв приймання при формуванні паяних з'єднань. Цей стандарт визначає правила використання паяльних матеріалів, обробки виводів електронних компонентів, оснащення для монтажу, а також норми щодо очищення поверхонь, усунення залишкових флюсів, нанесення захисних покриттів, заливок та адгезивів. Його метою є забезпечення високої якості та довготривалої надійності з'єднань у різних умовах експлуатації.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		35

Окремим напрямом є стандартизація кабельних систем, яка представлена документом IPC/WHMA-A-620. У ньому викладено обов'язкові критерії якості для виготовлення та перевірки кабельних зборок, дровових з'єднань і електромонтажних джгутів. Цей стандарт служить еталоном для виробників електромонтажних виробів, що використовуються в автомобільній, аерокосмічній, військовій та промисловій електроніці.

Стандарт IPC-A-630 визначає вимоги до візуального контролю, випробувань та оцінювання якості електронних корпусів, що застосовуються в складі електронних пристроїв. Документ слугує практичним керівництвом для виробників корпусних елементів, окреслюючи базові критерії щодо механічної цілісності, герметичності, зовнішнього вигляду та відповідності геометричних параметрів, необхідних для належного функціонування кінцевого виробу.

IPC-TM-650 — це набір методичних рекомендацій щодо проведення лабораторних та експлуатаційних випробувань для оцінювання різних властивостей друкованих плат та матеріалів, що використовуються у їх виробництві. Наприклад, методика IPC-TM-650 2.6.14.1 детально описує процедуру випробувань на схильність до електрохімічної міграції, яка проводиться шляхом вимірювання поверхневого електричного опору між провідниками на підкладці плати за певних умов вологості та напруги. Цей тест дозволяє оцінити ймовірність появи струмопровідних мостиків, які можуть викликати коротке замикання.

Ще один важливий метод — IPC-TM-650 2.3.25.1, який застосовується для визначення іонної чистоти поверхні оголених друкованих плат. Високий рівень іонного забруднення може призвести до деградації ізоляційних властивостей, корозії провідників та інших серйозних експлуатаційних проблем, тому контроль цього показника є критично важливим на стадії виробництва.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		36

Окреме місце займає стандарт IPC 7711/7721, який присвячений методикам ремонту, модифікації та відновлення електронних вузлів. У ньому систематизовані технології, що дозволяють коректно усувати пошкодження доріжок, замінювати компоненти, відновлювати посадкові майданчики, а також проводити зміни в монтажі без порушення функціональних властивостей виробу. Цей документ має важливе значення для сервісних центрів, ремонтних підрозділів та підприємств, що займаються обслуговуванням складної електроніки.

Класифікація друкованих плат за стандартами IPC

У контексті виготовлення електронних пристроїв друковані плати (ДП) відіграють ключову роль, оскільки саме вони забезпечують фізичну підтримку та електричне з'єднання компонентів. Для стандартизації якості та функціональних характеристик друкованих плат у міжнародній практиці використовується система класифікації, встановлена організацією IPC.

Відповідно до цієї класифікації, всі друковані плати поділяються на три основні класи — Клас 1, Клас 2 та Клас 3, які відображають різні рівні вимог до надійності, довговічності та точності виготовлення. Ці категорії слугують орієнтиром для виробників під час розроблення та контролю продукції.

Клас 1 передбачає базові вимоги до функціональності без підвищених критеріїв до зовнішнього вигляду чи надійності, характерний для виробів масового вжитку, де допустимі спрощення у конструкції та контролі якості.

Клас 2 застосовується до пристроїв з підвищеними вимогами до стабільності та тривалості роботи — таких, що використовуються в побутовій електроніці, промислових приладах, телекомунікаціях тощо.

Клас 3 є найвищим рівнем якості й призначений для високонадійної електроніки, що експлуатується в критичних умовах (аерокосмічна, медична, військова техніка). Тут встановлюються найсуворіші вимоги до точності виготовлення, з'єднань, матеріалів і тестування.

Застосування відповідного класу в процесі проєктування й виготовлення ДП дозволяє забезпечити необхідний баланс між витратами, експлуатаційною надійністю та функціональними характеристиками виробу.

КЛАС 1 — Загальна електроніка.

Перший клас електронних виробів називається категорією «загальна електроніка». Він складається з плат з найнижчими вимогами до якості та здебільшого зустрічається у виробах з очікуваним коротким життєвим циклом. Можна класифікувати вироби класу 1 до групи електронних плат. Ці вироби мають прості функції та короткий термін служби. Вони складають повсякденні електронні вироби. До них належать такі вироби, як пульт дистанційного керування телевізором, світлодіодні лампи та дитячі іграшки. Термін служби більшості виробів залежить від їхньої вартості.

КЛАС 2 — Електронні вироби спеціалізованого обслуговування.

Електронні пристрої класу 2 охоплюють усю електроніку, де потрібна безперервна продуктивність та тривалий термін служби. Безперебійна робота є бажаною, але не критичною. Цей клас демонструє вищі характеристики порівняно з платами класу 1. Плати класу 2 мають тривалий термін служби та є надійнішими. Висока надійність є особливо важливою. Щоб досягти такого тривалого терміну служби та надійності, вироби проходять суворі стандарти під час виробництва. Плати класу 2 не є критичними та працюють безперервно. Плати класу 2 використовуються на таких пристроях, як планшети, комунікаційне обладнання, ноутбуки та смартфони.

КЛАС 3 — Високонадійна електроніка.

