

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра радіотехніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

«Магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-18м  
спеціальності 172 – Телекомунікації та  
радіотехніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Чорний М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. РТ

Гаврілов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Рецензент: асистент

Слободян І.В.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра Радіотехніки  
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри РТ  
д.т.н., професор О.В. Осадчук  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

## **З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Чорному Максиму Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції»

керівник роботи Гаврілов Дмитро Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_ ” \_\_\_ 2019 року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_ грудня 2019 року.

3. Вихідні дані до роботи: кількість каналів передачі 2; носійна частота 29,7МГц; частотний діапазон ( $f_{\text{мовне}} - f_{\text{керуюче}}$ ), Гц –  $f_{\text{мовне}} = 0,1...3100$ ,  $f_{\text{керуюче}} = 5\text{кГц}$ ; модуляція – вузько смугова ЧМ; режим роботи пристрою – сіплекс; коефіцієнт частотних спотворень в області мовного сигналу, дБ – 0,5

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Анотація. 2. Вступ. 3. Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта рішення основної задачі роботи. 4. Попередній розрахунок пристрою: вибір схемних рішень, особливості реалізації схемних рішень; розробка структурної схеми; вибір елементної бази; розробка додаткових блоків. 5. Електричний розрахунок 6. Конструктивний розрахунок друкованої плати. 7. Економічна частина. 8. Безпека життєдіяльності. 9. Висновки. 10. Перелік посилань. 11. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Структурна схема. 2. Електрична принципова схема. 3. Креслення складальне плати. 4. Друкована плата 5. Креслення складальне корпусу пристрою. 6. Зовнішній вигляд корпусу.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	к.т.н., доцент Гаврілов Д. В.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доцент Березюк О. В.		
Економічна частина	к.т.н., доцент Адлер О.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ вересня 2019 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел. Вибір та узгодження теми МКР	02.09.2019-15.09.2019	
2.	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	16.09.2019-22.09.2019	
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	23.09.2019-02.10.2019	
4.	Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми	03.10.2019-20.10.2019	
5.	Електричні розрахунки. Експериментальне дослідження	21.10.2019-29.10.2019	
6.	Розділ моделювання	30.10.2019-03.11.2019	
7.	Розробка графічної частини МКР	04.11.2019-10.11.2019	
8.	Аналіз економічної ефективності розробки	11.11.2019-15.11.2019	
9.	Охорона праці (ОП)	16.11.2019-22.11.2019	
10.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	23.11.2019-27.11.2019	
11.	Нормоконтроль	28.11.2019-29.11.2019	
12.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	02.12.2019-06.12.2019	
13.	Захист МКР ЕК	18.06.2019-19.06.2019	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Чорний М.М.

Керівник роботи

( \_\_\_\_\_ ( підпис ) )

Гаврілов Д.В.

## РЕФЕРАТ

УДК 621.396

Чорний М.М. Розробка приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції / Магістерська кваліфікаційна робота / Вінниця: ВНТУ, 2019, – 122 с. Укр. мовою.

Бібліограф. найменувань 24, ілюстрацій 41, таблиць 37.

Метою **магістерської кваліфікаційної роботи** є розрахунок та розробка приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції і моделювання його частотних характеристик на OEM. Результати моделювання подано в аналітичній і графічній формі. Передбачена можливість налаштування як окремих ланок, так і всього фільтра в разі відхилення його характеристик від запланованих.

Методи дослідження - застосування сучасних САПР, порівняльний аналіз, використання існуючих методик для створення конструкції приладу.

Результатом розробки є частина технічної документації, необхідна для виготовлення та експлуатації вимірювальних приладів.

В **магістерській кваліфікаційній роботі** наводиться необхідний матеріал для підтвердження актуальності розробки, наводиться принцип дії із висвітленням наукової новизни, обраховані основні електричні, конструктивні та технологічні характеристики виробу. і сумісності та захисту. Наведене обґрунтування загального конструкторського рішення, обґрунтування вибору комплектуючих та матеріалів.

Описано технологію виготовлення друкованої плати та порядок складання пристрою. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки. Розраховано економічний ефект від розробки та впровадження пристрою. Розглянуті питання безпеки життєдіяльності під час виготовлення пристрою та стійкості його роботи при дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: приймально-передавальний, АЧХ, радіостанція, САПР.

## **ABSTRACT**

Chorny M.M. Development of transceiver module for radio station status control / Master's qualification work / Vinnytsia: VNTU, 2019 - 122 p. Ukr. language.

Bibliographer. names 24, illustrations 41, tables 37.

The purpose of the master's qualification work is to calculate and develop a transceiver module to control the status of a radio station and to simulate its frequency characteristics on the OEM. The simulation results are presented in analytical and graphical form. It is possible to adjust both the individual links and the entire filter in case of deviation of its characteristics from the planned ones.

Research methods - application of modern CAD, comparative analysis, use of existing techniques to create the design of the device.

The result of the development is part of the technical documentation necessary for the manufacture and operation of measuring instruments.

The master's qualification work contains the necessary material to confirm the relevance of the development, the principle of action with the coverage of scientific novelty, the basic electrical, structural and technological characteristics of the product. compatibility and protection. The substantiation of the general design decision, the justification of the choice of components and materials is given.

The technology of PCB manufacturing and the assembly procedure of the device are described. The feasibility study of the feasibility of the development was conducted. The economic effect of the design and implementation of the device is calculated. The questions of safety of life during manufacture of the device and stability of its work under the influence of electromagnetic pulse and ionizing radiation are considered.

Keywords: transceiver, frequency response, radio station, CAD.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ РАДІОСТАНЦІЇ.....	12
1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології .....	12
1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми .....	13
1.3 Обґрунтування і вибір базового варіанту (аналогу) як найкращого з варіантів техніки і технологій.....	15
2. ВИБІР І РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО МОДУЛЯ .....	16
2.1 Розробка структурної схеми передавача .....	16
2.2 Вибір структури кінцевого каскаду і його активних елементів .....	17
2.3 Вибір схеми виходу .....	18
2.4 Розрахунок каскаду попереднього підсилення .....	19
2.5 Розробка детальної структурної схеми передавача .....	20
2.6 Вибір і розробка структурної схеми приймального модуля.....	21
2.6.1 Аналіз і основні характеристики сигналу .....	21
2.6.2 Вибір та обґрунтування загальної структури пристрою .....	24
2.6.3 Розбиття діапазону робочих частот на під діапазони .....	27
2.6.4 Розподіл заданої нерівномірності амплітудно-частотної характеристики в смузі пропускання по трактах приймача .....	28
2.6.5 Попередній вибір підсилювальних та перетворювальних елементів .....	29
2.6.6 Розрахунок реальної чутливості та необхідного підсилення високочастотного лінійного тракту приймача .....	30

2.6.7 Розрахунок підсилення ТРЧ і ТПЧ, уточнення його структури.....	31
2.7 Розрахунок параметрів джерела живлення .....	32
2.8 Розробка повної структурної схеми .....	32
3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	34
3.1 Електричний розрахунок кінцевого каскаду підсилення потужності.....	34
3.2 Розрахунок каскаду попереднього підсилення .....	40
3.3 Розрахунок вхідного кола радіоприймального модуля.....	45
3.4 Електричний розрахунок амплітудного детектора.....	47
3.5 Комп'ютерне моделювання .....	46
4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	54
4.1 Вибір САПР для моделювання ФВЧ.....	54
4.2 Зняття основних характеристик ФВЧ.....	55
5 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ТА НАДІЙНОСТІ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	56
5.1 Конструктивний розрахунок друкованої плати.....	50
5.2 Розрахунок надійності друкованої плати по раптовим відмовам .....	60
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	65
6.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці.....	65
6.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні розробки мультिकанального вимірювача частоти на мікроконтролері.....	71
6.3 Висновки до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
7. АНАЛІЗ КОМЕРЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОЗРОБКИ.....	79
7.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки .....	79
7.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи .....	81

7.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	83
7.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	85
7.5 Висновки до економічного розділу.....	94
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	98
Додаток А (обов'язковий) – Технічне завдання.....	100
Додаток Б (обов'язковий) – Структурна схема.....	107
Додаток В (обов'язковий) – Схема електрична принципова.....	108
Додаток Г (обов'язковий) – Перелік елементів.....	109
Додаток Д (обов'язковий) – Плата друкована.....	113
Додаток Ж (обов'язковий) – Складальне креслення.....	114
Додаток К (обов'язковий) – Результати моделювання.....	115
Додаток Л (довідниковий) – Характеристики базових елементів.....	109



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- МП – Мікрофонний підсилювач;  
П – Підсилювач;  
РП – Регулятор панорами;  
ТЗ – Технічне завдання;  
ІЗ – Індивідуальне завдання ;  
ВП – Вихідний підсилювач;  
ОП – Операційний підсилювач;  
ВЧ – Високої частоти;  
НЧ – Низької частоти;  
ЧС – Частотні спотворення;  
НС – Нелінійні спотворення;  
АЧХ–Амплітудно-частотна характеристика;  
ППЧЗ– Підсилювач потужності звукової частоти;  
ФВЧ – Фільтр високих частот;  
ФНЧ – Фільтр низьких частот.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На даний час, одною з важливіших проблем є підвищення мобільності використання всіх пристроїв, включаючи радіозв'язкові радіостанції. Це пов'язано із бажанням мати максимально гнучку в керуванні та набору сервісних функції систему, щоб дозволяла максимально швидко та комфортно проводити керування радіозв'язковою радіостанцією, і при цьому не бути безпосередньо біля радіостанції.

На сьогоднішній час пристрої бездротового керування являються невід'ємною частиною будь-якого мобільного пристрою. Вони дозволяють безпосередньо при відтворенні змінити характер налаштувань, в результаті підвищується мобільність та швидкість керування.

Одним з пріоритетних напрямків дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією є оснащення таких пристроїв віддаленого контролю радіозв'язкової радіостанції цифровими модулями керування, що дають змогу максимально розширити функціональний набір сервісних функцій таких пристроїв.

В області техніки бездротового керування є ряд проблем:

- існують системи, які за набором функціональних можливостей цілком задовольняють споживачів, як аматорів так і професіоналів, але вартість таких систем значна і доступна лише професійним користувачам на промисловому рівні;

- при незначному покращанні якості вартість систем зростає значно більше ніж кількість додаткових функцій. Ця невідповідність змушує виробників шукати компроміс між якістю і ціною. Будь яке сучасне електронне виробництво, при виготовленні продукції намагається підвищувати не тільки конструктивно-експлуатаційні показники продукції, але також особлива увага приділяється підвищенню економічних показників розвитку підприємства. І досить часто при вирішенні питання впровадження

нового виробу у серійне виробництво, на перше місце ставляться саме його економічні показники.

- особливості конструкції промислових зразків пристроїв бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією містять в собі протиріччя, які компромісно вирішуються конструкторами;

- в останні роки увага приділяється розробці нових принципів в побудові таких пристроїв, що дають можливість вирішити існуючі конструктивні та економічні протиріччя.

Розроблювана система складається з двох основних частин:

- модуль бездротової передавачі мовного та керуючого сигналів;  
- приймально–керуючого модулю , що виконує прийом та обробку переданих сигналів.

Враховуючи специфіку електромагнітної сумісності слід обирати сіплексний режим роботи такого пристрою, та використовувати значний частотний рознос між каналами роботи радіозв'язкової радіостанції, та пристрою бездротового керування.

**Метою роботи** є створення та дослідження приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції.

**Об'єктом дослідження** є розробка теоретичних засад, методів та засобів для приймання та передавання радіотехнічних сигналів.

**Предметом дослідження** – приймально-передавальні модулі для контролю стану радіостанції на основі сучасних спеціалізованих мікросхем та високонадійних напівпровідникових структур.

В магістерській кваліфікаційній роботі для досягнення поставленої мети **розв'язуються такі завдання:**

1. Проведення аналізу сучасного стану розробки приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції та виявлено базові переваги та недоліки приладів, що вже існують.

2. Попередній розрахунок структурної схеми приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, що включає в себе

розробку таких блоків та вузлів: передавального модуля, приймального модуля, фільтру високих частот.

3. Електричний розрахунок підсилювачів приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції.

4. Проведення експериментальних досліджень підсилювачів передавального модуля. Оцінювання роботи фільтру високих частот за допомогою системи автоматизованого проектування показало, що задані параметри відповідають умовам технічного завдання та принципу роботи пристрою в цілому.

5. Розробка блоків приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції з застосуванням нової елементної бази, дозволить розширити та діапазон роботи пристрою, при покращенні масо-габаритних властивостей.

#### **Методи дослідження ґрунтуються на використанні:**

а) основних положень теорії функції комплексної змінної (створення математичних моделей);

б) диференціального та інтегрального числення (створення математичних моделей);

в) методів розрахунку лінійних електричних кіл з використанням матриць (електричні розрахунки);

г) ЕОМ для обчислень та проведення моделювання.

#### **Наукова новизна одержаних результатів**

Наукова новизна роботи полягає в отриманні таких результатів:

1. Запропоновано новий підхід при побудові приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції з застосуванням спеціалізованих мікросхем.

2. За рахунок використання сучасної елементної бази вдалося вдосконалити приймально-передавальні модулі для контролю стану радіостанції.

3. У порівнянні з іншими серійними приймально-передавальними

модулями для контролю стану радіостанції, які побудовані на аналоговій елементній базі, пристрій побудований з застосуванням швидкодіючих цифрових пристроїв, що дає змогу добитися високої точності вимірювання та більшої стабільності процесі роботи.

4. Удосконалено математичні моделі елементів схеми, що застосовуються при моделюванні у САПР, які, на відміну від існуючих, враховують зміни температури та стабільності напруги живлення.

5. Проведені експериментальні дослідження підтвердили вірність електричних розрахунків схем пристрою з похибкою  $\pm 3\%$ .

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у тому, що розробка приймально-передавальної апаратури є угруповання певної частини приладів в комплекси з максимально можливим числом загальних блоків, наприклад блоку живлення, відлікового пристрою, блоку обробки інформації і т.п. У приймально-передавальних комплексах можна застосовувати як аналогову, так і цифрову обробку і виведення інформації. Цифрові приймально-передавальні пристрої до недавнього часу не мали широкого розповсюдження з-за складності виготовлення, вартості, габаритних розмірів і маси. Застосування сучасної елементної бази, що включає мікросхеми середнього і великого ступеня інтеграції, а особливо мікроконтролерів дозволяє приймально-передавальним пристроям за вартістю, габаритними розмірами і масою набагато перевищити аналогові аналоги.

**Особистий внесок.** Усі розрахунки, вимірювання, моделювання та конструювання були проведені самостійно. При розробці програмного інтерфейсу було використано нові підходи для реалізації продукту. Також застосовувались нові ідеї та рішення для покращення параметрів приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції. Використання методу бездроводової передачі даних, використання сучасних схемних рішень, та актуальність проблеми, для боротьби з якою проектується даний пристрій обумовлює сучасність та актуальність даної розробки.

# 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СМУГОВОГО ФІЛЬТРА З РІВНОХВИЛЕВОЮ АЧХ

1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології

В наш час можна визначити декілька основних підходів до побудови пристроїв бездротового дистанційного керування :

- перший варіант характерний для апаратури спеціалізованого класу – концертна апаратура та студійні апаратні. Даний клас апаратури використовує в більшості випадків повне цифрове керування звукових та керуючих сигналів. Тому керування відбувається за допомогою спеціалізованого блоку на базі процесора, або за допомогою ПК з відповідним програмним забезпеченням, яке різними функціями. Даний варіант дозволяє виконати максимальне керування, але технічне забезпечення є досить складним і дорогим, а програмне забезпечення вимагає додаткового навчання оператора;

- другий варіант характерний для апаратури середнього рівня складності спеціалізованого класу. Пристрої бездротового дистанційного керування в більшості випадків будуються на основі цифрової обробки та керування. Висока якість керування досягається головним чином, за рахунок оптимального вибору параметрів та характеристик які будуть змінюватись дистанційно. Даний підхід має суттєві недоліки: пристрої досить дорогі та складні в проектуванні; наявність цифрового керування та жорсткої програмної прив'язки до конкретного типу пристрою не дозволяє застосовувати його для апаратури різних типів;

- третій варіант характерний для апаратури, що призначена для широкого споживання. Останні розробки побудовані за традиційними схемними рішеннями – використовується схема з кодовим керуванням за допомогою DTMF з можливістю вибору каналів. Даний підхід зумовлює ряд

проблем, що виникають перед розробниками, вирішення цих проблем є компроміс між збільшенням керованих функцій і погіршенням різних характеристик пристроїв бездротового дистанційного керування;

- четвертий варіант передбачає альтернативні підходи, що дають можливість створити пристрої бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією з кращими техніко-економічними показниками, тобто отримати краще співвідношення між ціною і якістю. Основний недолік цього методу полягає у тому, що невідомо чи окупляться затрати на нову розробку і чи обраний шлях є оптимальний.

## 1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми, їх аналіз і недоліки

Проаналізуємо стан сучасних промислових розробок пристроїв бездротового дистанційного керування, що пропонуються на нашому ринку. Виберемо ряд аналогів, що користуються найбільшим попитом серед споживачів: приведемо їх основні параметри в табл. 1.1.

З табл.1.1 видно, що пристрої бездротового дистанційного керування, який розробляється в переважній більшості не поступається аналогові за технічними параметрами.

Проектований пристрій розробляється для використання в побутових радіо передавальних системах.