Третій клас друкованих плат підлягає суворим вимогам через їхню важливість у цій галузі. Незалежно від того, чи це кардіостимулятор, чи військовий радар, продукт, який повинен відповідати вимогам ІРС класу 3, повинен використовувати високонадійні електронні компоненти для забезпечення безперебійної роботи. Електронні вироби це надзвичайно критичні продукти, які повинні безперервно забезпечувати необхідну

продуктивність у будь-який час. Тут використовуються різноманітні розміри перехідних отворів. Обладнання з платами класу 3 не повинно зазнавати простоїв. Під час виробничого процесу продукти класу 3 проходять високий рівень перевірки, щоб гарантувати їхню надійність та безвідмовність. Обладнання, яке використовує плати класу 3, включає електронні виробничі системи, системи підтримки та військові пристрої.

Таблиця 1.1 – Категорії IPC

Визначення категорії IPC			
	Клас 1	Клас 2	Клас 3
Життєвий цикл	Короткий	Довгий	Дуже довгий
Категорія	Загальна електроніка	Спеціалізована сервісна електроніка	Високонадійна електроніка
Приклади	Іграшки, ліхтарики, смартфони	Ноутбуки, мікрохвильові печі та деяке обладнання для майнінгу	Аерокосмічні, військові та медичні застосування

Хоча IPC визначає дуже вичерпні стандарти для виробництва та складання ДП, все ж існують деякі недоліки, особливо в галузі високоточних застосувань.

Короткі замикання, також відомі як паяні перемички, виникають, коли припій неправильно перетинає та з'єднує один вивід з іншим. Вони можуть бути мікроскопічних розмірів і їх може бути важко виявити. Якщо це не виявити, це може спричинити серйозне пошкодження схеми, таке як перегорання або руйнування компонента та/або перегорання доріжки друкованої плати.

Відкриті паяні з'єднання виникають, коли відсутній цілісний зв'язок між виводом компонента та контактною площадкою друкованої плати або іншою точкою з'єднання на друкованій платі. Ці типи дефектів можуть виникати,

коли припій з'являється лише на контактній площадці друкованої плати, а не на виводі компонента (або навпаки).

Зсуви компонентів відбуваються під час оплавлення через їх здатність плавати на розплавленому припої. Компоненти з багатьма контактними площадками, такі як компоненти BGA, можуть пересуватися через поверхневий натяг розплавленого припою. Однак часто компоненти залишаються там, де вони розміщені, що є вагомою причиною переконатися, що компоненти розміщені саме там, де вони повинні бути, посередині контактної площадки або контактних зон.

Відстань між доріжками або лініями друкованої плати відноситься до простору або відстані між струмопровідними доріжками на ДП. Відстань важлива для запобігання електричним перешкодам, перехресним перешкодам і коротким замиканням між сусідніми доріжками.

На відстань між доріжками на ДП впливає безліч факторів, таких як рівні напруги, частоти сигналів та виробничі можливості процесу виготовлення ДП. Вищі рівні напруги та частоти зазвичай вимагають більшої відстані, щоб уникнути електричного пробоя або перешкод сигналу.

Стандарти регулювання відстані між доріжками на друкованих платах визначаються різними галузевими організаціями та органами стандартизації. Ці стандарти гарантують, що відстань між доріжками на ДП (PCB) відповідає певним вимогам для запобігання перешкодам сигналу, витoku електричного струму та іншим проблемам.

1.IPC-2221. Цей стандарт надає рекомендації щодо проектування ДП, включаючи відстань між доріжками. Для друкованих плат класів 2 та 3 стандарт рекомендує мінімальну відстань між доріжками 0,25 мм для низької напруги та 0,5 мм для високої напруги. Ці значення представляють мінімальну відстань між доріжками друкованої плати, необхідну для забезпечення безпечної роботи та запобігання пробоям.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		40

Для друкованих плат класу 3 стандарт також визначає мінімальні відстані витоку та зазори між провідниками для запобігання витоку електричного струму, зі значеннями від 0,1 мм до 2 мм залежно від робочої напруги.

2. IPC-2221A Ця оновлена версія IPC-2221 вирішує проблеми, пов'язані з проектуванням високошвидкісних цифрових та високочастотних аналогових друкованих плат. Вона пропонує більш конкретні рекомендації щодо відстані між доріжками для забезпечення цілісності сигналу та зменшення електромагнітних перешкод.

Наприклад, для високошвидкісних цифрових сигналів з часом наростання 1 нс або менше стандарт рекомендує мінімальну диференціальну відстань між доріжками щонайменше $3H$, де H - відстань між доріжкою та площиною або опорною площиною.

Стандарт також пропонує різні вимоги до відстані між доріжками для різних частот сигналу, причому вищі частоти вимагають меншої відстані для запобігання перехресним перешкодам та спотворенню сигналу.

3. IPC-2222. Цей стандарт зосереджений на вимогах до механічного проектування ДП, включаючи відстань між доріжками. Він надає рекомендації щодо визначення мінімальної відстані між доріжками на основі таких факторів, як рівні напруги, струмопровідна здатність та умови навколишнього середовища.

4. UL 796. Цей стандарт безпеки визначає мінімальні вимоги до відстані між доріжками друкованих плат для запобігання електричним дугам та коротким замиканням. Специфікації відрізняються залежно від типу провідників та рівнів напруги, що використовуються.

Наприклад, для низьковольтних провідників (<30 В) стандарт вимагає мінімальної відстані 0,8 мм між неізованими провідниками та 1,6 мм між ізованими та заземленими провідниками.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		41

Для вищих рівнів напруги (>250 В) стандарт визначає більші мінімальні вимоги до відстані між різними типами провідників та між провідниками та іншими частинами збірки друкованої плати.

5. J-STD-001. Стандарт визначає мінімальну відстань 0,25 мм між контактними площадками та доріжками для друкованих плат класу 1 та 2, та 0,18 мм для друкованих плат класу 3.

Він рекомендує мінімальну відстань 1,5 мм між компонентами та сусідніми доріжками, щоб запобігти проблемам теплопередачі під час паяння.

Стандарт також надає конкретні рекомендації щодо інтервалу між компонентами, що проходять через отвори, та компонентами поверхневого монтажу, щоб забезпечити правильне складання.

6. MIL-PRF-55110. Стандарт визначає мінімальну відстань 0,25 мм для друкованих плат класу 1 та 2, і 0,15 мм для друкованих плат класу 3 між проводами, що передають напругу до 50 В.

Для вищих рівнів напруги рекомендується збільшити вимоги до відстані залежно від вимог до ізоляції та робочого середовища.

7. IEC 60601-1. Стандарт визначає мінімальну відстань між підключеннями та іншими струмопровідними частинами обладнання 2,5 мм.

Рекомендується мінімальна відстань 4 мм між компонентами джерела живлення та високовольтними колами для запобігання електричній дугі.

Стандарт також надає конкретні рекомендації щодо відстані між компонентами та провідниками ДП, щоб уникнути електромагнітних перешкод та забезпечити надійну роботу.

Правильна відстань між доріжками є критично важливою, оскільки вона гарантує, що сигнали не перешкоджають один одному, запобігає коротким замиканням та підтримує загальну продуктивність і надійність електронних пристроїв.

Наступні ключові моменти підкреслюють важливість правил проектування відстаней між доріжками в проектуванні електронних схем.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		42

Розуміння цих моментів допомагає підкреслити важливість дотримання цих рекомендацій для досягнення оптимальної продуктивності та надійності.

Електробезпека: Підтримуючи відповідну відстань між доріжками, можна уникнути іскріння між високовольтними доріжками, тим самим гарантуючи безпеку кола та зменшуючи ймовірність ураження електричним струмом.

Цілісність сигналу: Адекватна відстань між доріжками зменшує перехресні перешкоди, мінімізуючи перешкоди між сигналами та підтримуючи цілісність сигналу. Це є вирішальним для високошвидкісних цифрових та аналогових схем.

Контроль імпедансу: Дотримуючись правил проектування відстаней між доріжками, розробники можуть досягти бажаного імпедансу для ліній передачі, забезпечуючи оптимальну якість сигналу та зменшуючи відбиття.

Відповідність вимогам електромагнітної сумісності (ЕМС): Правильна відстань між провідниками мінімізує електромагнітні перешкоди (ЕМП) та досягти відповідності вимогам ЕМС. Це особливо важливо для схем, що працюють у чутливих середовищах або тих, що вимагають дотримання нормативних вимог.

Розсіювання тепла: Достатня відстань між проводами живлення та іншими компонентами сприяє ефективному розсіюванню тепла, запобігаючи проблемам з перегрівом та забезпечуючи надійність схеми.

Підсумовуючи, дотримання правил проектування інтервалів між доріжками має вирішальне значення для забезпечення електробезпеки, цілісності сигналу, контролю імпедансу, надійності виробництва, відповідності вимогам ЕМС, розсіювання тепла, зручності експлуатації та узгодженості проектування ДП тощо.

Правила проектування інтервалів між доріжками на друкованій платі можуть відрізнятися залежно від різних електричних факторів, таких як

напруга, імпеданс, запобігання перехресним перешкодам, технологічність, теплові режими та запаси міцності.

Мінімальна відстань між доріжками визначається різницею напруг між ними. Збільшена відстань між доріжками необхідна для високовольтних доріжок, щоб запобігти електричному пробую та дуговому утворенню.

На відстань між доріжками також може впливати необхідний імпеданс для цілісності проходження високошвидкісного сигналу. Збільшення відстані між доріжками знижує ємнісний зв'язок, тим самим збільшуючи імпеданс.

Перехресні перешкоди стосуються небажаних перешкод між сусідніми доріжками. Щоб мінімізувати шумовий зв'язок, рекомендується використовувати більші відстані між доріжками на друкованій платі, тобто для високошвидкісних цифрових або аналогових доріжок рекомендуються більші відстані. Це пояснюється тим, що високошвидкісні сигнали можуть створювати електромагнітні перешкоди (ЕМП) та перехресні перешкоди, які можуть спричинити погіршення сигналу або навіть втрату даних. Збільшення відстані між цими доріжками може зменшити вплив ЕМП та перехресних перешкод, збільшуючи ізоляцію між ними.

Відстань між доріжками повинна враховувати можливості та допуски виробничого процесу для забезпечення технологічності. Різні технології друкованих плат та конфігурації шарів мають певні мінімальні вимоги до відстані.

Електромагнітні перешкоди (ЕМП) та електромагнітна сумісність (ЕМС) є вирішальними факторами в сучасних електронних конструкціях. Правильна відстань між доріжками може допомогти зменшити випромінювання електромагнітних перешкод та покращити характеристики електромагнітної сумісності. Для високочастотних сигналів та чутливих компонентів може знадобитися більша відстань для зменшення проблем з електромагнітними перешкодами/електромагнітною сумісністю.

Відстань між доріжками також може залежати від теплових режимів, щоб забезпечити належне розсіювання тепла та запобігти перегріву сусідніх доріжок.

Диференціальні пари зазвичай використовуються для передачі високошвидкісних сигналів з низьким рівнем шуму та перехресних перешкод.

Якщо ДП буде піддаватися впливу суворих екстремальних температур або висока вологість, може знадобитися більша відстань між доріжками для забезпечення надійності та запобігання потенційним збоєм, спричиненим впливом навколишнього середовища.

Додавання запасу міцності до відстані між доріжками враховує мінливість процесу та зменшує ризик коротких замикань під час виробництва. Величина запасу може змінюватися залежно від етапу застосування (створення прототипу або виробництва). Рекомендована практика полягає в тому, щоб виділити додаткові 10-20% простору для запасу, коли йдеться про відстань.