При проектуванні пристроїв бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією виробники ставлять перед собою ряд цілей – забезпечення якнайбільшої якості (точності) відтворення звукового сигналу і високої надійності при невисокій вартості пристрою.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних параметрів пристрою що проектується та аналога

Показники	Одиниця виміру	РадиоБИТ Р Б-020, МЭЗ, (Росія)	Пристрій що проектується	Відношення параметрів нової системи до параметрів аналогу
1. Споживаний струм	мА	250	15	16,6
2. Вихідна частота	МГц	Двух проводна лінія	29,7	2
5. Діапазон відтворюваних частот	Гц	300..3100	300..3100	1
6. Споживана потужність	Вт	3,7	0,135	27,4
7. Маса	кг	2	0,1	20
8. Габаритні розміри Ш x В x Д	мм	224x199x72	10x5x3	29
9.Ціна	грн.	340	100	3,4

Ціль даної роботи – створити побутовий пристрій бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією, який дає можливість вирішити деякі протиріччя, що виникають при проектуванні даних пристроїв за традиційною розповсюдженою методикою. Проектування даного пристрою передбачає застосування альтернативного підходу, що дає можливість створити пристрій бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією з кращими техніко-економічними показниками, тобто отримати краще співвідношення між ціною і якістю.



### 1.3 Обґрунтування і вибір базового варіанту (аналогу) як найкращого з варіантів техніки і технологій

В нашому випадку безпосередніми конкурентами нашого підприємства є фірми, які виробляють пристрої з звукотехніки. Слід також вказати, що наше підприємство, виходячи на ринок, буде являтися одним вітчизняним виробником еквалайзерів.

Конкурентами на даний час являються такі великі закордонні фірми, як MOTOROLA, ICOM, KENWOOD, Vertex Standard. В закордонних фірмах краще розвинута технологія виготовлення та компонування друкованих плат, а також широко застосовуються сучасні дизайнерські рішення зовнішнього вигляду пристрою. Фірми, можуть досить відчутно зменшити ціну на продукцію що реалізується, але і після цього мати достатній рівень прибутку. Сучасні технології які вони використовують дозволяють йти на такі кроки з метою витіснення з ринку інші фірми-конкуренти, які представляють подібну продукцію.

Важливою перевагою будь-якого виробника електронної техніки є рівень гарантійного та післягарантійного сервісного обслуговування своєї продукції. Тому як один із засобів боротьби з іншими виробниками можна вказати розвиток мережі гарантійного обслуговування та ремонту даного виробу.

## 2 ВИБІР І РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО МОДУЛЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми передавача

Передавач, що необхідно розробити, обов'язково повинен складатись з двох основних частин модулятора та радіочастотного тракту.

У радіочастотному тракті передавача відбувається формування частотно-модульованого радіосигналу із заданими характеристиками, який подається на вхід антенно-фідерного тракту (АФТ). Стосовно одержання частотно-модульованого коливання то є кілька варіантів: пряма модуляція варікапом включеним в контур збуджувача, та непряма модуляція фазовим методом. В даному випадку використовуємо пряму модуляцію збуджувача, який виконаний на внутрішньому генераторі мікросхеми передавача. Це забезпечить низький температурний коефіцієнт дрейфу носійної частоти. Оскільки всі елементи виконані в одному технологічному процесі, що значно змушую розходження в характеристиках, та підвищую температурну стабільність такого генератора.

В складі мікросхеми передавача є два допоміжні транзистори , один використаємо в якості попереднього підсилювача. Другий в якості кінцевого підсилювача потужності.

Попередні каскади підсилення підсилюють сигнал до рівня, необхідного для подачі на вхід кінцевого каскаду. Схема виходу повинна забезпечити зв'язок кінцевого каскаду та антенно-фідерного тракту, а також мінімізувати поза смугове випромінювання.

Отже структурна схема радіозв'язкового передавача, що розробляється матиме наступний вигляд (рисунок 2.1)

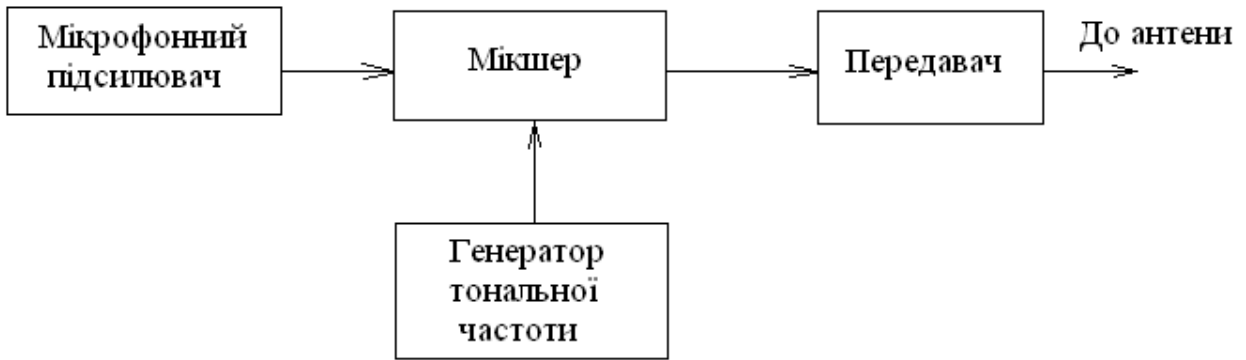


Рисунок 2.1 - Структурна схема передавача

## 2.2 Вибір структури кінцевого каскаду і його активних елементів

Визначимо потужність кінцевого каскаду з врахуванням втрат у схемі виходу:

$$P_{вих} = \frac{P_{Amax}}{\eta_{АФС}} [Вт], \quad (2.1)$$

$$P_{вих} = \frac{10}{0,85} = 11,75(мВт).$$

Режим роботи транзисторів вихідного каскаду підсилення оберемо з відсічкою колекторного струму  $\Theta=90^\circ$ . Використаємо один вихідний транзистор.

Використаємо внутрішній транзистор мікросхеми такими характеристиками [12]

Опір насичення на ВЧ  $r_{нас} = 0,250\text{Ом}$ ;

Статичний коефіцієнт передачі струму в схемі з СЕ  $h_{21e} = 200\dots250$ ;

Гранична частота  $f_{gp} = 600\text{МГц}$ ;

Ємність колектора  $C_k = 3,3\text{нФ}$ ;

Максимально допустимі параметри:

Постійна напруга колектор-емітер  $U_{кбодоп} = 15В$ ;

Постійна напруга база-емітер  $U_{бедоп} = 4В$ ;

Постійний струм колектора  $I_k = 150мА$ ;

Потужність розсіювання  $P_{кдоп} = 10мВт$ ;

Коефіцієнт передачі за потужністю при  $P' = 10мВт$ ;  $E_k' = 5 В$ ;  $f' = 29,7$  МГц;  $K_p' = 5$ .

Визначимо потужність необхідну для збудження кінцевого каскаду підсилювача потужності:

$$P_{зб.кк} = \frac{P_{вих}}{K_{ркк}} [Вт], \quad (2.2)$$

$$P_{зб.кк} = \frac{11,75}{5} = 2,35(мВт).$$

### 2.3 Вибір схеми виходу

Навантаженням вихідного каскаду передавача являється антена. Розрізняють просту і складну схему вихідного каскаду. В простій схемі в ролі вихідного каскаду використовується простий паралельний контур з розподіленими параметрами. Така схема, як правило використовується в малопотужних радіопередавачах, бо недоліком простої схеми вихідного каскаду є слабка фільтрація вищих гармонік і складність отримання потрібного еквівалентного опору антени. В складній схемі вихідного каскаду передавача, антена ввімкнена через проміжний контур, між антенним контуром і колекторним колом транзистора.

Оскільки передавач є досить малопотужним, і вищі гармоніки вихідного сигналу будуть мати малий рівень доцільно використати просту схему виходу.

## 2.4 Розрахунок каскаду попереднього підсилення

Визначимо потужність перед кінцевого каскаду з врахуванням втрат у схемі зв'язку

$$P_{вих} = \frac{P_{зб.кк}}{\eta_{АФС}} [Вт], \quad (2.3)$$

$$P_{вих} = \frac{2,35}{0,85} = 2,76.$$

Режим роботи транзистора вихідного каскаду підсилення оберемо з відсічкою колекторного струму  $\Theta=180^\circ$ .

Використаємо внутрішній транзистор мікросхеми такими характеристиками:[13]

Опір насичення на ВЧ  $r_{нас} = 0,25 \text{ Ом}$ ;

Статичний коефіцієнт передачі струму в схемі з СЕ  $h_{21e} = 200 \dots 250$ ;

Гранична частота  $f_{gp} = 600 \text{ МГц}$ ;

Ємність колектора  $C_k = 3,3 \text{ нФ}$ ;

Максимально допустимі параметри:

Постійна напруга колектор-емітер  $U_{кбодоп} = 15 \text{ В}$ ;

Постійна напруга база-емітер  $U_{бедоп} = 4 \text{ В}$ ;

Постійний струм колектора  $I_k = 150 \text{ мА}$ ;

Потужність розсіювання  $P_{кдоп} = 10 \text{ мВт}$ ;

Коефіцієнт передачі за потужністю при  $P' = 10 \text{ мВт}$ ;  $E_k' = 5 \text{ В}$ ;  $f' = 29,7 \text{ МГц}$ ;  $K_p' = 5$ .

Визначимо потужність необхідну для збудження перед кінцевого каскаду підсилювача потужності:

$$P_{зб.кк} = \frac{2,76}{5} = 0,55(\text{мВт}).$$

## 2.5 Розробка детальної структурної схеми передавача

Провівши попередній розрахунок передавача, можна побудувати його детальну структурну схему (див. рис. 2.2).

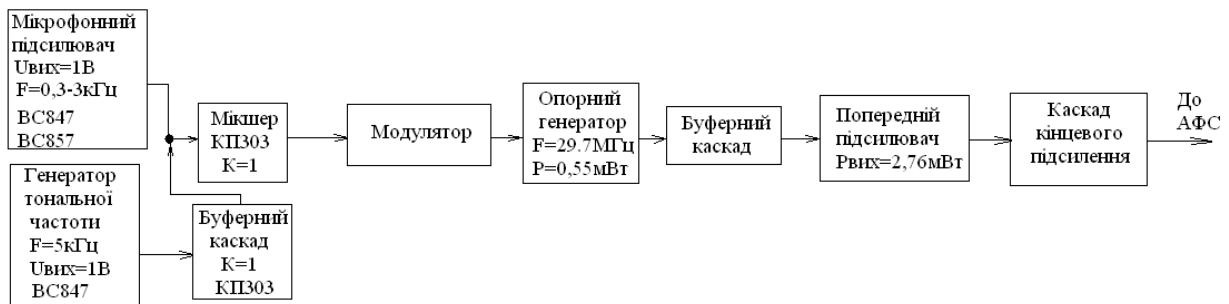


Рисунок 2.2 - Детальна структурна схема передавального модуля

Формування носійної частоти проводиться на внутрішнього генератора. Частотна модуляція виконується на внутрішньому варікапі модулятора мікросхеми передавача. Робоча частота 29,7 МГц отримується за допомогою контура налаштованого на цю частоту. Підсилення сигналу до заданого рівня виконується у перед кінцевому каскаді на внутрішньому транзисторі.

Узгодження з антенно-фідерним трактом та придушення поза смугових випромінювань виконується за допомогою простої схеми виходу.

Живлення передавача здійснюється від батареї з вихідною напругою +9В. До напруги +5В не висуваються вимоги до стабільності, оскільки вона є батарейною, тобто додаткових стабілізаторів напруги живлення не потрібно.

На основі даної структурної схеми у наступних розділах буде складено схему електричну принципову передавача.

## 2.6 Вибір і розробка структурної схеми приймального модуля

### 2.6.1 Аналіз і основні характеристики сигналу

Як сигнал носій зазвичай використовується гармонійний або періодичний імпульсний сигнал, частота якого змінюється за законом зміни вимірюваної величини. Частота залежить від амплітуди вимірюваного параметра, а швидкість зміни частоти - від швидкості зміни параметра. Системи з ЧС мають більшу завадостійкість і кращими метрологічними характеристиками в порівнянні з системами з АМ.

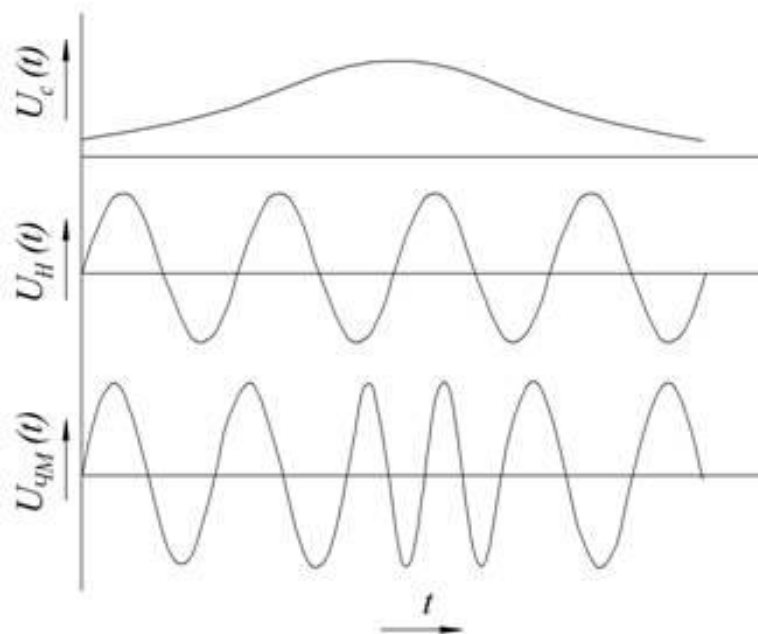


Рисунок 2.3 – Векторні діаграми частотної модуляції

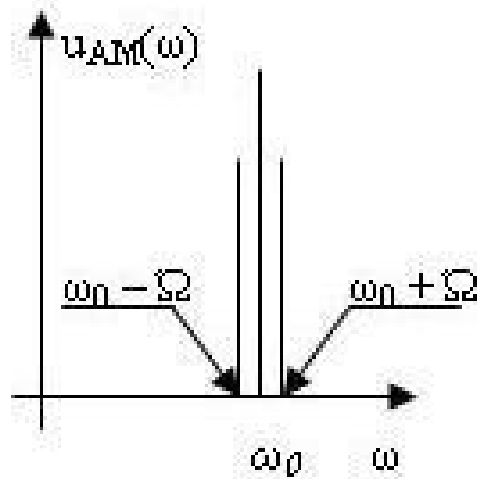


Рисунок 2.4 – Спектр ЧМ

Орієнтовна смуга пропускання ВЧ тракту визначається [2]

$$\Delta F_{2\text{пч}} = (1,1 \dots 1,2) \Delta F_c, \quad (2.4)$$

де  $\Delta F_c$  – реальна ширина спектру прийнятого сигналу.

Реальна ширина спектру приймача при ЧМ модуляції

$$\Delta F_c = 2F_{\text{max}} = 8000 \text{ (Гц)}.$$

Тоді отримаємо

$$\Delta F_{\text{пч}} = 1,2 \cdot 8000 = 9600 \text{ (Гц)}.$$

Смуга пропускання загального радіо тракту при прийомі що допускає пошук та підстройку визначається реальною шириною спектру прийнятого сигналу та запасом, що залежить від частотної точності радіолінії [2]



$$\Delta F_{\text{рГ}} = \Delta F_{\text{с}} + 2 \Delta f_{\text{рл}}, \quad (2.5)$$

де  $\Delta F_{\text{с}}$  – реальна ширина спектру радіосигналу, який має бути пропущений на вхід відповідного детектора;

$\Delta f_{\text{рл}}$  – розходження між частотою прийнятої станції та частотою настройки приймача, тобто частотна точність лінії.

Для забезпечення можливості прийому з пошуком смуга пропускання приймача повинна враховувати неточність первинного встановлення частоти передавача і приймача, а також нестабільність частот усіх трактів приймача. Тому частотна точність лінії, з урахуванням нестабільності основних блоків структурної схеми, включає в себе [14]

$$\Delta f_{\text{рл}} = \sqrt{\Delta f_{\text{г}1}^2 + \Delta f_{\text{г}2}^2 + \Delta f_{\text{ТПЧ}}^2}, \quad (2.6)$$

де  $\Delta f_{\text{г}1}$ ,  $\Delta f_{\text{г}2}$  – нестабільність частоти, відповідно, першого та другого гетеродинів;

$\Delta f_{\text{ТПЧ}1}$ ,  $\Delta f_{\text{ТПЧ}2}$  – нестабільність тракту проміжної частоти.

Нестабільність частоти гетеродина

$$\Delta f_{\text{Г}} = \delta_{\text{Г}} \cdot f_{\text{Г.макс}}, \quad (2.7)$$

де  $\delta_{\text{Г}}$  – відносна нестабільність частоти гетеродина;

$f_{\text{Г.макс}}$  – максимальна частота гетеродина при його нижній настройці.

## 2.6.2 Вибір та обґрунтування загальної структури пристрою

Вид сигналу, що приймається визначається типом роботи радіо приймального пристрою і способом детектування.

В залежності від схемного виконання високочастотного тракту радіоприймачі поділяються на два основних типи: приймачі прямого підсилення та супергетеродинні приймачі [2].

Основна обробка прийнятого сигналу здійснюється в трьох основних ланках радіоприймального пристрою: у високочастотному (ВЧ) тракті, детекторі та низькочастотному (НЧ) тракті.