Для конструкцій, що передають як високошвидкісні сигнали, так і аналогові сигнали, вкрай важливо розділяти площини сигнального заземлення одна від одної. Розмір областей розділення повинен бути щонайменше вдвічі більшим за ширину силової або сигнальної траси.

Маршрутизація трас також може впливати на вимоги до відстаней. У ситуаціях, коли траси прокладаються паралельно одна одній, може знадобитися додатковий інтервал для запобігання перехресним перешкодам. Наприклад, коли траси прокладаються меандроподібно, інтервал можна збільшити до трьох разів за ширину траси.

Загалом, ці рекомендації забезпечують комплексний підхід до правил проектування інтервалів між трасами, які забезпечують надійні та стійкі схеми друкованих плат. Розробники повинні ретельно враховувати ці правила проектування під час процесу розмітки ДП, щоб досягти оптимальної

продуктивності та запобігти потенційним проблемам, таким як перехресні перешкоди, іскріння та електричні пробою.

На основі вимог проаналізованих міжнародних стандартів в програмі P-Cad спроектовано друковану плату. Більшість деталей розташовано на друкованій платі із фольгованого склотексталіту. Доріжки розташовані лише з одної сторони плати. Монтаж щільний, тому використовуються тільки малогабаритні деталі. Креслення плати показане на рис. 1.14.

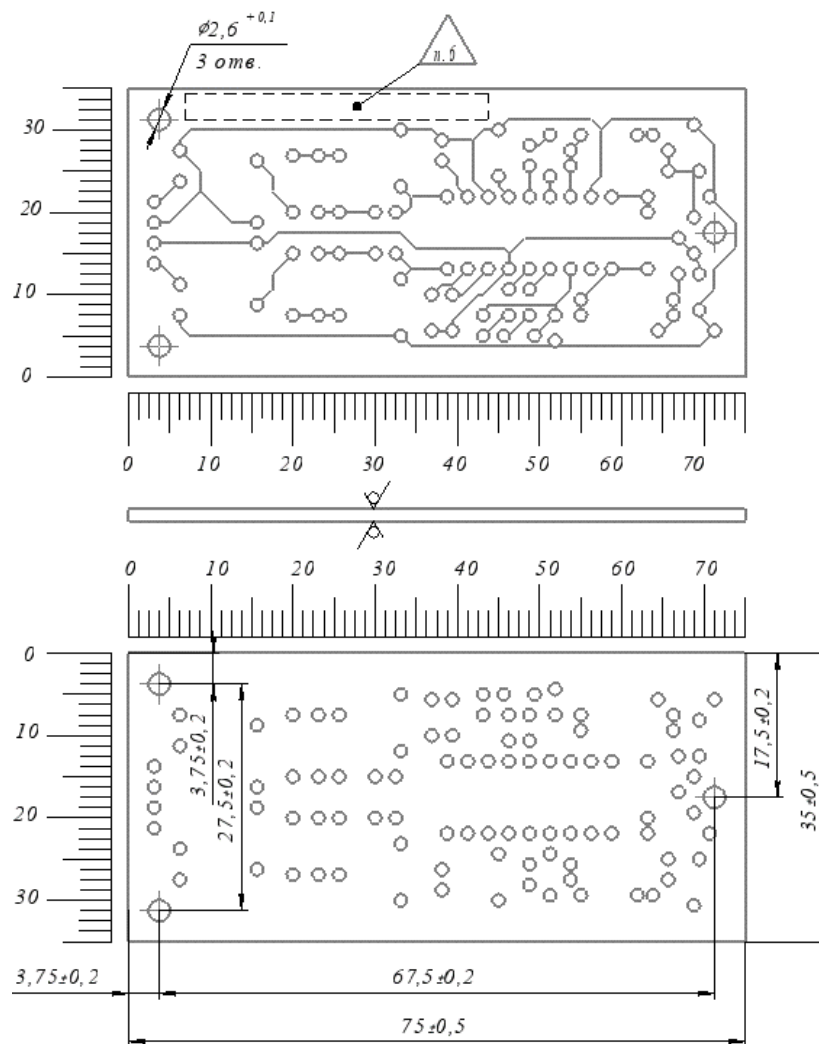


Рисунок 1.14 – Креслення друкованої плати

Враховуючи наявність малогабаритних корпусних компонентів а також використання мікросхеми ВА1404 в DIP18 корпусі було використано другий

клас точності і крок координатної сітки – 1,25мм. Також в програмі P-Cad оформлено креслення вузла із вказанням розміщення елементів (рис. 1.15).