В приймачах прямого підсилення високочастотний тракт, що складається з вибірного вхідного кола (ВК) та підсилювача радіочастоти (ПРЧ), містить мінімальне число блоків, необхідних для здійснення функцій радіоприймального пристрою. Особливість такого приймача полягає в тому, що підсилення та частотна вибірність здійснюється безпосередньо (прямо) на частоті прийманого сигналу, у зв'язку з чим радіоприймач прямого підсилення має ряд недоліків, зокрема, низьку частотну вибірність за сусіднім каналом (смуга пропускання приймача перевищує ширину спектру прийманого сигналу).

Можливо дві схеми приймачів прямого підсилення:

1) Приймач прямого підсилення з позитивним зворотнім зв'язком (рисунок 1.1) має три суттєвих недоліки:

- поява додаткової ручки настройки;
- зменшення смуги пропускання приймача за рахунок збільшення чутливості;
- збільшення нелінійних спотворень за рахунок самого позитивного зворотного зв'язку.

Основні параметри такого приймача наступні:

- коефіцієнт прямокутності  $K_{п(100)} = 5 \dots 100$ ;

- чутливість  $U_{\text{вх}} = 50 \dots 200 \text{ мкВ}$ ;
- великий коефіцієнт нелінійних спотворень.

Відповідно до технічного завдання (додаток А), необхідно забезпечити чутливість на рівні  $3 \text{ мкВ}$ , а тому даний приймач неможливо використати.

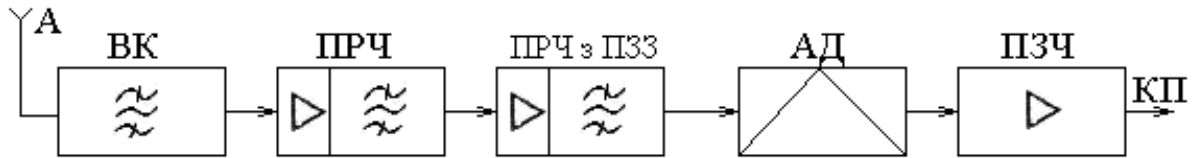


Рисунок 2.5 – Структурна схема приймача прямого підсилення з ПЗЗ

На рисунку 2.5 показано наступні блоки:

ВК – вхідне коло;

ПРЧ – підсилювач радіочастоти;

ПРЧ з ПЗЗ – підсилювач радіочастоти з позитивним зворотнім зв'язком;

АД – амплітудний детектор;

ПЗЧ – підсилювач звукової частоти;

КП – кінцевий пристрій.

2) Надрегенеративний приймач (рисунок 1.2) простий в реалізації, проте будь-який зовнішній сигнал викликає самозбудження його гетеродина, а тому такі приймачі використовують лише на УКХ в межах прямого бачення при відсутності інших станцій і тільки для мови.

Основні параметри такого приймача наступні:

- коефіцієнт прямокутності  $K_{\text{п}(100)} = 50 \dots 1000$ ;
- чутливість  $U_{\text{вх}} = 2 \dots 50 \text{ мкВ}$ ;
- дуже великий коефіцієнт нелінійних спотворень.

Як бачимо, такий приймач широкосмуговий та має дуже великий коефіцієнт нелінійних спотворень, а отже, використовувати його недоцільно.

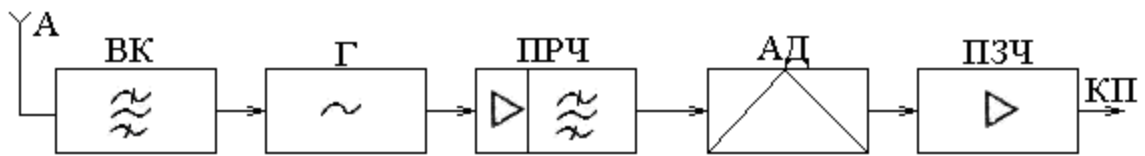


Рисунок 2.6 – Структурна схема над регенеративного приймача

На рисунку 2.6:

ВК – вхідне коло;

Г – гетеродин.

ПРЧ – підсилювач радіочастоти;

АД – амплітудний детектор;

ПЗЧ – підсилювач звукової частоти;

Коли прийом відбувається на фіксованій чи досить низькій частоті, приймач прямого підсилення звільняється від зазначених недоліків. Ця властивість лежить в основі методу супергетеродинного приймача, найпростіша структурна схема якого представлена на рисунку 2.6.

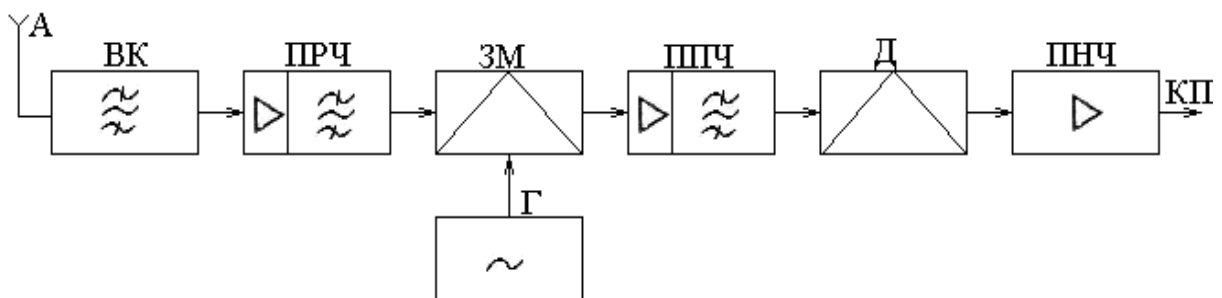


Рисунок 2.7 – Структурна схема супергетеродинного приймача

Структурна схема супергетеродинного приймача містить наступні блоки (рисунок 2.7):

ВК – вхідне коло;

ПРЧ – підсилювач радіочастоти;

ЗМ – змішувач;

ППЧ – підсилювач проміжної частоти;

Д – детектор;

ПНЧ – підсилювач низької частоти;

Г – гетеродин.

Супергетеродинний приймач являє свого роду комбінацію з перетворювального каскаду та приймача прямого підсилення, що працює на фіксованій частоті. Роль такого приймача виконує ППЧ та наступні за ним каскади.

Супергетеродинний приймач також має недоліки. Зокрема, це наявність паразитних (додаткових) каналів прийому та можливість виникнення так званих комбінаційних свистів. Окрім того, гетеродин, як малопотужний передавач, може створювати завади для близько розташованих радіоприймальних пристроїв.

Проте при проектуванні супергетеродинного приймача всі перераховані недоліки можуть бути практично усунуті, причому їх усунення досягається в основному раціональним вибором величини проміжної частоти та режиму роботи перетворювального каскаду. Характеризуючи переваги супергетеродинного приймача, можна стверджувати, що цей тип приймача є єдиним, який здатний забезпечити велике підсилення та вибірність у всіх радіочастотних діапазонах. Зокрема основні його параметри наступні:

- коефіцієнт прямокутності  $K_{п(100)} = 1,5 \dots 2,5$ ;
- чутливість  $U_{вх} = 0,2 \dots 10$  мкВ;
- досить малий коефіцієнт нелінійних спотворень.

Конкретна структурна схема, що детально відображає склад і взаємодію трактів пристрою, може бути отримана лише в результаті його попереднього розрахунку.

### 2.6.3 Розбиття діапазону робочих частот на під діапазони

Оскільки радіоприймальний блок працює на одній фіксованій частоті, розбивати робочу частоту на під діапазони не має потреби.

В приймачі, що проектується буде тільки один робочий канал

$$f = 29,7 \text{ МГц.}$$

2.6.4 Розподіл заданої нерівномірності амплітудно-частотної характеристики в смузі пропускання по трактах приймача

Загальний коефіцієнт частотних спотворень визначається як

$$M_{заг} = M_{ПЗЧ} + M_{ВЧ}, \quad (2.8)$$

де  $M_{ПЗЧ}$  – частотні спотворення, що вносить підсилювач звукової частоти, дБ

$M_{ВЧ}$  – частотні спотворення, що вносяться високочастотним трактом, дБ.

Частотні спотворення, що вносяться високочастотним трактом з урахуванням подвійного перетворення частоти

$$M_{ВЧ} = M_{ВК} + M_{ПРЧ} + M_{ЗМ1} + M_{ППЧ1} + M_{ЗМ2} + M_{ППЧ2}, \quad (2.9)$$

де  $M_{ВК}$  – частотні спотворення, що внесені вхідним колом;

$M_{ПРЧ}$  – частотні спотворення, що внесені підсилювачем радіочастоти;

$M_{ЗМ1,2}$  – частотні спотворення, що внесені змішувачем,  $M_{ЗМ1,2} = 1 \dots 2 \text{ дБ}$ ;

$M_{ППЧ1,2}$  – частотні спотворення, що внесені підсилювачем проміжної частоти,

$M_{ППЧ1,2} = 1 \dots 3 \text{ дБ}$ ;

Частотними спотвореннями у вхідному колі та в підсилювачі радіочастоти нехтуємо через те що дані кола використовуються для настройки приймача. Тобто ці кола забезпечують вибірність за дзеркальним каналом.

Таким чином отримаємо

$$M_{ВЧ} = 1,5 + 1 + 1,5 + 1,5 = 5,5 \text{ дБ.}$$

Тоді частотні спотворення, що вносяться низькочастотним трактом, будуть рівні, відповідно

$$M_{ПЗЧ} = M_{заг} - M_{ВЧ} [\text{дБ}], \quad (2.10)$$

$$M_{ПЗЧ} = 6 - 5,5 = 0,5 (\text{дБ}).$$

2.6.5 Попередній вибір підсилювальних та перетворювальних елементів

Підсилювач радіочастоти виконуємо на внутрішньому транзисторі мікросхеми приймача TDA7088T з наступними характеристиками [5]

- напруга колектор емітер  $U_{ке} = 15 \text{ В}$ ;
- струм колектору  $I_c = 20 \text{ мА}$ ;
- опір насичення  $R = 1 \text{ Ом}$ ;
- крутість в робочій точці  $S = 7 \text{ мА/В}$ ;
- вхідна ємність  $5 \text{ пФ}$
- розсіювана потужність  $P_{розс} = 10 \text{ мВт}$ .

Гетеродини, виконаємо на внутрішньому транзисторі з наступними характеристиками:

- напруга колектор емітер  $U_{ке} = 15 \text{ В}$ ;
- струм колектору  $I_c = 20 \text{ мА}$ ;
- опір насичення  $R = 1 \text{ Ом}$ ;
- крутість в робочій точці  $S = 7 \text{ мА/В}$ ;
- вхідна ємність  $5 \text{ пФ}$
- розсіювана потужність  $P_{розс} = 10 \text{ мВт}$ .

### 2.6.6 Розрахунок реальної чутливості та необхідного підсилення високочастотного лінійного тракту приймача

Розраховуємо коефіцієнти шуму приймача, вважаючи його приблизно рівним коефіцієнту шуму першого каскаду [2]

$$K_{ШВХ} = \left( 1 + \frac{1}{\frac{r_{вх}}{r_k}} \right) \cdot K_{ШТР}, \quad (2.11)$$

$$K_{ШВХ} = \left( 1 + \frac{1}{\frac{50}{2}} \right) \cdot 1,3 = 1,35.$$

де  $K_{ШТР}$  - коефіцієнт шуму транзистора ПРЧ ( 1 дБ або 1,1 раза );

$r_{вх}$  - активний опір антенного кола рівний 50 Ом,

$r_k$  - власний активний опір контуру.

Розраховуємо значення реальної чутливості [2]

$$E_{AP} = 0,125 \gamma_{дчм} \sqrt{r_A \cdot \Delta F_{np} \cdot K_{Ш}}, [\text{мкВ}], \quad (2.12)$$

$$E_{AP} = 0,125 \cdot 6,6 \sqrt{0,050 \cdot 6,6 \cdot 1,35} = 0,5 \text{ (мкВ)}.$$

де  $r_A$  – активний опір антенного входу 50 Ом.

Розраховуємо необхідний коефіцієнт підсилення високочастотного тракту

$$K_{п.мвч} = \frac{U_{m.вх}}{\sqrt{2E_{мз}}} * 10^6, \quad (2.13)$$



де  $U_{m.вх}$  – напруга на вході детектора.

За виразом (1.19) отримаємо

$$K_{п.твч} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} * 10^6 = 88 \text{дБ}.$$

### 2.6.7 Розрахунок підсилення ТРЧ і ТПЧ, уточнення його структури

Коефіцієнт передачі одно контурного вхідного кола:

$$K_{вк} = 0,01 \cdot Q_e = 0,01 \cdot 166 = 2,2 \text{дБ}.$$

Коефіцієнт підсилення підсилювача на транзисторі розраховується на верхній частоті:

$$K_{\min} = \frac{K_{cm}}{k_{\delta}}, \quad (2.14)$$

де  $K_{ст}$  – коефіцієнт стійкого підсилення.

$$K_{cm} = 0,42 \sqrt{\frac{S}{2\pi \cdot f_{\max} \cdot C_{12}}} [\text{дБ}], \quad (2.15)$$

Отримаємо

$$K_{cm} = 0,42 \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 121,5 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-12}}} = 20 \text{дБ}.$$

$$K_{\min} = \frac{20}{1,8} = 11,2.$$

Тоді коефіцієнт підсилення тракту радіочастоти (преселектора)

$$K_{трч} = K'_{прч} \cdot K'_{вк} = 20 + 2,2 = 22,2$$

## 2.7 Розрахунок параметрів джерела живлення

Оскільки за вимогою ТЗ приймач, що проектується відноситься до класу стаціонарних, то у якості джерела живлення доцільно використати батарейний блок живлення з вихідною напругою 9 В.

Розрахуємо загальний струм, споживаний від джерела живлення[14],

$$I_{спож} = I_{прч} + I_{зм1} + I_{ппч} + I_{д} + I_{зм2} + I_{ппч2} \text{ (мА)}, \quad (2.16)$$

Отримаємо

$$I_{спож} = 8 + 5 + 4 + 3 + 5 + 4 = 29 \text{ (мА)}.$$

Потужність джерела з урахуванням запасу має складати

$$P_{дж} = K_{зап} \cdot I_{спож} \cdot U_{ж}; \quad (2.17)$$

де  $K_{зап}$  – коефіцієнт запасу, вибирається в межах: 1,1-4.

$$P_{дж} = 4 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 1,1 \text{ (Вт)}.$$

## 2.8 Розробка повної структурної схеми

На основі результатів попередніх розрахунків складемо повну структурну схему супергетеродинного приймача, пристрою бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією, для ЧМ сигналу з одним перетвореннями частоти, яка зображена на рис.2.8 та наведена в додатку Б(аркуш 1).

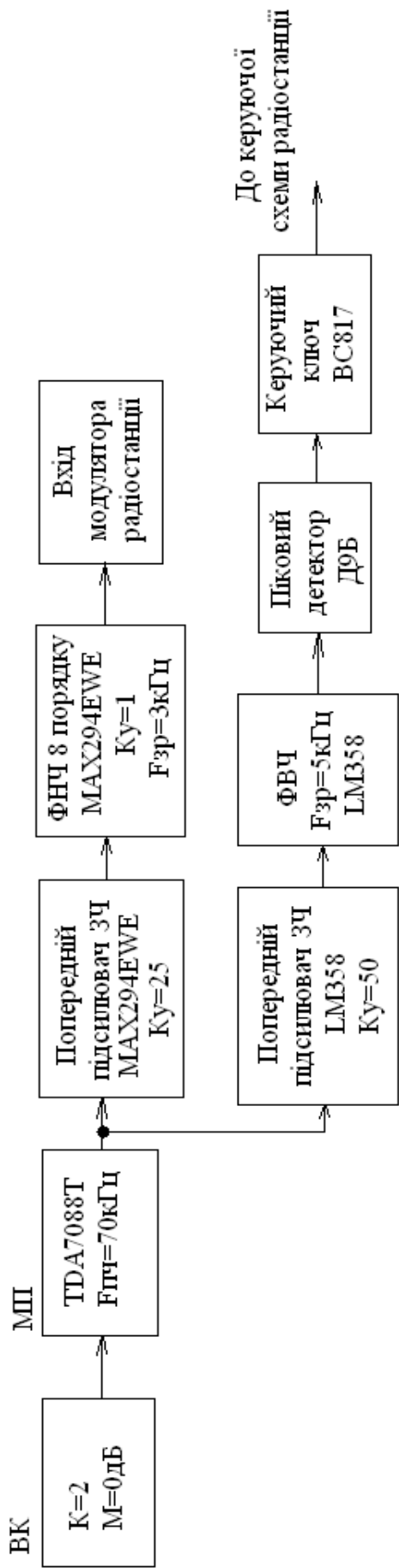


Рисунок 2.8 – Повна структурна схема приймача

### 3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

#### 3.1 Електричний розрахунок кінцевого каскаду підсилення потужності

Вихідний каскад виконаємо у вигляді одного каскаду на внутрішньому транзисторі мікросхеми передавача. Транзистор ввімкнено за схемою спільний емітер. Розрахунок каскаду проведемо на центральній частоті робочого діапазону  $f_p=29,7$  МГц.

Вихідні дані:  $P_1=11,75$  мВт;  $f_p=29,7$  МГц;  $E_k=9$  В;  $\theta=90^\circ$ . Коефіцієнти Берга при  $\theta=90^\circ$  складають  $\alpha_0=0,32$ ;  $\alpha_1=0,5$ .

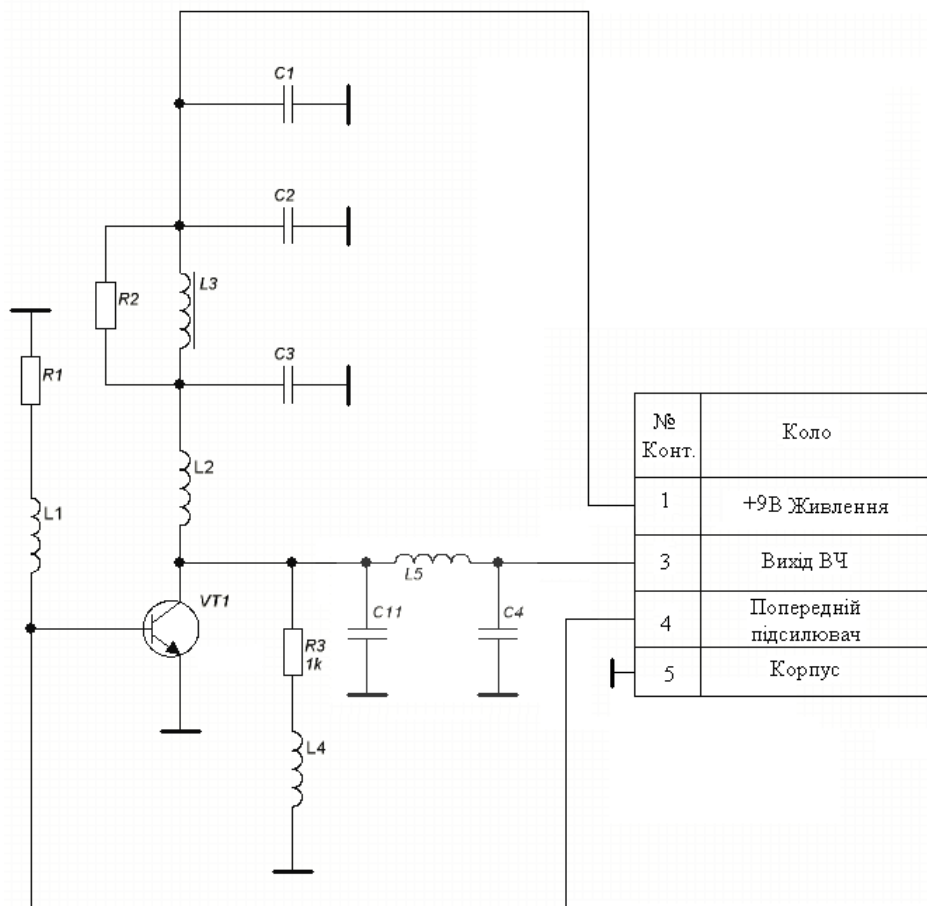


Рисунок 3.1 – Схема кінцевого каскаду

Розрахунок вихідного кола активного елемента

Амплітуда контурної напруги

$$U_K = E_K \cdot \left( 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot r_{нас} \cdot P_1}{\alpha_1 \cdot E_k^2}} \right) [B], \quad (3.1)$$

$$U_K = 9 \cdot \left( 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot 0,25 \cdot 0,01}{0,5 \cdot 9^2}} \right) \approx 4,5(B),$$

Максимальна колекторна напруга

$$E_{K \max} = E_K + U_K = 9 + 4,5 = 13,5B < U_{дон} = 15B,$$

Струм колектора першої гармоніки

$$I_{K1} = \frac{2P_1}{U_K} [A], \quad (3.2)$$

$$I_{K1} = \frac{2 \cdot 0,01}{4,5} = 4,5(мА).$$

Амплітуда імпульсу колекторного струму

$$I_K = \frac{I_{K1}}{\alpha_1} [A], \quad (3.3)$$

$$I_K = \frac{4,5}{0,5} = 9(мА).$$

Постійний струм колектора

$$I_{K0} = \alpha_0 \cdot I_{K \max} [A], \quad (3.4)$$

$$I_{K0} = 0,32 \cdot 9 = 2,88 \text{ mA} < I_{K\text{доп}} = 150 \text{ (mA)}.$$

Споживана потужність і ККД

$$P_0 = I_{K0} \cdot E_K [\text{mBm}], \quad (3.5)$$

$$P_0 = 2,88 \cdot 4 = 11,52 \text{ (mBm)}.$$

$$\eta = \frac{P_1}{P_0}, \quad (3.6)$$

$$\eta = \frac{10}{11,52} = 0,86.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі

$$P_K = P_0 - P_1 [\text{mBm}], \quad (3.7)$$

$$P_K = 11,52 - 10 = 1,52 \text{ (mBm)}.$$

Еквівалентний опір навантаження

$$R_e = \frac{U_K^2}{2 \cdot P_1} = \frac{26^2}{2 \cdot 17,6} = 19,2 \text{ Ом}.$$

Розрахунок вхідного кола активного елемента.

Амплітуда струму бази

$$\aleph = 1 + \gamma_1(\Theta) \cdot 2\pi f_T \cdot C_K \cdot R_e = 1 + 0,3 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 19,2 = 3$$

$$I_{\bar{o}} = \aleph \frac{\sqrt{1 + \left(\beta_0 \frac{f}{f_T}\right)^2}}{\beta_0 \cdot \gamma_1(\Theta)} \cdot I_{K1} [A], \quad (3.8)$$

$$I_{\bar{o}} = 3 \cdot \frac{\sqrt{1 + \left(5 \cdot \frac{29,7}{570}\right)^2}}{5 \cdot 0,5} \cdot 9 = 0,008(A).$$

Додатковий опір

$$R_{\bar{o}} = \frac{\beta_0}{2\pi f_T C_e} [OM], \quad (3.9)$$

$$R_{\bar{o}} = \frac{5}{2\pi \cdot 570 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6}} = 0,5.$$

Максимальна зворотна напруга на емітерному переході

$$U_{\bar{o}e\max} = \left| -I_{\bar{o}} \cdot \frac{(1 + \cos(\Theta)) \cdot R_{\bar{o}}}{\sqrt{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2}} + E_{ei\bar{o}m} \right| [B], \quad (3.10)$$

$$U_{\bar{o}e\max} = \left| -0,054 \cdot \frac{(1 + \cos(90^0)) \cdot 0,5}{\sqrt{1 + \left(5 \cdot \frac{29,7}{570}\right)^2}} + 0,7 \right| = 2(B).$$

Постійні складові базового та емітерного струмів

$$I_{\bar{\sigma}0} = \frac{I_{K0}}{\beta_0} [mA], \quad (3.11)$$

$$I_{\bar{\sigma}0} = \frac{I_{K0}}{\beta_0} = \frac{2,8}{5} = 0,56 (mA).$$

$$I_{e0} = I_{K0} + I_{\bar{\sigma}0} [A], \quad (3.12)$$

$$I_{e0} = 2,8 + 0,56 = 3,36 (mA).$$

Напруга зміщення

$$E_{\bar{\sigma}} = -I_{\bar{\sigma}} \frac{\gamma_0 (\pi - \Theta) \cdot R_o}{\sqrt{1 + \left( \beta_0 \cdot \frac{f}{f_T} \right)^2}} + E_{\text{сидм}} + I_{\bar{\sigma}} \cdot r_{\bar{\sigma}} + I_{e0} \cdot r_e [B], \quad (3.13)$$

$$E_{\bar{\sigma}} = -7,8 \frac{0,5 \cdot 1}{\sqrt{1 + \left( 5 \cdot \frac{29,7}{570} \right)^2}} + 0,056 + 0,17 \cdot 0,23 = -1,5 B.$$

Вхідний опір

$$r_{\text{вхсе}} = \frac{1}{S} \left[ \left( 1 + \gamma_1(\Theta) 2\pi f_T \cdot C_K \cdot R_e \right) \cdot r_{\bar{\sigma}} + r_e + \gamma_1(\Theta) 2\pi f_T L_e \right] [OM], \quad (3.14)$$

$$r_{\text{вхсе}} = \frac{1}{1,68} \left[ \left( 1 + 0,5 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 0,25 \cdot 1 \right) \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 0,18 \cdot 10^{-9} \right] =$$

$$= 0,2 (OM).$$

$$R_{\text{вхсе}} = \frac{1}{S} \left[ r_{\bar{\sigma}} + \left( 1 - \gamma_1(\Theta) \beta_0 \right) \cdot r_e \right] - r_{\text{вхсе}} + R_o \left[ 1 - \gamma_1(\Theta) \right] [OM], \quad (3.15)$$



$$R_{exce} = \frac{1}{1,68} [0,1 + 0] - 0,26 + 1 \cdot 0,5 = 0,3(\text{Ом}).$$

$$r_{ex} = r_{exce} + \frac{R_{exce}}{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2} = 0,26 + \frac{0,32}{1 + \left(5 \cdot 78 / 570\right)^2} \approx 0,2 \text{ Ом}.$$

$$r_{ex} = r_{exce} + \frac{R_{exce}}{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2} [\text{Ом}], \quad (3.16)$$

$$r_{ex} = 0,26 + \frac{0,32}{1 + \left(5 \cdot 78 / 570\right)^2} \approx 0,2(\text{Ом}).$$

Вхідна потужність

$$P_{ex} = 0,5 \cdot I_o^2 \cdot r_{ex} [\text{Вт}], \quad (3.17)$$

$$P_{ex} = 0,5 \cdot 2,8^2 \cdot 0,2 = 5(\text{мВт}).$$

Для узгодження еквівалентного навантаження активних елементів з опором антенно-фідерної системи використаємо коло зв'язку у вигляді паралельного контура (елементи С28, С29, С32, L3).

### 3.2 Розрахунок каскаду попереднього підсилення

Вихідні дані:  $P_{\text{вх.кк}} = 2,35 \text{ мВт}$ ;  $f_p = 29,7 \text{ МГц}$ ;  $E_k = 9 \text{ В}$ ;  $\theta = 90^\circ$ . Активний елемент обрано під час розрахунку структурної схеми, внутрішній транзистор мікросхеми передавача.

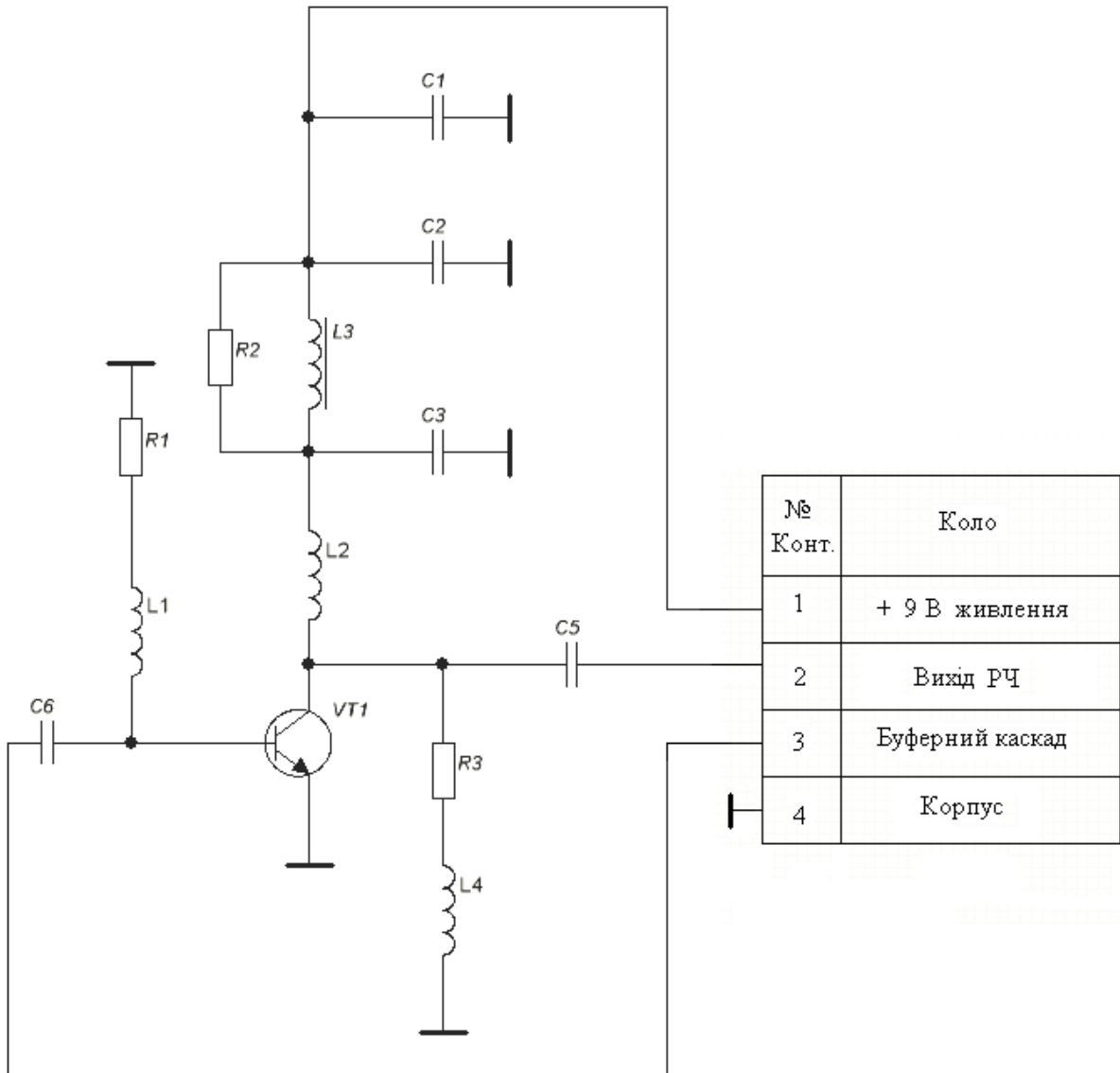


Рисунок 3.1 – Схема каскаду попереднього підсилення

Розрахунок вихідного кола активного елемента

Амплітуда контурної напруги

$$U_K = E_K \cdot \left( 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot r_{нас} \cdot P_1}{\alpha_1 \cdot E_k^2}} \right) [B], \quad (3.18)$$

$$U_K = 9 \cdot \left( 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{8 \cdot 0,25 \cdot 0,0023}{0,5 \cdot 9^2}} \right) \approx 3(B).$$

Максимальна колекторна напруга

$$E_{K_{max}} = E_K + U_K = 9 + 3 = 12B < U_{дон} = 15B. \quad (3.19)$$

Струм колектора першої гармоніки

$$I_{K1} = \frac{2P_1}{U_K} [A], \quad (3.20)$$

$$I_{K1} = \frac{2 \cdot 0,0023}{3} = 1,5(мА).$$

Амплітуда імпульсу колекторного струму

$$I_K = \frac{I_{K1}}{\alpha_1} [A], \quad (3.21)$$

$$I_K = \frac{1,5}{0,5} = 3(мА).$$

Постійний струм колектора

$$I_{K0} = \alpha_0 \cdot I_{K_{max}} [A], \quad (3.22)$$

$$I_{K0} = 0,32 \cdot 3 = 0,96 \text{ мА} < I_{Kдоп} = 150 \text{ (мА)}.$$

Споживана потужність і ККД

$$P_0 = I_{K0} \cdot E_K [\text{мВт}], \quad (3.23)$$

$$P_0 = 0,96 \cdot 3 = 2,88 \text{ (мВт)}.$$

$$\eta = \frac{P_1}{P_0}, \quad (3.24)$$

$$\eta = \frac{2,35}{2,88} = 0,81.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі

$$P_K = P_0 - P_1 [\text{мВт}], \quad (3.25)$$

$$P_K = 2,88 - 2,35 = 0,53 \text{ (мВт)}.$$

Еквівалентний опір навантаження

$$R_e = \frac{U_K^2}{2 \cdot P_1} = \frac{26^2}{2 \cdot 17,6} = 19,2 \text{ Ом}, \quad (3.26)$$

Розрахунок вхідного кола активного елемента

Амплітуда струму бази

$$\aleph = 1 + \gamma_1(\Theta) \cdot 2\pi f_T \cdot C_K \cdot R_e = 1 + 0,3 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 19,2 = 3.$$

$$I_{\sigma} = \frac{\sqrt{1 + \left(\beta_0 \frac{f}{f_T}\right)^2}}{\beta_0 \cdot \gamma_1(\Theta)} \cdot I_{K1} [A], \quad (3.27)$$

$$I_{\sigma} = 3 \cdot \frac{\sqrt{1 + \left(5 \cdot \frac{29,7}{570}\right)^2}}{5 \cdot 0,5} \cdot 9 = 0,008(A).$$

Додатковий опір

$$R_{\sigma} = \frac{\beta_0}{2\pi f_T C_e} [Om], \quad (3.28)$$

$$R_{\sigma} = \frac{5}{2\pi \cdot 570 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6}} = 0,5.$$

Максимальна зворотня напруга на емітерному переході

$$U_{\sigma e \max} = \left| -I_{\sigma} \cdot \frac{(1 + \cos(\Theta)) \cdot R_{\sigma}}{\sqrt{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2}} + E_{\text{вiдм}} \right| [B], \quad (3.29)$$

$$U_{\sigma e \max} = \left| -0,054 \cdot \frac{(1 + \cos(90^0)) \cdot 0,5}{\sqrt{1 + \left(5 \cdot \frac{29,7}{570}\right)^2}} + 0,7 \right| = 2(B).$$