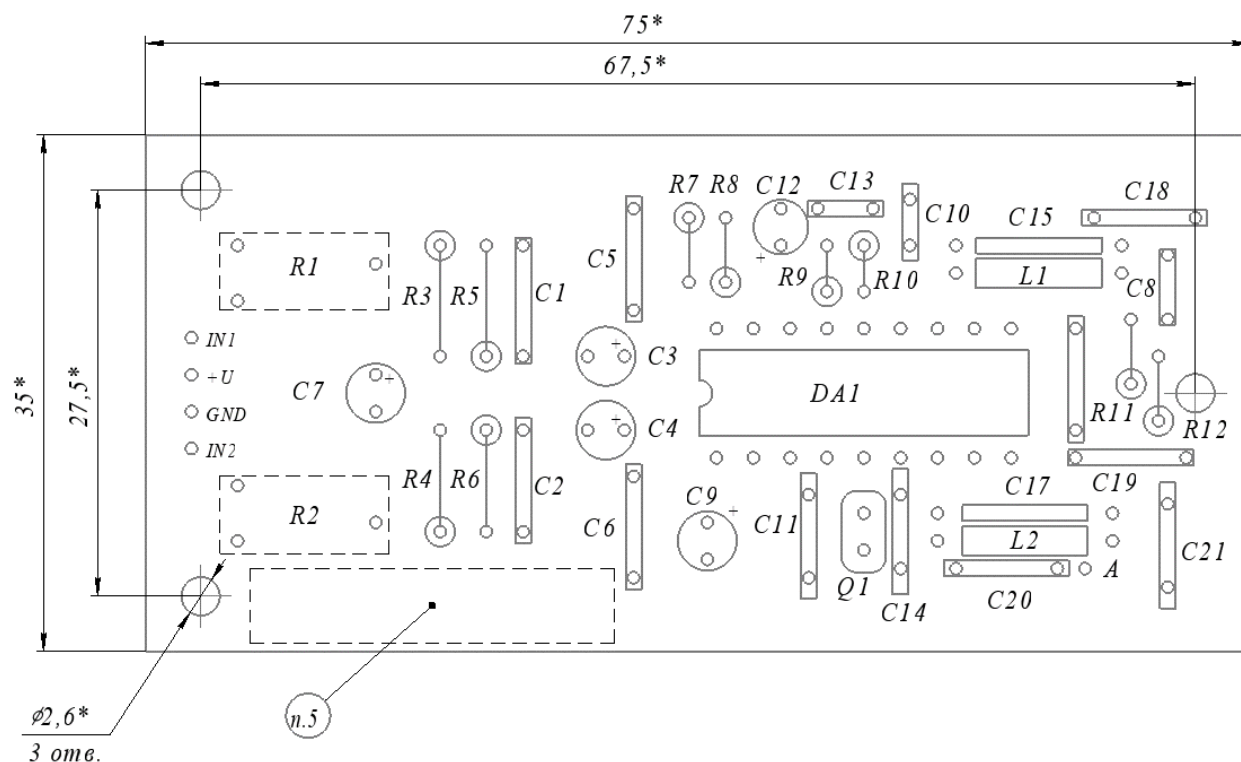


Рисунок 1.15 – Друкований вузол

1.8 Висновки до розділу 1

Виконано аналіз технічного завдання і виділено основні вимоги, яким має задовільняти проєкторований радіоадаптер, зокрема стосовно напруги живлення, максимальної потужності та частотного діапазону передачі сигналів. Проаналізовано основні схемні рішення виконання прототипів FM радіоадаптерів, зокрема із використанням дискретних елементів а також спеціалізованих мікросхем. Так, проаналізовано можливості застосування мікросхем ВА1404, ВН1417 та МАХ2606 із різними варіантами їх включення. Зокрема при використанні мікросхеми МАХ2606 можливою є реалізація простого радіоадаптера, який працюватиме в режимі «моно». Мікросхеми ж ВА1404 та ВН1417 мають подібні можливості та характеристики, однак в

плані налаштування та надійності кращою є мікросхема BA1404. Тому саме її використано за основу проєктування. На наступному етапі розроблено схему структурну радіоадаптера. Вона включає вузли попереднього підсилення стереосигналу, стереокодер, стереомодулятор та підсилювач радіочастоти. Усі ці блоки реалізовані на одному кристалі мікросхеми BA1404, тому сама схема містить мінімальну кількість зовнішніх елементів.

Проведено вибір елементів, зокрема проаналізовано детально структуру та особливості роботи і включення мікросхеми BA1404 та відповідно до рекомендацій, що наведені в її паспорті вибрано конкретні типи зовнішніх елементів та описано особливості налаштування радіоадаптера.

Також проаналізовано основні вимоги міжнародних стандартів ІРС стосовно проєктування друкованих плат, зокрема формування провідного рисунка. На основі цього розроблено креслення друкованої плати та друкованого вузла проєктованого радіоадаптера.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		48

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1. Електробезпека при роботі з радіоадаптером

Відповідно до ст. 13 розд. III Закону України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-XII роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Заходи щодо виконання вимог електробезпеки офісних працівників регламентують наступні нормативні документи:

- Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05), затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці України від 26 січня 2005 р. № 15;
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 р. № 258 (далі — ПТЕЕС);
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України, Комітету по нагляду за охороною праці від 9 січня 1998 р. № 4;
- Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 р. № 1417.

Відповідно до п. 2.2 розд. II Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій [від 25 січня 2012 р. № 67](#), роботодавець має забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників та їх уповноважених представників з питань охорони праці про можливі небезпечні

ситуації, про вжиті заходи для їх запобігання або їх ліквідації та про дії працівників у аварійних ситуаціях.

Електробезпека — система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Тобто електробезпека — це відсутність будь-яких факторів з боку електроустановки, які можуть створити загрозу і небезпеку життю і здоров'ю людини. Не варто під терміном «електроустановка» розуміти щось таке, що може знаходитись поза межами офісу. Адже, наприклад, настільна лампа це також електроустановка. Тобто пристрій, в якому є перетворення електричної енергії в той чи інший вид енергії (світлову, механічну, теплову), і буде вважатись електроустановкою.

Заходи електробезпеки, на які необхідно звернути особливу увагу:

1. Облаштування електромережі, зокрема:

- правильний розподіл навантаження на всі приміщення офісу;
- правильний розподіл електромережі за призначенням (наприклад: освітлення — це одна група, робоча зона — інша);
- якість самих комплектуючих електромережі (розетки, вимикачі, лампи, світильники);
- чи є потенціал для збільшення навантаження (на випадок створення додаткових робочих місць чи розширення компанії);
- використання офісного обладнання, в якому електроенергія застосовується за призначенням згідно з технічними рекомендаціями виробника.