Постійні складові базового та емітерного струмів

$$I_{\delta 0} = \frac{I_{K0}}{\beta_0} [MA], \quad (3.30)$$

$$I_{\delta 0} = \frac{I_{K0}}{\beta_0} = \frac{1,5}{5} = 0,3(MA).$$

$$I_{e0} = I_{K0} + I_{\delta 0} [A], \quad (3.31)$$

$$I_{e0} = 2,8 + 0,3 = 3,1(MA).$$

Напряга зміщення

$$E_{\delta} = -I_{\delta} \frac{\gamma_0 (\pi - \Theta) \cdot R_{\delta}}{\sqrt{1 + \left( \beta_0 \cdot \frac{f}{f_T} \right)^2}} + E_{\text{відм}} + I_{\delta} \cdot r_{\delta} + I_{e0} \cdot r_e [B], \quad (3.32)$$

$$E_{\delta} = -7,8 \frac{0,5 \cdot 1}{\sqrt{1 + \left( 5 \cdot \frac{29,7}{570} \right)^2}} + 0,6 + 0,3 \cdot 0,23 = -1,4B$$

Вхідний опір

$$r_{\text{вхсе}} = \frac{1}{S} \left[ (1 + \gamma_1(\Theta) 2\pi f_T \cdot C_K \cdot R_e) \cdot r_{\delta} + r_e + \gamma_1(\Theta) 2\pi f_T L_e \right] [OM], \quad (3.33)$$

$$r_{\text{вхсе}} = \frac{1}{1,68} \left[ (1 + 0,5 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 2\pi \cdot 570 \cdot 10^6 \cdot 0,18 \cdot 10^{-9} \right] =$$

$$= 0,2(OM).$$

$$R_{\text{вхсе}} = \frac{1}{S} \left[ r_{\delta} + (1 - \gamma_1(\Theta) \beta_0) \cdot r_e \right] - r_{\text{вхсе}} + R_{\delta} [1 - \gamma_1(\Theta)] [OM], \quad (3.34)$$

$$R_{exce} = \frac{1}{1,68} [0,1 + 0] - 0,26 + 1 \cdot 0,5 = 0,3(Ом).$$

$$r_{ex} = r_{exce} + \frac{R_{exce}}{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2} = 0,26 + \frac{0,32}{1 + \left(5 \cdot \frac{78}{570}\right)^2} \approx 0,2(Ом).$$

$$r_{ex} = r_{exce} + \frac{R_{exce}}{1 + \left(\beta_0 \cdot \frac{f}{f_T}\right)^2} [Ом], \quad (3.35)$$

$$r_{ex} = 0,26 + \frac{0,32}{1 + \left(5 \cdot \frac{29,7}{570}\right)^2} \approx 0,2(Ом).$$

Вхідна потужність

$$P_{ex} = 0,5 \cdot I_0^2 \cdot r_{ex} [Вт], \quad (3.36)$$

$$P_{ex} = 0,5 \cdot 0,5^2 \cdot 0,2 = 0,025(мВт)$$

Для узгодження еквівалентного навантаження активних елементів з опором антенно-фідерної системи використаємо коло зв'язку у вигляді паралельного контура (елементи С24, С25, С27, L2).

### 3.3 Розрахунок вхідного кола радіоприймального модуля

Розрахуємо вхідне коло з ємнісним зв'язком з антеною.

Початкові данні:

Робоча частота -  $F = 29,7 \text{ МГц}$

Границі зміни ємності контура  $C_{\max} - C_{\min} = 5 - 10 \text{ нФ}$

Середнє значення еквівалентних параметрів антени -

$$R_A = 50 \text{ Ом}, C_A = 5 \text{ нФ}$$

Еквівалентна добротність 6

Смуга пропускання 1 МГц.

Розрахуємо індуктивність контурної котушки по формулі

$$L = \frac{2.53 \cdot 10^{10}}{f_{\min}^2 \cdot C_{e.\max}} \text{ [мкГн]}, \quad (3.37)$$

$$L = \frac{2.53 \cdot 10^{10}}{(1215000)^2 \cdot 7,5} = 0,22 \text{ мкГн.}$$

Необхідна величина власної добротності контура

$$Q_k = 1,25 \cdot Q_E, \quad (3.38)$$

$$Q_k = 1,25 \cdot 6 = 7,5.$$

Отримана величина конструктивно виконувана. Приймаємо  $Q_k = 8$ .

Розрахуємо опір втрат контура. Для цього розраховуються характеристики контура.

$$\rho = 6.28 \cdot f_{\min} L [\text{Ом}], \quad (3.39)$$

$$\rho = 6,28 \cdot 121,5 \cdot 10^6 \cdot 0,22 \cdot 10^{-6} = 120 (\text{Ом}).$$

Тоді опір втрат



$$R_k = \frac{\rho}{Q_k}, \quad (3.40)$$

$$R_k = \frac{120}{8} = 15$$

Обираємо ємність зв'язку  $C_{3B} = 1n\Phi$

Розрахуємо ємність контура з врахуванням впливу антени [15]

$$C_{E\max} = C_E + \frac{C_A C_{3B}}{C_A + C_{3B}} [n\Phi], \quad (3.41)$$

$$C_{E\max} = 5 + \frac{5 \cdot 1}{5 + 1} = 5,83(n\Phi)$$

### 3.4 Електричний розрахунок амплітудного детектора.

Схема електрична принципова амплітудного детектора представлена на рисунку 3.2. Приклад електричного розрахунку АД наведено в [15].

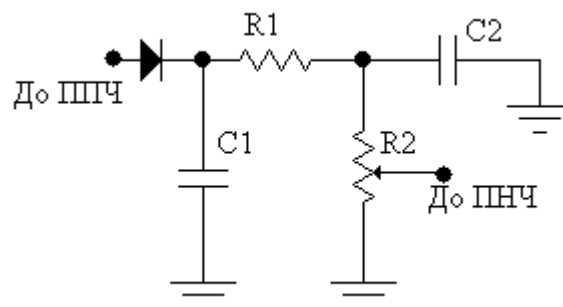


Рисунок 3.2 – Схема електрична принципова амплітудного детектора

Вихідні дані:

- частота  $f=5$  кГц;
- вхідний опір детектора  $R_{ex.d} = 4,6$ кОм;
- вхідний опір каскаду ПНЧ  $R_{ex.нч} = 2,4$ кОм;
- діапазон звукових частот  $F = 0,3 - 3$ кГц;
- тип діода Д9Б
- коефіцієнт передачі напруги  $K_D = 0,3$ ;
- вхідна напруга детектора  $U_{ex.d} = 0,2$ В.

Потрібно визначити

величини опорів навантаження  $R_1, R_2$ ;

величини ємностей  $C_1, C_2$ .

Визначимо опір навантаження детектора, враховуючи, що для діода Д9Б

$$R_{зв} \gg R_{np},$$

$$R_H = 2K_D R_{BX} [\text{Ом}], \quad (3.42)$$

$$R_H = 2 \cdot 0,3 \cdot 4,6 = 2,76 (\text{кОм}).$$

Так як опір навантаження детектора одного порядку з вхідним опором ПНЧ, величини опорів подільника  $R_1, R_2$  визначаються по номограмі.

Прийmemo  $R_2 = 1,2$ кОм типу СПО.

Визначаемо опір  $R_1$

$$R_1 = R_H - R_2 [Ом], \quad (3.43)$$

$$R_1 = 2.76 - 1.2 = 1.56 (кОм)$$

Приймаємо опір навантаження  $R_1 = 1,5 кОм$  типу МЛТ-0,25

Загальний опір змінному струму

$$R_{H\sim} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{ex.H}}{R_2 + R_{ex.H}} [Ом],$$

$$R_{H\sim} = 1.5 + \frac{1.2 \cdot 2.4}{1.2 + 2.4} = 2.3 (кОм)$$

Опір навантаження постійному струму

$$R_{H=} = R_1 + R_2 [Ом], \quad (3.44)$$

$$R_{H=} = 1.5 + 1.2 = 2.7 (кОм).$$

Так як

$$\frac{R_{H\sim}}{R_{H=}} = \frac{2,3}{2,7} = 0,85 > 0,8$$

то нелінійні спотворення не будуть перевищувати норми.

Величина еквівалентної ємності шунтуючої опір детектора,

$$C_E \leq \frac{240 \cdot 10^3}{F_{B(кГц)} \cdot R_{=(кОм)}} [нФ], \quad (3.45)$$

$$C_E = \frac{240 \cdot 10^3}{5 \cdot 2,7} = 14,8 \cdot 10^3 \text{ нФ}$$

Величина ємності  $C_2$ , що забезпечує фільтрацію на тональній частоті

$$C_2 \leq \frac{240 \cdot 10^3}{F_{np(\text{МГц})} \cdot R_{2(\text{кОм})}} [\text{нФ}], \quad (3.46)$$

$$C_2 = \frac{240 \cdot 10^3}{0,455 \cdot 1,2} = 1,5 \cdot 10^3 (\text{нФ})$$

приймаємо  $C_2 = 1,5 \text{ нФ}$

Величина ємності  $C_1$

$$C_1 = C_E - C_2, \quad (3.47)$$

$$C_1 = C_E - C_2 [\text{тис.нФ}],$$

$$C_1 = 14,8 - 1,5 = 13,3 (\text{тис.нФ})$$

Оскільки величина  $C_E' = 13300 < C_E = 14800 \text{ нФ}$ , то розрахунок виконаний правильно.

Повна електронна-принципова схема пристрою наведена в додатку В(аркуш 1)

### 3.5 Опис принципу дистанційного керування радіостанцією

Одним з пріоритетних напрямків дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією є оснащення таких пристроїв віддаленого контролю радіозв'язкової радіостанції цифровими модулями керування, що

дають змогу максимально розширити функціональний набір сервісних функцій таких пристроїв.

В області техніки бездротового керування є ряд проблем:

- існують системи, які за набором функціональних можливостей цілком задовольняють споживачів, як аматорів так і професіоналів, але вартість таких систем значна і доступна лише професійним користувачам на промисловому рівні;

- при незначному покращанні якості вартість систем зростає значно більше ніж кількість додаткових функцій. Ця невідповідність змушує виробників шукати компроміс між якістю і ціною. Будь яке сучасне електронне виробництво, при виготовленні продукції намагається підвищувати не тільки конструктивно-експлуатаційні показники продукції, але також особлива увага приділяється підвищенню економічних показників розвитку підприємства. І досить часто при вирішенні питання впровадження нового виробу у серійне виробництво, на перше місце ставляться саме його економічні показники.

- особливості конструкції промислових зразків пристроїв бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією містять в собі протиріччя, які компромісно вирішуються конструкторами;

- в останні роки увага приділяється розробці нових принципів в побудові таких пристроїв, що дають можливість вирішити існуючі конструктивні та економічні протиріччя.

Розроблювана система складається з двох основних частин:

- модуль бездротової передавачі мовного та керуючого сигналів;
- приймально-керуючого модулю, що виконує прийом та обробку переданих сигналів.

Модуль бездротової передавачі мовного та керуючого сигналів містить в собі; мікрофонний підсилювач, генератор тональної частоти, мікшер, радіо модуль.

Мікрофонний підсилювач дає змогу підсилити мовний сигнал до рівня необхідного для нормальної роботи модулятора передавача радіо модуля. Мікрофонний підсилювач виконаний по класичній схемі загальний емітер з використанням буферного каскаду, для узгодження з вхідним опором модулятора, та частотно залежним зворотнім зв'язком. Зворотній зв'язок виконує функцію ФНЧ першого порядку, це дозволяє ще на початковому етапі формування мовного сигналу обмежити спектр частот для забезпечення вузько смугової ЧМ.

Генератор тональної частоти працює на частоті 5кГц, та виконаний по схемі RC-генератора з фазо обертаючою ланкою, яка забезпечує фазовий зсув на 180 градусів, що дозволяє виконанню балансу фаз, та збудження генератора на квазірезонансній частоті. Цей генератор потрібний для керування перемиканням радіостанції, що керується в режим передачі.

Радіо модуль використовується для передачі мовного та керуючого сигналів по радіоканалу, та виконаний на мікросхемі MC2833P одно кристального ЧМ моно передавача , що дало змогу підвищити надійність передавача.

Приймально–керуючий модуль , що виконує прийом та обробку переданих сигналів складається з наступних частин; власне ЧМ приймач, попередній підсилювач звукової частоти, ФНЧ 8 порядку, генератор тактового сигналу 300кГц, ФВЧ другого порядку, піковий детектор, керуючий ключ.

Приймач використовується для прийому сигналу від керуючого передавального модуля, та виконаний на мікросхемі TDA7088T з низькою ПЧ, що рівна 70кГц.

Попередній підсилювач ЗЧ використовується для підсилення сигналу необхідного для роботи мікросхеми ФНЧ.

ФНЧ 8 порядку застосовується для фільтрації керуючого тонального сигналу частотою 5кГц, та має частоту зрізу 3кГц. Застосовується спеціалізована мікросхема ФНЧ Батерворта MAX294EWE.

Генератор тактового сигналу 300кГц генерує прямокутний тактовий сигнал, що керує частотою зрізу мікросхеми ФНЧ, та виконаний на мікросхемі NE555.

ФВЧ застосовується для фільтрації тонального керуючого сигналу 5кГц, та зменшення просочування в кола керування мовного сигналу. Виконаний на здвоєному ОП LM358.

Піковий детектор детектує наявність тонального керуючого сигналу, та перетворює його в постійну напругу, що відкриває ключ керуючий ключ.

Керуючий ключ являє собою каскад типу відкритий колектор, та формує сигнал включення радіостанції на передачу.

## 4 КОМПЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

### 4.1 Вибір САПР для моделювання ФВЧ

Існує цілий ряд програм, за допомогою яких можна здійснити моделювання. Серед них є Electronics Workbench, Circuit Master, Microcap Evaluation, MatLab, Orcad, FilterLab, RFSim99rus, filterwiz та інші. Тому постає задача оптимальної програми для моделювання. Програма має забезпечувати простоту інтерфейсу, легкість пошуку окремих елементів, високу швидкодію, точність вихідних даних, а також невисокі вимоги до конфігурації ЕОМ та не мати реєстраційних обмежень. Тому оберемо програму filterwiz. Дана програма дає змогу за короткий час зібрати схему та отримати результати, що за точністю цілком задовольняють поставленій меті. Схема ФВЧ зображена на рисунку 3.4

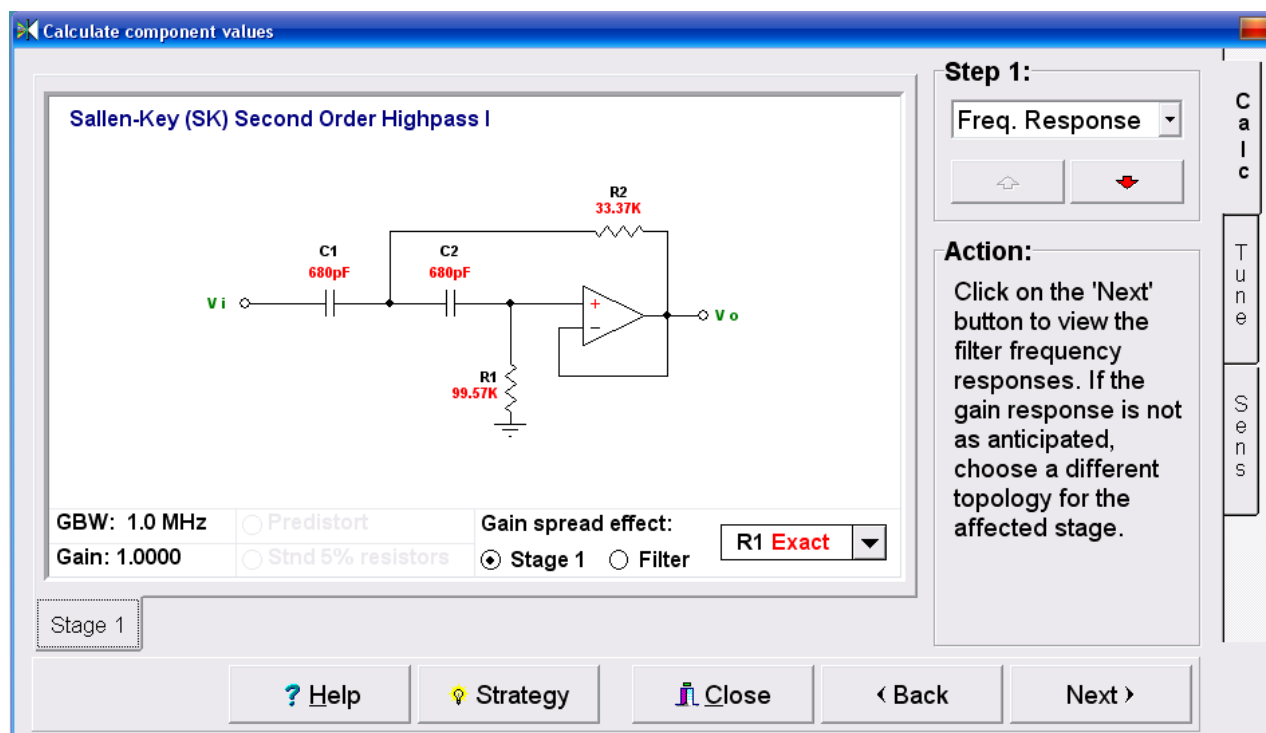


Рисунок 4.1 – Досліджуваний ФВЧ



## 4.2 Зняття основних характеристик ФВЧ

АЧХ зображено на рисунках 4.1 – 4.2 відповідно.

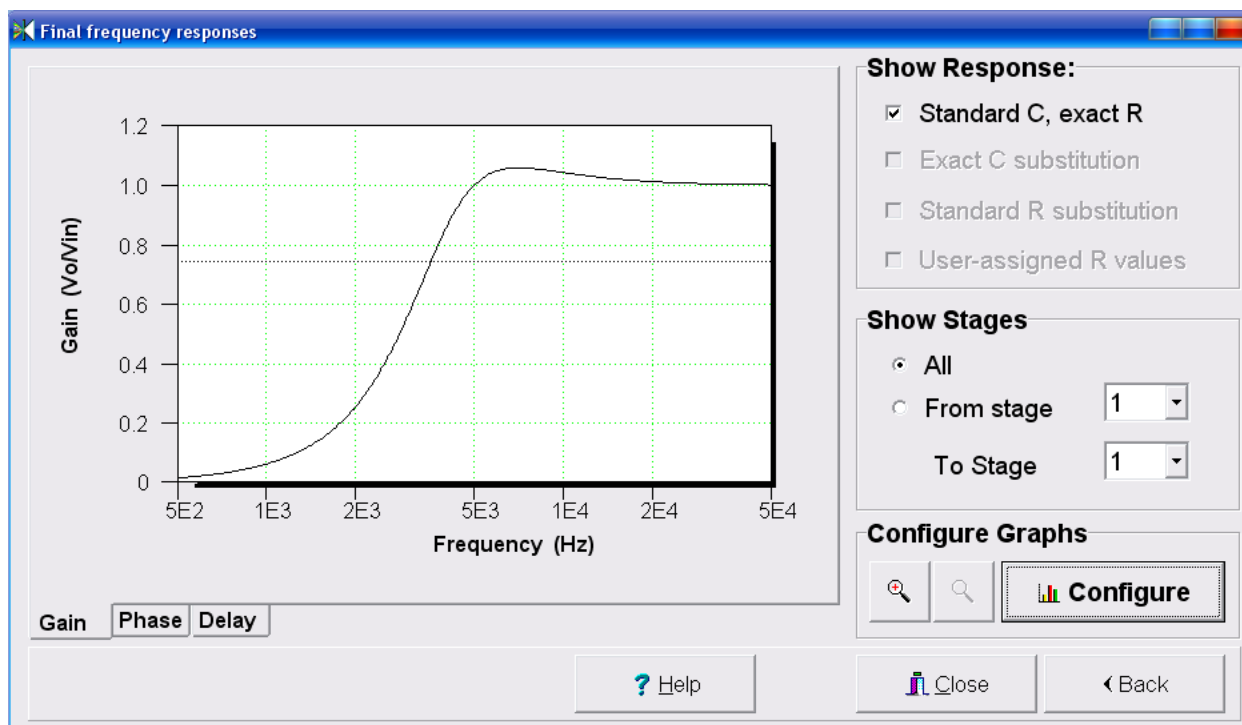


Рисунок 4.2 – АЧХ досліджуваного ФВЧ

Проаналізувавши рисунки 4.1 – 4.2 можна зробити висновок про роботоздатність розроблюваного фільтра високих частот, тобто його доцільно використовувати в пристрої бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією.

Результати моделювання роботи пристрою наведено в додатку Л.

## 5 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ТА НАДІЙНОСТІ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

### 5.1 Конструктивний розрахунок друкованої плати

Вихідні дані:

- метод виготовлення плати: комбінований позитивний;
- метод отримання малюнка: фотохімічний;
- мінімальна відстань між монтажними отворами: 2,5 мм;
- крок координатної сітки: 2,5 мм;
- форма контактної площадки: кругла;
- щільність друкованого монтажу: перший клас;
- фоторезист: сухий, плівковий;
- максимальний струм через провідник: 0,3 А.

Тип плати – двостороння, оскільки двосторонні друковані плати характеризуються: високими комутаційними властивостями; підвищеною міцністю з'єднання виводу навісного елемента з провідним рисунком плати. Крок координатної сітки відповідно до ГОСТ 10317–79 обираємо 2,5 мм [10].

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу та обирається в залежності від елементної бази та дійсного механічного навантаження. В якості вихідного матеріалу обрано склотекстоліт СФ2–35, товщиною 1,5мм.

Розрахунок параметрів електричних з'єднань. Виходячи із технологічних можливостей виробництва друкованої плати обрано комбінований позитивний метод виготовлення і перший клас точності [10].

Мінімальна ширина друкованого провідника за постійним струмом визначається за формулою

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (5.1)$$

де  $I_{\max}$  – максимальний постійний струм, що протікає в провідниках, А;

$j_{\text{доп}}$  – допустима густина струму, А/мм<sup>2</sup>;

$t$  – товщина провідника, мм.

При  $t=35\text{мкм}$ ,

$$j_{\text{доп}} = 48 \text{ А/мм}^2.$$

Тоді, при  $I_{\max} = 0,3 \text{ А}$ , мінімальна ширина провідника дорівнює

$$b_{\text{min1}} = \frac{0,3}{48 \cdot 0,035} = 0,18 \text{ (мм)}.$$

Мінімальна ширина провідника, виходячи із допустимого падіння напруги на ньому визначається за формулою

$$b_{\text{min2}} = \frac{p \cdot I_{\max}}{l \cdot U_{\text{доп}}}, \quad (5.2)$$

де  $p$  – питомий об'ємний опір матеріалу провідників Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$l$  – довжина провідника, м;

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги. В.

Тоді, при  $p=0,0175\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ,  $l=0,15\text{м}$ ,

$$U_{\text{доп}} = 0,3 \text{ В}.$$

$$b_{\text{min2}} = \frac{0,0175 \cdot 0,1}{0,15 \cdot 0,3} = 0,04 \text{ (мм)}.$$

Мінімальна ширина провідників для двосторонніх друкованих плат, що виготовлені комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунку визначається за формулою

$$b_{\min} = b_{\min 1} + 1,5 \cdot t + 0,03. \quad (5.3)$$

Таким чином,  $b_{\min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,26$  (мм).

Приймаємо ширину провідників  $b = 0,4$  мм.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів  $d$  за формулою

$$d = d_B + d_{H.B.} + r, \quad (5.4)$$

де  $d_B$  – максимальний діаметр виводу встановлюваних елементів, мм;

$d_{H.B.}$  – нижнє відхилення від номінального діаметру монтажною отвору, мм;

$r$  – різниця між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром виводу елемента, мм;

Згідно [10],  $d_{H.B.} = 0,05$  мм,  $r = 0,2$  мм.

Товщина виводів елементів, які використовуються при виготовленні безфільтрового еквалайзера становить 0,6 мм.

Номінальне значення діаметрів отворів буде становити

$$d = 0,6 + 0,05 + 0,2 = 0,85 \text{ (мм)}.$$

Розраховане значення  $d$  зводимо до стандартного значення, приймемо  $d = 1,0$  мм.

Мінімальний діаметр контактних площадок для двосторонніх друкованих плат, які виготовляються комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунка, визначається за формулою:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5 \cdot t_{\phi} + 0,03, \quad (5.5)$$

де  $t_{\phi}$  – товщина фольги, мм;

$D_{1\min}$  – мінімальний ефективний діаметр площадки, який визначається по формулі

$$D_{1\min} = 2 \cdot \left( b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_d + \delta_p \right), \quad (5.6)$$

де  $b_m$  – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, мм,

$\delta_d, \delta_p$  – допуски на розташування отворів та контактних площадок відповідно, мм;

$d_{\max}$  – максимальний діаметр просвердленого отвору, який визначається

$$d_{\max} = d + d_{H.B.} + (0,1 \dots 0,15), \quad (5.7)$$

де  $d$  – діаметр отвору, мм;

Оскільки  $t_{\phi} = 0,035$  мм, а із [ ],  $b_m = 0,035$  мм,  $\delta_d = 0,08$  мм,  $\delta_p = 0,02$  мм, то максимальний діаметр отвору буде становити

$$d_{\max 1} = 1,0 + 0,05 + 0,15 = 1,2 \text{ (мм)},$$

$$D_{1\min 1} = 2 \cdot \left( 0,035 + \frac{1,2}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,83 \text{ (мм)}.$$

Тоді, діаметр контактних площадок буде становити

$$D_{\min 1} = 1,83 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,91 \text{ (мм)}.$$

Максимальний діаметр контактних площадок визначається за формулою

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (5.8)$$

$$D_{\max 1} = 1,91 + 0,02 = 1,93 \text{ (мм)}.$$

Мінімальну відстань між двома контактними площадками визначається за формулою:

$$S_{\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_p), \quad (5.9)$$

де  $L_0$  – відстань між центрами контактних площадок, мм.

$$S_{\min} = 2,5 - (1,93 + 2 \cdot 0,2) = 0,17 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, параметри друкованого монтажу відповідають вимогам, що ставляться до плат 1-го класу точності [10].

Топологію друкованої плати наведено у графічній частині.

## 5.2 Розрахунок надійності друкованої плати по раптовим відмовам

Надійність – це властивість пристрою виконувати задані функції, яка визначається безвідмовністю в роботі і ремонтпридатністю. Під безвідмовністю в роботі розуміють, властивість пристрою безперервно зберігати працездатність в заданих умовах експлуатації на протязі заданого інтервалу часу [10].

Відмови поділяються на раптові та поступові. Перші виникають у результаті миттєвої зміни параметрів пристроїв. Поступові відмови характеризуються поступовими змінами параметрів.

Під імовірністю безвідмовної роботи елемента  $P(t)$  або системи  $P_C(t)$  розуміють імовірність того, що в межах заданого часу напрацювання  $T$ , при певних умовах експлуатації не відбудеться жодної відмови

$$P(t) = P(t) \geq T, \quad (5.10)$$

де  $T$  - час від початку роботи до першої відмови.

Імовірність відмови пристрою  $q(t)$  – це імовірність того, що відмова при певних умовах експлуатації відбудеться через час, який не перевищує заданого часу напрацювання.

Якщо функція  $q(t)$  диференційована, то щільність розподілення напрацювання пристрою до відмови визначається

$$w(t) = \frac{dq(t)}{d_q(t)} = \frac{dP(t)}{d_q(t)}, \quad (5.11)$$

Інтенсивність відмови  $L(t)$  – умовна щільність імовірності виникнення відмови. Середній час напрацювання на відмову визначається за формулою

$$T_{CP} = t \int_0^{1t} tw(t)dt, \quad (5.12)$$

Отже, імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  визначається як

$$P(t) = e^{-L(t)t}, \quad (5.13)$$

При експоненціальному законі розподілу час напрацювання на відмову визначається за формулою

$$T_{CP} = \frac{1}{L_0}, \quad (5.14)$$

При визначенні надійності системи через відомі показники надійності її елементів вводять два припущення: відмова елементів статично незалежна; відмова будь-якого елемента приводить до відмови системи. Таку систему в теорії надійності називають послідовною. При цьому можна використати теорему множення ймовірностей

$$P_{CP} = \sum_{i=1}^n P_i(t) \quad (5.15)$$

де  $P_i(t)$  – імовірність безвідмовної роботи  $i$ -го елемента;  
 $n$  – кількість комплектуючих елементів.

При експоненціальному законі розподілу імовірність безвідмовної роботи елемента  $P_c(t)$  рівна

$$P_{CP}(t) = \sum_{j=1}^m e^{-L_j(t) \cdot m_j \cdot t}, \quad (5.16)$$

де  $L_j$  - інтенсивність відмови  $j$ -ої групи;  
 $N_j$  – кількість елементів  $j$ -ої групи;  
 $t$  – кількість груп рівнонадійних елементів.

По отриманій формулі виконується наближений розрахунок надійності. При уточнюючому розрахунку звичайно враховують вплив умов експлуатації, температури, електричного режиму [11].

Коефіцієнт навантаження приймаємо рівним:

- діоди  $K_n=0,6$ ;
- резистори  $K_n=0,6$ ;



- конденсатори  $K_n=0,6$ ;
- мікросхеми  $K_n=0,9$ .

Таблиця 5.1 – Інтенсивності відмов груп елементів

Група елементів	Кількість елементів	Інтенсивність відмови, 1/год	Час безвідмовної роботи, год.
1. Діоди	1	$0,09 \cdot 10^{-6}$	$125 \cdot 10^6$
1.Конденсатори постійної ємності	12	$2,25 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^6$
2.Конденсатори електrolітичні	4	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$1,53 \cdot 10^6$
3. Мікросхеми	12	$11,08 \cdot 10^{-6}$	$0,245 \cdot 10^6$
4. Пайка	142	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$50 \cdot 10^6$
5.Резистори постійні	38	$0,34 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^6$
6.Резистори підстроювальні	2	$0,26 \cdot 10^{-6}$	$62,5 \cdot 10^6$
7. Роз'єм	2	$0,09 \cdot 10^{-6}$	$43 \cdot 10^6$
		$\Sigma=18,31 \cdot 10^{-6}$	$\Sigma=0,055 \cdot 10^6$

Графік залежності імовірності безвідмовної роботи  $P(t)$  має вигляд показаний на рис. 5.1.

Умови технічного завдання виконані, оскільки розрахований середній час напрацювання на відмову 55 тис. год. більше заданого  $T_{cp}=10$  тис. год.

Розробка топології друкованої плати проводилася за допомогою графічного редактора друкованих плат – P-CAD PCB 2004. Розміри плати становлять 250\*125мм. Файл проекту друкованої плати має розширення \*.pcb

і містить інформацію про загальний вигляд плати, провідники на верхній та нижній стороні плати, перехідні отвори, посадочні місця елементів [12], [13].

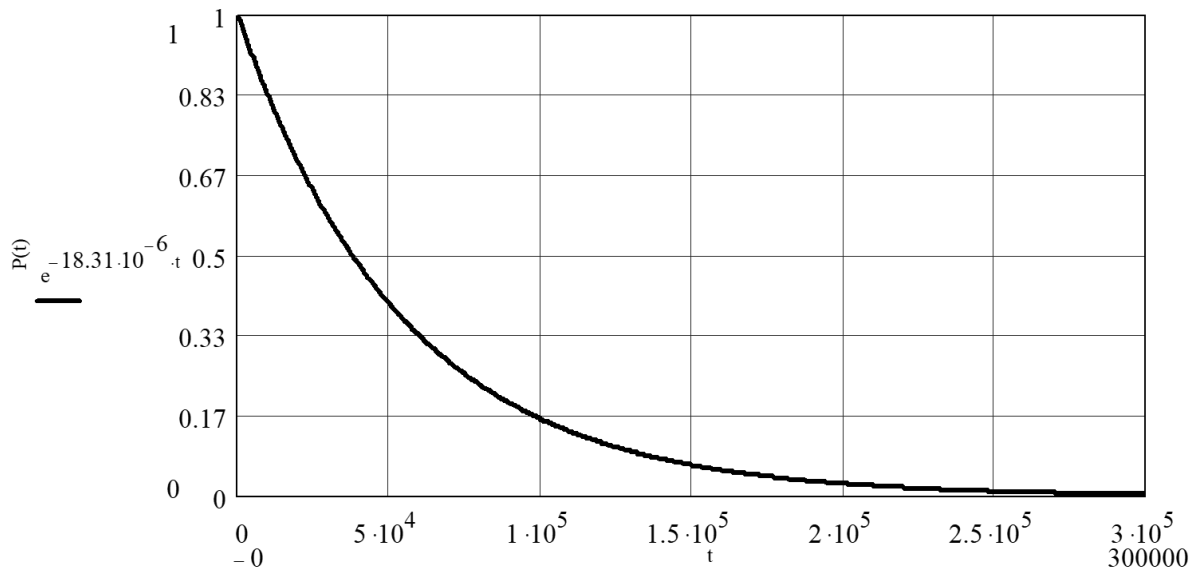


Рисунок 5.1 – Ймовірність безвідмовної роботи в залежності від часу

Рисунок друкованої плати наведено у додатку Д, а складальне креслення плати наведено в додатку Ж.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Зменшення вірогідності виникнення виробничого травматизму та захворювань при забезпеченні нормованих параметрів умов праці є основною метою охорони праці.

В даному розділі наводиться аналіз шкідливих, небезпечних і уражаючих для людини і навколишнього середовища факторів, які виникають під час проведення розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції. Тут висвітлюються, зокрема, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, визначення звукоізоляції приміщення, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В процесі розробки вказаного пристрою на працюючих впливають ті або інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [1]. Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, відсутність або недостатність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма або відбита блискучість. Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

### **6.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці**

#### **6.1.1 Склад повітря робочої зони та мікроклімат**

Вибираємо для приміщення, в якому проводяться роботи з розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції,

категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Відповідно до [2] допустимі параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені в таблиці Х.1 додатку Х.

Розкид значень температури повітря вздовж висоти робочої зони дозволяється до 3°C. Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, які утворюються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці Х.2 додатку Х.

Для встановлення нормованих показників мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено: у приміщенні має бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року; для підвищення вологості повітря потрібно використовувати зволожувачі або розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги висуваються щодо кількісних та якісних параметрів освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, відповідно до [3] визначаємо, що вони відносяться до III

розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд *в*.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в таблиці Х.3 додатку Х.

Так як приміщення розташоване у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми орієнтовані за азимутом  $90^\circ$ , то за таких умов КЕО визначатиметься за виразом [3, 4]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (6.1)$$

де  $e_n$  – табличне значення КЕО, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,б} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N,с} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

Для встановлення нормативних значень показників освітлення запропоновано: за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування загального штучного освітлення у темну пору доби.

### 6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування використовується обладнання, робота якого генерує шум та вібрацію, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який поширюється від сусідніх промислових приміщень.