2. Виважений підхід до питання використання стаціонарних або мобільних електрогенераторів для зменшення енергозалежності:

- консультація зі спеціалістом електротехнічного фаху (якщо не призначений відповідальний за електрогосподарство) щодо вибору генератора відповідно до потреб енергоспоживання;
- якщо електрогенератор стаціонарний — необхідно виконати вимоги, зазначені в п. 9.1-9.20 розд. VIII ПТЕЕС;
- якщо електрогенератор мобільний (бажано з вмонтованою автоматикою введення резерву) — правильно виконати підключення з урахуванням можливих наслідків у випадку появи струму в зовнішній електромережі.

2.2. Долікарська допомога при шоку

Травматичний шок — складний патогенний процес, що виникає внаслідок важкої механічної травми, опіку і характеризується порушенням функцій життєво важливих органів та систем організму.

При комбінованих хімічно-радіаційних ушкодженнях, опіках тканин і органів травматичний шок спостерігається у 30% потерпілих.

В генезі травматичного шоку першочергову роль відіграють такі чинники: втрата крові і біль, розлад дихання, порушення процесів метаболізму, інтоксикація організму недоокисненими продуктами обміну речовин внаслідок руйнування тканин.

Чинники, які сприяють розвитку шоку запізнile і неповноцінне надання долікарської допомоги, вторинна травматизація в процесі транспортування в лікарню, повторна втрата крові, переохолодження або перегрівання, фізично-емоційне перенапруження, стреси, тривале недоїдання та зневоднення організму тощо.

При пораненнях зміни виникають у підкіркових утвореннях великого мозку та в системі периферійного кровообігу (перерозподіл крові, яка забезпечує життєдіяльність органів, передусім серця і мозку). Розвиваються

циркулярна гіпотонія, спазм посткапілярних венул (випотіває плазма в позаклітинний простір), набряк і згущення крові. Знижується венозний тиск, слабнуть нирки, печінка, легені, відбувається тромбоутворення, розвиток незворотних змін в органах.

Травма кишечника призводить до інтоксикації організму, ускладнюється стан пораненого, спостерігається розлад дихання і кровообігу. Порушується функція нервової системи. Шок має дві фази: еретичну і торпедну.

Еретична фаза шоку супроводжується збудженням, надмірною рухливістю. Мова уривчаста, погляд неспокійний, шкірний покрив блідий, іноді виникає гіперемія (різке потовиділення), пульс відхилений від норми — сповільнений або прискорений (100 пульсацій за 1 хвилину). Дихання часте, поверхневе.

Торпідна фаза шоку — фаза пригнічення. Розрізняють 4 ступеня:

I ступінь (легка форма шоку). Це результат ізольованих уражень середньої важкості та втрати 500 — 1000 мл. крові, стан помірного психічного гальмування, блідий шкірний покрив, артеріальний тиск 100 — 95 мм. рт. ст. Прогноз сприятливий.

II ступінь — середня важкість шоку, численні ушкодження тіла, втрата крові до 1000 — 1500 мл, стан важкий, хоч орієнтація і свідомість не втрачені, шкіра бліда, губи ціанотичні, психічна загальмованість, пульс — 110 — 130 пульсацій за 1 хвилину, тиск — 90 — 75 мм рт. ст., нестійкий, прогноз сприятливий при проведенні протишокової терапії.

III ступінь — важкий шок, виникає при важких ушкодженнях грудної клітки, черевної порожнини. Крововтрата — 2000 мл., стан важкий, виражена психічна загальмованість, іноді ступор. Шкіра бліда, ціанотична, пітніє, слизові оболонки сухі, гіпотермія, гіподинамія, зниження сухожильних рефлексів, розлад у роботі нирок, сечовиділення, пульс — 120-160 пульсацій

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		52

за 1 хвилину, тиск — 75 мм рт. ст., дихання поверхнєве, без протишочкових заходів прогноз несприятливий.

VI ступінь — термітний стан (передагональний, агональний та клінічна смерть) вкрай важкий для потерпілого. Втрата свідомості, шкіра холодна, трупна, ціанотична, вкрита липким холодним потом, зіниці розширені, не реагують на світло, пульс не промацується, крайній ступінь шоку веде до клінічної смерті.

Діагностика шоку ґрунтується на визначенні показників, які характеризують загальний стан потерпілого. Найважливіший показник - рівень артеріального тиску. Чим він нижчий, тим глибший розлад функцій організму, його життєдіяльності. Величина крововтрати - найоб'єктивніший показник ступеня важкості шоку.

Перебіг клінічного шоку залежно від локалізації поранення чи опіку має такі особливості: проникаючі поранення черевної порожнини до 80% спричиняють шок; проникаючі поранення грудної клітки зумовлюють гемоторакс, відкритий пневмоторакс. При пораненнях і ушкодженнях тазу — кровотеча до 2,5 л. При ушкодженнях кінцівок — крововтрата до 2 л., біль, інтоксикація.

Профілактична і долікарська допомога при шоку.

Під час шоку усувають дію травмуючих чинників і чинників розвитку шоку, зупиняють кровотечу, перев'язують рани, усувають загрозу асфіксії; вводять 5-подібну трубку (повітропровід); при порушенні зовнішнього дихання в долікарську допомогу входить очищення порожнини рота і носоглотки, усунення западання язика, відновлення прохідності дихальних шляхів; при пневмотораксі накладається пов'язка; проводиться інгаляція киснем, зупинення зовнішньої кровотечі; вводяться серцево-судинні й аналектичні засоби (виконує фельдшер); здійснюється фіксація кінцівок. Ввівши повторно знеболювальні засоби, дають гарячий чай та інші напої.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		53

У разі стихійного лиха, аварій, коли має місце масове надходження потерпілих, їх медично сортують.