З метою попередження травмування працюючих від дії шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Головним нормативом стосовно промислового шуму, що діє в Україні, є [5], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають перевищувати значень, що наведено у таблиці X.4 додатку X. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці X.5 додатку X для 3-ї категорії (технологічна) типу "в".

З метою поліпшення віброакустичного клімату у приміщенні передбачено:

- 1) постійне змащування підшипників вентиляторів системи вентиляції;
- 2) проведення контролю рівнів шуму та вібрації.

Для розрахунку звукоізоляції необхідно визначити частоту звукових коливань, які у даному приміщенні створюються приводом вентилятора від електродвигуна. Ця частота визначається за формулою:

$$f = \frac{n}{60} \text{ [Гц]}, \quad (6.2)$$

де  $n = 3000$  об/хв – частота обертання валу електродвигуна.

Звукоізолюючі огороження бувають одношарові та багатошарові.

Звукоізоляція одношарової перегородки визначається за такою формулою:

$$R = 20\lg(m_0 f) - 47,5 \text{ [дБ]}, \quad (6.3)$$

де  $m_0$  – маса 1 м<sup>2</sup> огороження, кг/м<sup>2</sup>.

В якості ізолюючого матеріалу вибираємо гіпсобетонну панель, для якої  $m_0 = 115$  кг/м<sup>2</sup>.

Підставляючи відомі значення у формули (6.2, 6.3) одержимо

$$f = \frac{3000}{60} = 50 \text{ (Гц)};$$

$$R = 20\lg(115 \cdot 50) - 47,5 = 25,8 \text{ (дБ)}.$$

Отримана величина звукоізолюючої спроможності огороження показує, на скільки понижується рівень шуму за перегородкою з припущенням, що далі він поширюється безперешкодно. У випадку передачі шуму з одного приміщення в інше рівень шуму, що проникає в приміщення залежить від багатократного відбиття від внутрішніх поверхонь. Чим більша гулкість приміщення і більша площа перегородки, тим більший рівень шуму в приміщенні, а значить, тим гірша його фактична звукоізоляція.

Визначимо фактичну звукоізоляцію за формулою:

$$R_\phi = R + 10\lg \frac{A}{S_i} \text{ [дБ]}, \quad (6.4)$$

де  $A$  – еквівалентна площа звукопоглинання тихого приміщення, м<sup>2</sup>;

$S_i$  – площа звукоізолюючої перегородки, м<sup>2</sup>.

Розміри приміщення (м):  $9 \times 8 \times 3,2$ .

Знаючи габарити приміщення визначимо еквівалентну площу звукопоглинання тихого приміщення

$$A = 2(ab + ah + bh) \text{ [м}^2\text{]}, \quad (6.5)$$

де  $a, b, h$  – довжина, ширина, висота приміщення відповідно, м.

Знайдемо площу звукоізолюючої перегородки, прийнявши, що вона встановлюється на стіну з розмірами  $a \times h$  за формулою:

$$S_i = ah \text{ [м}^2\text{]}. \quad (6.6)$$

Підставляючи відомі значення у формули (6.5, 6.6, 6.4) одержимо

$$A = 2(9 \cdot 8 + 9 \cdot 3,2 + 8 \cdot 3,2) = 252,8 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_i = 9 \cdot 3,2 = 28,8 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$R_{\phi} = 25,8 + \lg \frac{252,8}{28,8} = 26,7519 \text{ (дБ)}.$$

#### 6.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені у таблиці X.6 додатку X.

Для забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.



6.2 Технічні рішення щодо промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

### 6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, його розміри і взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним та психофізіологічним властивостям людини, а також характеру праці [7].

Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна складати не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм приміщення – не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ , висота – не менше  $3,2 \text{ м}$  [8].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі  $0,7-0,8$ ; стін  $0,4-0,5$ ; підлоги  $0,2-0,3$ . Поверхня підлоги повинна бути рівною, без вибоїн, не слизькою, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється використовувати для оснащення інтер'єру полімери, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

### 6.2.2 Електробезпека

Основними причинами ураження електричним струмом в цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність електрообладнання, випадковий дотик до металевих частин, що опинилися під напругою або струмоведучих частин. У відповідності до [9] це приміщення відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності високої (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання має забезпечуватись рядом заходів, які включають

використання ізоляції струмоведучих частин, захисного заземлення, захисних блокувань та ін [10].

### 6.2.3 Пожежна безпека

Відповідно до [11] приміщення, де проводиться робота з розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, відноситься до категорії пожежної небезпеки В. Дане приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці Х.7. В таблиці Х.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Встановлюємо, що приміщення, в якому проводиться робота з розробки, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [12].

### 6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності приймально-передавального модуля в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В процесі проектування радіоелектронної апаратури важливим елементом є оцінка безпеки її роботи в умовах надзвичайних ситуацій та визначення гранично допустимих умов експлуатації даного обладнання. На

приймально-передавального модуля суттєвий вплив мають іонізуючі випромінювання та електромагнітний імпульс.

Розрізняють декілька видів іонізуючої радіації, яка відрізняється за складом елементарних часток, які її утворюють. Потужність дози вимірюється в рентгенах за секунду (Р/год), доза опромінення – в рентгенах. В пристрій, що проектується входять різні компоненти і матеріали. Нижче приводиться аналіз впливу ІВ на дані матеріали і компоненти.

Органічні матеріали є дуже чутливими до радіації. Дія останньої призводить до перетворення молекул в цих матеріалах, яка супроводжується хімічними реакціями, в яких виникають незворотні зміни структури речовин та їх механічних властивостей. До даних речовин належать полімерні матеріали, зокрема лавсанова плівка, якою здійснено ізоляцію.

Внаслідок впливу радіації на резистори може виникнути пробій в зв'язуючих і насичуючих ізоляцію матеріалах; зміна властивостей основного матеріалу резистора, поява провідності з причини іонізації матеріалу каркаса та покриття. Чим більше величина опору, тим більші зворотні зміни викликаються опроміненням; звідки резистори з опором порядку  $10^9$  є ненадійними.

Іонізуючі випромінювання призводить до незворотних та зворотних змін характеристик конденсаторів. Загальною причиною цього є зміна електронних характеристик діелектрика (діелектричної сталої та опору). При дії радіації на електролітичні конденсатори та конденсатори з масляним заповненням виникає виділення газів.

При дії іонізуючих випромінювань провідність точкового діода зменшується в прямому і зворотному напрямках; в плоских діодах провідність в прямому напрямку також зменшується. Зміна характеристик тим більше, чим більше потужність потоку.

ЕМІ здатний викликати напруги наводок в пристрої, що веде до небезпечних факторів в експлуатації, а також виникненню паразитних зв'язків. Це в свою чергу може вивести пристрій з робочого стану. Для більшої безпеки та стійкості роботи пристрою передбачається окреме екранування слабостійких блоків пасивним екраном.

### 6.3.1 Визначення області працездатності приймально-передавального модуля в умовах дії іонізуючих випромінювань

Пристрій складається з таких елементів: резистори, конденсатори, транзистори, мікросхеми, діелектричні матеріали.

Визначимо максимально допустимої потужності  $\gamma$ -випромінювань для кожного елемента, при якій вони не зможуть працювати, а також визначимо елемент, який найбільш чутливий до дії ІВ [21]. Потужність дози для кожного типу елементів, які входять до складу приймально-передавального модуля при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, наведені в таблиці 6.1.

Найбільш чутливим матеріалом до дії ІВ є мікросхема та діелектричні матеріали, згідно таблиці 6.1  $P_{зв} = 10^4 \text{ Рад}/\text{год}$ .

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовується граничне значення рівня радіації  $\gamma$ -випромінювання, яке розраховується за формулою:

$$P_{гран} = K_H \cdot P_{зв} \cdot K_{нос} \quad (6.1)$$

де  $K_H$  – коефіцієнт надійності елементної бази,  $K_H = 0,9 \dots 0,95$ , приймаємо  $K_H = 0,93$ .

Тоді

$$P_{гран} = 0,93 \cdot 10^4 \cdot 3 = 2,79 \cdot 10^4 \text{ (Рад/год)}.$$

Табл. 6.1 – Граничні значення рівнів радіації радіоелементів приймально-передавального модуля

№	Елементи приймально-передавального	$P_{зв_i}$ , Рад/год
1	Транзистори	$10^5$
2	Резистори	$10^6$
3	Діоди	$10^5$
4	Конденсатори	$10^5$
5	Мікросхеми	$10^4$
6	Діелектричні матеріали	$10^4$

Отже, область працездатності потужності дози випромінювання приймально-передавального модуля, в яких пристрій буде ще працювати при лежить в межах від 0 до  $2,79 \cdot 10^4$  Рад/год.

6.3.2 Визначення області працездатності приймально-передавального модуля в умовах дії електромагнітного імпульсу

Вихідні дані:  $U_{ж} = 5$  В – напруга живлення пристрою;

$N = \pm 5\%$  – допустимі коливання напруги живлення;

$l_{г} = 0,2$  м – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми.

Допустиме коливання напруги живлення визначається:

$$U_{дон} = U_{ж} + \frac{U_{ж} \cdot N}{100}, \quad (6.2)$$

$$U_{дон} = 5 + \frac{5 \cdot 20}{100} = 6,2 \text{ (В)}.$$

В якості показника стійкості елементів пристрою до дії ЕМІ використовують коефіцієнт безпеки, який визначається відношенням гранично допустимої напруги  $U_{дон}$  до наведеної напруги, тобто до напруги, яка створена ЕМІ в даних умовах.

Коефіцієнт безпеки

$$K_{\sigma} = 20 \cdot \lg \frac{U_{дон}}{U_{г}} \geq 40 \text{ [дБ]}. \quad (6.3)$$

Для нормальної роботи пристрою має виконуватись умова, виходячи з (9.3), тобто  $K_{\sigma} \geq 40$  дБ.

Плата пристрою розташована в горизонтальній площині [21]. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях виходячи з рівності:

$$20 \lg \frac{U_{дон}}{U_{г}} = 40 \Rightarrow U_{г} = \frac{U_{дон}}{10^{40/20}}, \quad (6.4)$$

$$U_{г} = \frac{6,2}{10} = 0,62 \text{ (В)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma}, \quad (6.5)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}},$$

$$E_B = \frac{0,62}{0,194} = 3,196 \text{ (кВ/м)}.$$

Отже, область працездатності приймально-передавального модуля в умовах дії електромагнітного імпульсу, в якій пристрій буде ще працювати, лежить в межах від 0 до 3,196 кВ/м.

6.3.2 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи приймально-передавального модуля в умовах надзвичайних ситуацій

Головними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості є: застосування в апаратурі радіаційностійких елементів і матеріалів, спеціальних радіаційних екранів або активного захисту від впливу потоків заряджених частинок. При імпульсному впливі іонізуючих випромінювань, крім перерахованих способів використовують: застосування схем, мало критичних до змін електричних параметрів; зниження напруги живлення на аноді і збільшення від'ємної напруги зсуву сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, які містять додаткові радіотехнічні схеми на період впливу радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням і інші.

В захисті від іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Для боротьби з впливом

іонізуючого випромінювання можна використати новітній, що полягає в захисному покритті на поверхнях даних елементів, які опромінюються покриттям з включенням атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної захисної металічної матриці. Аналізуючи вищенаведені розрахунки, можна зробити висновок, що електричні кола приймально-передавального модуля будуть зберігати працездатність при значеннях іонізуючих випромінювань від 0 до  $2,79 \cdot 10^4$  Рад/год. Найкращим серед заходів по підвищенню стійкості роботи приймально-передавального модуля від дії ЕМІ є повне укриття апаратури у екранованому металевим екраном приміщені. Але він може експлуатуватись на транспортних засобах, то бажані інші заходи по захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металічні конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків. Для захисту від проникнення електромагнітного імпульсу в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід до волоконно-оптичних систем зв'язку, на які практично не має вплив ЕМІ. Також для захисту кабельних вводів є встановлення в конструкції вбудованих зенерівських діодів.

Досить важливе значення має захист вводів до споруд таких як: електричних лінії зв'язку включаючи електромережу, водопровідні й опалювальні труби, по яким можливе проникнення наведеного ЕМІ. При дослідженні роботи приймально-передавального модуля було визначено, що безпечна робота його можлива при умові  $E_v \leq 3,196 \text{кВ/м}$ .

Отже при дії іонізуючих випромінювань граничне значення, при якому пристрій зберігає робочий стан, становить  $P_{гран} = 2,79 \cdot 10^4$  Рад/год, а в умовах дії ЕМІ вертикальна складова напруженості електричного поля, при якій пристрій ще здатен працювати, складає  $E_B = 3,196 \text{кВ/м}$ .

#### 6.4 Висновки до розділу

Під час написання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення звукоізоляції приміщення, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки під час проведення розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, безпека в надзвичайних ситуаціях.



## 7. АНАЛІЗ КОМЕРЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОЗРОБКИ (ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ РОЗРОБКИ)

### 7.1 Визначення рівня комерційного потенціалу розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання можна буде зробити висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Таблиця 7.1. - Результати оцінювання комерційного успіху розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Критерії	Експерти		
	д.т.н., професор Семенов А.О.	д.т.н., професор Осадчук О.В.	к.т.н., доцент Гаврілов Д.В.
	Бали, виставлені експертами		
1	1	2	2
2	2	3	2
3	3	2	3
4	2	1	2
5	3	2	2
6	1	3	3
7	2	4	2
8	3	3	3
9	2	2	2
10	4	2	4
11	2	2	3
12	2	3	2
Сума балів	27	29	30
Середньоарифметична сума балів, СБ	29		

Для проведення технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової та споріднених кафедр.

Оцінювання комерційного потенціалу розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції будемо здійснювати за 12-ю критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції заносимо до таблиці 7.1.

За даними таблиці 7.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Таким чином, робимо висновок, щодо рівня комерційного потенціалу нашої розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції – середній.

## 7.2 Визначення рівня якості розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Оцінювання рівня якості розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанта інженерного рішення.

Рівень якості – це кількісна характеристика міри придатності певного виду продукції для задоволення конкретного попиту на неї при порівнянні з відповідними базовими показниками за фіксованих умов споживання.

Абсолютний рівень якості розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції знаходимо обчисленням вибраних для її вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати розробка, вимоги замовника до неї, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо).

Далі визначаємо величину параметрів якості в балах та встановлюємо граничні його значення (кращі, гірші, середні). Всі ці дані для кожного параметра заносимо в табл. 7.3.

Із врахуванням коефіцієнтів вагомості відповідних параметрів можна визначити абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{я.а.} = \sum_{i=1}^n P_n i \cdot a_i, \quad (7.1)$$

де  $R_{ni}$  – числове значення  $i$ -го параметра інноваційного рішення,  $n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання,  $a_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра (сума коефіцієнтів вагомості всіх параметрів повинна дорівнювати 1).

Таблиця 7.3 – Основні параметри приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Показники	Одиниця виміру	РадиоБИТ РБ-020, МЭЗ, (Росія)	Пристрій, що проектується
1. Споживаний струм	мА	250	15
2. Вихідна частота	МГц	Двух проводна лінія	29,7
5. Діапазон відтворюваних частот	Гц	300..3100	300..3100
6. Споживана потужність	Вт	3,7	0,135
7. Маса	кг	2	0,1
8. Габаритні розміри Ш x В x Д	мм	224x199x72	10x5x3

Отже, абсолютний рівень якості приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції становитиме – 5 балів.

Одночасно визначаємо відносний рівень якості приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, що виробляється (проектується), порівнюючи її показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів (товарів-конкурентів) (табл. 7.4).

Відносний рівень якості приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції визначаємо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_i, \quad (7.2)$$

За розрахунками відносний рівень якості приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції становитиме – 17,1. Це означає, що наша розробка краща за якістю в 17 разів від товару-аналога.

Таблиця 7.4 – Основні параметри приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції та товару-конкурента

Показники	Одиниця виміру	Аналог	Новий прилад	$\beta$	$\alpha$
1. Споживаний струм	мА	250	15	16	0,2
2. Вихідна частота	МГц	Двух проводна лінія	29,7	1	0,1
3. Діапазон відтворюваних частот	Гц	300..3100	300..3100	1	0,1
4. Споживана потужність	Вт	3,7	0,135	27,4	0,2
5. Маса	кг	2	0,1	20	0,3
6. Габаритні розміри Ш х В х Д	мм	224x199x72	10x5x3	22	0,1

7.3 Визначення конкурентоспроможності розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

У найширшому розумінні конкурентоспроможність товару – це можливість його успішного продажу на певному ринку і в певний проміжок часу. Водночас конкурентоспроможною можна вважати лише однорідну

продукцію з технічними параметрами і техніко-економічними показниками, що ідентичні аналогічним показникам уже проданого товару. Для того, щоб високоякісний товар був одночасно і конкурентоспроможним, він має відповідати критеріям оцінювання споживачів конкретного ринку в конкретний час.

Дані для розрахунку загального показника конкурентоспроможності розробки необхідно занести до таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Нормативні, технічні та економічні параметри приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції і товару-конкурента

Показники	Одиниця виміру	Аналог	Новий прилад	$\beta$	$\alpha$
1. Споживаний струм	мА	250	15	16	0,2
2. Вихідна частота	МГц	Двух проводна лінія	29,7		0,1
3. Діапазон відтворених частот	Гц	300..3100	300..3100	1	0,1
4. Споживана потужність	Вт	3,7	0,135	27,4	0,2
5. Маса	кг	2	0,1	20	0,3
6. Габаритні розміри Ш x В x Д	мм	224x199x72	10x5x3	22	0,1
7. Ціна	грн.	340	100	0,29	-

Загальний показник конкурентоспроможності розробки ( $K$ ) з урахуванням вищезазначених груп показників визначаємо за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}} = \frac{17,1}{0,29} = 59, \quad (7.3)$$

де  $I_{т.п.}$  – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  $I_{е.п.}$  – індекс економічних параметрів.

$$I_{е.п.} = \frac{P_{Hei}}{P_{Bei}} = \frac{100}{340} = 0,29, \quad (7.4)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Згідно розрахунків загальний показник конкурентоспроможності – 59 . Це означає, що наша розробка приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції більш конкурентна в 59 разів від товару-аналога.