В першу чергу виділяють поранених з важким ступенем шоку: 1-га, 2-га група — поранені в стані шоку 1 — 2 год., їм надають протишокову допомогу, тоді оперують; до 3-ї групи належать поранені з ознаками шоку, яких можна прооперувати трохи пізніше. В першу чергу зупиняють кровотечу, компенсують крововтрати, потім нормалізують об'єм циркулюючої крові. Гостра крововтрата (50%) веде до смерті.

Кожна велика втрата крові (зниження тиску до 80 — 70 мм рт. ст.) мусить бути негайно компенсована шляхом переливання крові у вени потерпілого (визначають групу крові, резус-фактор донора і реципієнта) можна робити інфузію плазми крові, поліглюкін тощо.

Розрідження крові при введенні кровозамінників сприяє поліпшенню капілярного кровотоку.

Крововтрата організмом до 700 мл. компенсується самостійно, за рахунок інфузії плазми крові, введення сольових багатокomпонентних розчинів. Рівень гемоглобіну має бути 65%.

При кисневому голодуванні організму проводять оксигенотерапію. При зупиненні дихання — штучне дихання «з рота до рота». При порушенні функцій печінки і нирок вводять 500 мл. глюкози 1 раз на добу з інсуліном (1 ОД. інсуліну на 5 г глюкози).

Температура повітря в протишоковій палаті — 20 — 24°C.

Потерпілому дають гарячий чай, каву, нагріте вино, закутують ковдрою.

Синдром тривалого стискання тканин буває внаслідок землетрусів, коли люди опиняються під уламками споруд і будинків. У потерпілих поряд з переломами, опіками, може спостерігатися синдром тривалого стискання тканин, зокрема тканин верхніх і нижніх кінцівок. При розтритті і розчавлюванні тканин різко погіршується кровообіг у м'язах, виникають анемія, гіпонія тканин, інтоксикація, нервово-рефлекторний розлад, спазми

капілярів, артерій, гостра серцево-судинна недостатність, набряки. Плазма крові пропотіває в міжклітинний простір (об'єм циркулюючої плазми зменшується на 50%), знижується артеріальний тиск, може настати гостра ниркова недостатність і порушення сечовиділення.

Синдром тривалого стискання тканин характеризується трьома періодами:

1-й — ранній — набряки тканин і гострий розлад гемодинаміки, триває 1—3 доби.

2-й — проміжний період — гостра ниркова недостатність, від 5 діб до 1,5 місяців.

3-й — пізній період — гангрена, флегмони, абсцеси.

Кінцівка потерпілого набрякає, шкіра багряно-синя, іноді пухирі з бурштиново-жовтою рідиною, пульсація послаблена або відсутня, чутливість шкіри знижена або втрачена. Згущення крові. Погіршується загальний стан організму. Холодний піт на шкірі, різкий біль на місці травми, нудота і блювання. Пульс - 100—120 пульсацій за 1 хв., тиск — 60 мм рт. ст. Сеча червоного кольору. Тип клініки торпідної фази травматичного шоку. Наростає загальна інтоксикація організму, спостерігається гостра ниркова недостатність, іноді гангрена кінцівки, абсцеси і флегмони, може виникнути атрофія м'язів. Ускладнюється рухливість суглобів, пошкоджуються нервові стовбури.

Існують 4 ступені прояву синдрому стискання:

I ступінь — дуже важкий — стискання м'яких тканин або кінцівок протягом 6 — 8 год., потерпілі, як правило, гинуть через 2 — 3 доби;

II ступінь — важкий — стискання рук чи ніг протягом 4 — 7 год., потерпілі можуть загинути;

III ступінь — середньої важкості — стискання рук чи ніг до 6 год., лікування до 3 місяців;

IV ступінь — легкий — стискання рук чи ніг до 2 год. Порушення помірні. Прогноз сприятливий.

Перша медична і долікарняна допомога.

Звільнення від стискання є початком клінічного прояву синдрому стискання тканин. Коли дві кінцівки зазнали стискання (компресія) протягом 8 год., при наявності переломів обов'язкова ампутація. Накладається джгут (вище від місця стискання). Вводяться знеболюючі, антигістамічні та серцево-судинні препарати, призначаються антибіотики, проводять правцеве щеплення.

2.3. Висновки до розділу 2

В розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано електробезпеку при роботі з радіоадаптером, а також долікарську допомогу при шоку.

Висновки

В кваліфікаційній роботі проведено проектування низькочастотного радіоадаптера для ультракороткохвильового радіоприймача.

Насамперед показано актуальність такої розробки. Виконано аналіз технічного завдання і виділено основні вимоги, яким має задовільняти проєктований радіоадаптер, зокрема стосовно напруги живлення, максимальної потужності та частотного діапазону передачі сигналів. Проаналізовано основні схемні рішення виконання прототипів FM радіоадаптерів, зокрема із використанням дискретних елементів а також спеціалізованих мікросхем. Так, проаналізовано можливості застосування мікросхем BA1404, BH1417 та MAX2606 із різними варіантами їх включення. Зокрема при використанні мікросхеми MAX2606 можливою є реалізація простого радіоадаптера, який працюватиме в режимі «моно». Мікросхеми ж BA1404 та BH1417 мають подібні можливості та характеристики, однак в плані налаштування та надійності кращою є мікросхема BA1404. Тому саме її використано за основу проєктування. На наступному етапі розроблено схему структурну радіоадаптера. Вона включає вузли попереднього підсилення стереосигналу, стереокодер, стереомодулятор та підсилювач радіочастоти. Усі ці блоки реалізовані на одному кристалі мікросхеми BA1404, тому сама схема містить мінімальну кількість зовнішніх елементів.

Проведено вибір елементів, зокрема проаналізовано детально структуру та особливості роботи і включення мікросхеми BA1404 та відповідно до рекомендацій, що наведені в її паспорті вибрано конкретні типи зовнішніх елементів та описано особливості налаштування радіоадаптера.

Також проаналізовано основні вимоги міжнародних стандартів IPC стосовно проєктування друкованих плат, зокрема формування провідного рисунка. На основі цього розроблено креслення друкованої плати та друкованого вузла проєктованого радіоадаптера.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		57

Виконано поставлені завдання з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		58

Список використаних джерел

1. Malmstadt, Enke and Crouch, Electronics and Instrumentation for Scientists, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1981, ISBN 0-8053-6917-1, Chapter 3.
2. Allen, Phillip E.; Holberg, Douglas R. (2002). CMOS Analog Circuit Design. ISBN 978-0-19-511644-1.
3. Universal power adapter and charger solution for mobile terminals and other hand-held ICT devices. International Telecommunication Union. 2011-06-13.
4. The Shocking Truth About Transformerless Power Supplies. Hackaday. April 4, 2017. Archived from the original on April 16, 2022.
5. Дедів Л.Є., Сверстюк А.С., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О., Дозорський В.Г., Яворська Є.Б. Математичне та комп'ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 120 с. ISBN 978-617-574-218-1.
6. Дедів І.Ю., Сверстюк А.С., Дедів Л.Є., Дозорський В.Г., Хвостівський М.О. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 126 с. ISBN 978-617-574-219-8.
7. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. (2023) Matematychnе, alhorytmichne ta prohramne zabezpechennia synfaznoho vyivlennia radiosyhnaliv v elektronnykh komunikatsiinykh merezhakh iz zavadamy [Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises]. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 111, no 3, pp. 48-57 [in Ukrainian].
8. Dozorskyi V., Dediv I., Sverstiuk S., Nykytyuk V., Karnaukhov A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair.

Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.233-240. ISSN 1613-0073. CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine.

9. Дозорський В.Г., Дозорська О.Ф., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Паньків І. М., Яворська Є.Б. Структура системи відбору біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції людини. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. – Хмельницький: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету". – 2019. - №2(271) – с. 183-186.

10. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М., Дедів, І. Ю. Розвиток методів та алгоритмів обчислення періоду стохастичних біомедичних сигналів для медичних комп'ютерно-діагностичних систем. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. /Категорія В/ 2019. Вип. 79. С. 78-84. doi: 10.20535/RADAP.2019.79.78-84.

11. Дозорська О.Ф., Яворська Є.Б., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є. і Дедів І.Ю. Метод виявлення ознак основного тону в структурі електроміографічних сигналів для задачі компенсації порушеної комунікативної функції людини», Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (81), с. 56-64. doi: 10.20535/RADAP.2020.81.56-64.

12. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Матеріали та основи технології електронних апаратів» : для студентів напряму підготовки 6.050902 "Радіоелектронні апарати" / укл. : В. Г. Дозорський. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 47 с.

13. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

14. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів: навчальний посібник / Р.А. Ткачук, В.Г. Дозорський, Л.Є. Дедів, І.Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

					ЛДД 2.893.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		61

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“12” березня 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового
радіоприймача»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Дедів І.Ю. _____

“ ____ ” _____ 2025 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РА-41

Лапук Д.Д. _____

“ ____ ” _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Низькочастотний радіоадаптер для ультракороткохвильового радіоприймача”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-193 від 12.03.2025 р.).

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Лапук Д.Д. групи РА-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка низькочастотного радіоадаптера для ультракороткохвильового радіоприймача що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Пристрій повинен забезпечувати ряд характеристик, а саме:

1. Напруга живлення +1,5 В
2. Частотний діапазон передачі – 87-108 МГц;
3. Дальність передачі, не менше 20 м;
4. Режим передачі сигналів – стерео;
5. Вихідна потужність передавача не більше 10 мВт.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Отримання завдання на виконання роботи	12.03.2025
2	Аналіз отриманого завдання	27.03.2025
3	Виконання розділу 1	24.04.2025
4	Виконання розділу 2	02.05.2025
5	Оформлення пояснювальної записки	02.06.2025
6	Оформлення презентаційного матеріалу	04.06.2025
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на антиплагіат	06.06.2025
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2025
9	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2025

ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Конденсатори		
	ЕСАР		
	K10-17-16-H90		
C1,C2,C5,C6, C11	K10-17-16-H90-1нФ±5%	5	
C3,C4	ЕСАР-16В-4,7мкФ±20%	2	
C7	ЕСАР-16В-100мкФ±20%	1	
C8,C18,C21	K10-17-16-H90-0,1 мкФ±5%	3	
C9,C12	ЕСАР-16В-10мкФ±20%	2	
C10	K10-17-16-H90-470 пФ±5%	1	
C13	K10-17-16-H90-220пФ±5%	1	
C14	K10-17-16-H90-12 пФ±5%	1	
C15,C17	K10-17-16-H90-24 пФ±5%	2	
C16, C19	K10-17-16-H90-15 пФ±5%	2	
C20	K10-17-16-H90-5,1 пФ±5%	1	
	Мікросхеми		
DA1	BA1404	1	
L1	Дросель ЛДД 4.7.001	1	
L2	Дросель ЛДД 4.7.002	1	
	Резистори		
	C2-23Н		
R3,R4	C2-23Н-0,125-30 кОм±5%	2	
R5,R6	C2-23Н-0,125-51 кОм±5%	2	
R7,R8	C2-23Н-0,125-22 кОм±5%	2	
R9	C2-23Н-0,125-10 кОм±5%	1	
R10	C2-23Н-0,125-100 кОм±5%	1	
</			

[illegible]

[illegible]

[illegible]