7.4 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи

7.4.1 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників)  $Z_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (7.5)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.

У 2019 році величини окладів (разом з встановленими доплатами і надбавками) рекомендується брати в межах (5000...10000) грн. за місяць;  $T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p = (21...23)$  дні;  $t$  – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Заробітна плата розробників

Посада	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	10000	455	5	2275
Інженер-програміст	7500	341	5	1705
Консультанти	5000	227	5	1135
Всього:				5115

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i, \quad (7.6)$$

де  $t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;  $n$  – число робіт по видах та розрядах;  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу.  $C_i$  визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (7.7)$$

де  $M_m$  – розмір мінімальної заробітної плати за місяць, грн.; в 2019 році мінімальна заробітна плата становить – 4173 грн.,  $K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду,  $T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p = 21 \dots 23$  дні;  $T_{zm}$  – тривалість зміни, зазвичай  $T_{zm} = 8$  годин.



Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці:

Таблиця 7.6.1-Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
Кі	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54	1,64

Таблиця 7.7 – Заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн
1. Виготовлення заготовок	1	4	30	30
2. Свердління	0,3	3	28	8,4
3. Металізація перехідних отворів	0,5	4	30	15
4. Нанесення фоторезисту	0,5	3	28	14
5. Експонування	0,5	3	28	14
6. Травлення	1	3	28	28
7. Промивання	0,4	3	28	11,2
8. Сушка	0,4	3	28	11,2
9. Луження	0,2	3	28	5,6
10.Монтажні	2	4	30	60
11. Налагоджувальні	1	4	30	30
12. Випробувальні	4	4	30	120
Всього				347,4

Додаткова заробітна плата Зд всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховується як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників, тобто:

$$Зд = 0,1 \cdot (Зр + Зо) = 0,1 \cdot (5115 + 347,4) = 546,2 \text{ грн.} \quad (7.8)$$

Нарахування на заробітну плату Нзп розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

де  $Z_0$  – основна заробітна плата розробників, грн.;  $Z_p$  – основна заробітна плата робітників, грн.;  $Z_d$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;  $\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % (приймаємо для 1-го класу професійності ризику 22%).

$$H_{zn} = 0,22 \cdot (Z_p + Z_0 + Z_d) = 0,22 \cdot (5115 + 347,4 + 546,2) = 1322 \text{ грн.} \quad (7.9)$$

Амортизація обладнання, комп’ютерів та приміщень А, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування А в цілому бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot N_a \cdot T}{100 \cdot 12},$$

де  $Ц$  – загальна балансова вартість всього обладнання, комп’ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.;  $N_a$  – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що  $N_a = (10...25)\%$ ;  $T$  – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Таблиця 7.8 - Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Генератор	10000	20	3	500
Частотомір	10000	20	3	500
Блок живлення	3000	20	3	150
Осцилограф	10000	20	3	500
Приміщення	50000	10	3	1250
Всього	2900			

Витрати на матеріали  $M$ , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$M = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \text{ грн}$$

де  $N_i$  – кількість матеріалу  $i$ -го виду, шт.;  $C_i$  – ціна матеріалу  $i$ -го виду, грн.;  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ ;  $n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 7.9 - Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за од., грн.	Норма витрат на шт., грн.	Вартість витр., грн.
1. Склотекстоліт СФ-2-35 – 1,5	200	0,035	7
2. Розчин соляної кислоти	80	0,1	8
3. Дистильована вода	20	4	80
4. Фоторезист СПФ-2	300	0,05	15
5. Лак УР-231	140	0,05	7
6. Розчин хлористого палладія	70	0,1	7
7. Розчин двухлористого олова	60	0,1	6
8. Розчинник 386	150	0,1	15
9. Розчин борної кислоти	60	0,1	6
10. Розчин борфтористоводневої міді	70	0,1	7
11. Розчин персульфат аммонія	35	0,1	3,5
12. Розчин водного амміаку	30	0,1	3
13. Спирт етиловий	260	0,15	39
14. Флюс ВФ-130	68	0,05	3,4
15. Сплав РОЗЕ	150	0,05	7,5
16. Припой ПОС-61	60	0,1	6
17. Бензосуміш	37	0,2	7,4
18. Гідроксид калія	240	0,05	12
19. Дріт монтажний НВМ	5	0,7	3,5
Всього, з урахуванням коефіцієнта транспортних витрат		267,6	

Таблиця 7.10 - Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування комплектуючого	Тип	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
1. Діоди	КЦ 405Е	1	8	8
2. Трансформатор	ТП-121-8	1	90	90
3. Мікросхеми	КР142ЕН8Е	1	8,5	8,5
	КР1162ЕН15	1	15	15
	КР544УД1А	2	32	64
	К544СА3	1	9	9
	КР1108ПП1	1	85	85
	К1003ПП1	1	17	17
	К561ЛН2	2	13	26
	К561КТ3	3	8	24
4. Конденсатори	К10-176-25В±20%	11	3,5	38,5
	К10-176-25В±5%	1	4,5	4,5
	К50-35-25В±20%	4	3,5	14
5. Світлодіоди	АЛ307ВМ	13	1,5	19,5
6. Резистори постійні	С2-23-0,125 ± 20%	35	1,5	52,5
	С2-23-0,125± 5%	2	2,5	5
	С2-29-0,125 ± 0,5%	1	3,5	3,5
7. Резистори змінні	СПЗ-23А-0,25Вт± 20%	12	4,5	54
	СПЗ-331-0,25Вт± 20%	1	3	3
8. Резистори підстроювальні	СПЗ-19А-0,25Вт± 20%	2	2,5	5
9. Роз'єми	IDC 2x13М	4	4	16
	IDC 2x13F	4	4	16
	Шлейф IDC 26x10cm	2	4	8
10. Гвинти	М4 ГОСТ 14474-80	4	0,5	2
11. Гайки	М4 ГОСТ 15521-70	4	0,5	2
12. Шайби	М4 ГОСТ 10450-78	8	0,2	1,6
Всього, з врахування коефіцієнта транспортних витрат				632

Витрати на комплектуючі К, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \text{ грн}$$

де  $N_i$  – кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;  $C_i$  – ціна комплектуючих  $i$ -го виду, грн.;  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ ;  $n$  – кількість видів комплектуючих.

Потужність обладнання складає – 2,5 кВт.

Кількість годин роботи складає – 315 годин.

Коефіцієнт викор. потужності -0,8.

$V_e = 5324$  грн.

Інші витрати  $V_{in}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати  $I_v$  можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які були виконували дану роботу, тобто:

$$I_v = 1 \cdot (Z_o + Z_p) = 1 \cdot (5115 + 347,4) = 5462,4 \text{ грн.} \quad (7.10)$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати на виконання даної частини (розділу, етапу) роботи –  $V$ .

$$V = 21916 \text{ грн.}$$

7.4.2 Розрахунок загальних витрат на розробку приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за Взаг формулою:

$$V_{заг} = \frac{I_v}{\alpha} = \frac{5462,4}{0,6} = 9104 \text{ грн.} \quad (7.11)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях.

7.4.3 Прогнозування витрат на виконання та впровадження приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Прогнозування загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції здійснюється за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\beta} = \frac{9104}{0,5} = 18208 \text{ грн}, \quad (7.12)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$ ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$ ; на стадії розробки конструкторської документації, то  $\beta \approx 0,3$ ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$ ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$ ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$ ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,9$ .

7.4.4 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

З метою прогнозування комерційних ефектів від реалізації приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції складемо таблицю вихідних показників, за рахунок яких і відбудуватиметься отримання комерційного ефекту.

Таблиця 7.11 – Вихідні дані для прогнозування комерційного ефекту від реалізації приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Рік реалізації розробки	1	2	3
Кількість од. реалізації, шт.	200	500	700

Величина зростання ціни реалізації приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, грн. – 240 грн.

Кількість продукції, що випускалась до впровадження приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції – 300 шт.

Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Pi_i$  для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot N) i \cdot \rho \cdot \gamma \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) \quad (7.13)$$

де  $\Delta C_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки;  $N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;  $\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;  $C_0$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;  $n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;  $\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2018 р. ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт – 0,8333. З 2014 року ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 17%, а коефіцієнт – 0,8547;  $\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати – 0,2...0,3;  $v$  – ставка

податку на прибуток. У 2018 році – 21%, у 2013 році – 19%, а з 2014 року – 16%.

Збільшення чистого прибутку підприємства Пі протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1=20587 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства Пі протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2= 101530 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_3=131060 \text{ грн.}$$

7.5. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності

7.5.1 Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій у розробку приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (7.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.; PV – теперішня вартість інвестицій  $PV = ZB$ , грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:



$$ПП = \sum_1^m \frac{\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (7.15)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн.;  $t$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;  $\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;  $t$  – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$ПП = 151065 \text{ грн.},$$

$$E_{абс} = 151065 - 18208 = 132857 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{абс} > 0$ , то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції.

7.5.2 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Для цього користуються формулою:

$$E_{в} = \sqrt[1+\tau]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (7.16)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.;  $PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн.;  $T_{ж}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_{в} = 0,93$$

Далі, розрахована величина  $E_{в}$  порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (7.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні  $d = (0,14...0,2)$ ;  $f$  – показник, що характеризує

ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05...0,1)$ , але може бути і значно більше.

$$E_e = 0,93 \geq \tau = 0,2 + 0,1 = 0,3.$$

Оскільки величина  $E_e > \tau_{\text{мін}}$ , то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

7.5.3 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій Ток можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e} = \frac{1}{0,93} = 1,1 \text{ року.} \quad (7.18)$$

Оскільки  $T_{ок} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проведено проектування пристрою бездротового дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією, удосконалено схему технічні та параметричні особливості пристрою.

Виконаний аналіз промислових аналогів цього типу пристроїв, та здійснений огляд всіх можливих схем дистанційного керування радіостанціями.

Проведений розрахунок характеристик підсилювачів передавального модуля, та моделювання фільтру високих частот, що дало змогу переконатися в правильності обраного схеми технічного рішення.

В магістерській роботі використано сучасні мікросхеми з великим ступенем інтеграції, зокрема фільтр низьких частот 8 порядку, з характеристикою Батерворта, на перемикаючих конденсаторах, що виконаний в малогабаритному корпусі для поверхневого монтажу.

Також, розглянуто загальний принцип роботи системи дистанційного керування радіозв'язковою радіостанцією.

Наведено обґрунтування та проведені відповідні економічні розрахунки, що підтверджують економічну доцільність розробки.

Розроблені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності. Зокрема наводиться аналіз шкідливих, небезпечних і уражаючих для людини і навколишнього середовища факторів, які виникають під час проведення розробки приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції

Всі етапи роботи супроводжувались ретельними дослідженнями з використанням системного підходу при розробці як технічної, так і економічної частини.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кауфмон М. Сидман А. Практическое руководство по расчётам в электротехнике. – Справочник, т.2, М: Энергоатомиздат, 1993, - 287 с.
2. Демин А.А., Маркин В.В., Масленников В.В., Сироткин А.П. - Активные избирательные устройства радиоаппаратуры. – М.: Радио и связь, 1987, - 216 с.
3. Козловский В.О. Техніко – економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Вінниця ВДТУ, 2003, - 74 с.
4. Белецкий А.Ф. Теория линейных электрических цепей. – М.: Радио и связь, 1986, - 543 с.
5. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники / под ред. Б.Х. Кривицкого – М.: Энергия, 1977, т.2, - 471 с.
6. Чуа Л.О., Пен-Мин-Лин. Машинный анализ электронных схем. – М.: “Энергия”, 1980, - 638 с.
7. Влах Н., Сингхал К. Машинные методы анализа и проектирования электрических схем. – М.: Радио и связь, 1988, - 560 с.
8. Капустян В.И. Активные РС – фильтры высокого порядка. – М.: Радио и связь, 1985, - 246 с.
9. ГОСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
10. ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
11. ДБН В.2.5-28-2006.-Природне і штучне освітлення.- К.: Мінбуд України, 2006 – 76 с.
12. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
13. ДСН 3.3.6.039–99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

14. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Общие требования безопасности.
15. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи, т.1. — Київ, 1997, 560 с.
16. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взры-вопожарной и пожарной опасности. - М.: ВНИИПО МВД СССР. - 25с.
17. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
18. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания.
19. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Навчальний посібник – Вінниця: ВДТУ, 2001 – 109 с.
20. Демиденко Г. П. Справочник. Защита объектов народного хозяйства от орудия массового поражения – К.: Высшая школа, 1989.
21. В.О. Козловський. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунк в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник – Вінниця ВДТУ 2003 – 76
22. Р.Граф. Электронные схемы 1300 примеров, - М.: Мир, 1989 – 686 с.: ил.
23. Цифровые и аналоговые интегральные схемы: Справочник/ С.В.Якубовский, Л.И.Нисельсон, В.И.Кулешова и др., под ред. С.В.Якубовский. – М.: Радио и связь, 1989 – 496 с.: ил.
24. Гершинский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. – “Вища школа”, 1983 – 240 с.: ил.
25. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник/ К.М.Бережнева, Б.И.Гантман, Т.И.Давидова и др. Под ред. Б.Л.Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.: ил.
26. Терещук Р.М. и др. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справочник радиолюбителя, Р.М.Терещук.. 4-е изд. - К: ”Наукова думка”, 1988 – 800 с.: ил.

Додаток А  
(обов'язковий)

ВНТУ

ПОГОДЖЕНО

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри РТ ВНТУ,  
докт. техн. наук, професор  
О.В. Осадчук

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
**Розробка приймально-передавального модуля**  
**для контролю стану радіостанції**

08-36.МКР.007.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н. доцент

\_\_\_\_\_ Гаврілов Д. В.  
(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Виконавець: студент гр. РТ-18м

\_\_\_\_\_ Чорний М.М.  
(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінниця 2019

## 1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету №\_\_\_ від \_\_\_\_.2019 р. та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: \_\_.\_\_.201\_\_р.

Дата закінчення: \_\_.\_\_.2019 р.

## 2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

**Метою роботи** є розрахунок та розробка приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції і моделювання його частотних характеристик на OEM.

**Об'єктом дослідження** є розробка теоретичних засад, методів та засобів для приймання та передавання радіотехнічних сигналів.

**Предметом дослідження** – приймально-передавальні модулі для контролю стану радіостанції на основі сучасних спеціалізованих мікросхем та високонадійних напівпровідникових структур.

В магістерській кваліфікаційній роботі для досягнення поставленої мети **розв'язуються такі завдання:**

1. Проведення аналізу сучасного стану розробки приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції та виявлено базові переваги та недоліки приладів, що вже існують.

2. Попередній розрахунок структурної схеми приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції, що включає в себе розробку таких блоків та вузлів: передавального модуля, приймального модуля, фільтру високих частот.

3. Електричний розрахунок підсилювачів приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції.

4. Проведення експериментальних досліджень підсилювачів передавального модуля. Оцінювання роботи фільтру високих частот за допомогою системи автоматизованого проектування показало, що задані

параметри відповідають умовам технічного завдання та принципу роботи пристрою в цілому.

5. Розробка блоків приймально-передавального модуля для контролю стану радіостанції з застосуванням нової елементної бази, дозволить розширити та діапазон роботи пристрою, при покращенні масо-габаритних властивостей.

### 3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Джерела розробки:

1. Кауфмон М. Сидман А. Практическое руководство по расчётам в электротехнике. – Справочник, т.2, М: Энергоатомиздат, 1993, - 287 с.
2. Демин А.А., Маркин В.В., Масленников В.В., Сироткин А.П. - Активные избирательные устройства радиоаппаратуры. – М.: Радио и связь, 1987, - 216 с.
3. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники / под ред. Б.Х. Кривицкого – М.: Энергия, 1977, т.2, - 471 с.
4. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП II-4-79) НИИСФ - М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.
5. ГОСТ 12.1.005 - 88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
6. ОНТП 24-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования.
7. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
8. В.О. Козловський. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник – Вінниця ВДГУ 2003 – 76



9. Р.Граф. Электронные схемы 1300 примеров, - М.: Мир, 1989 – 686 с.: ил.
10. Цифровые и аналоговые интегральные схемы: Справочник/ С.В.Якубовский, Л.И.Нисельсон, В.И.Кулешова и др., под ред. С.В.Якубовский. – М.: Радио и связь, 1989 – 496 с.: ил.
11. Гершинский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. – “Вища школа”, 1983 – 240 с.: ил.
12. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник/ К.М.Бережнева, Б.И.Гантман, Т.И.Давидова и др. Под ред. Б.Л.Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.: ил.
13. Терещук Р.М. и др. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справочник радиолюбителя, Р.М.Терещук.. 4-е изд. - К: ”Наукова думка”, 1988 – 800 с.: ил.

#### 4 ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра радіотехніки, студент групи РТ-18м Чорний М.М.

#### 5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Приймально-передавальний модуль для контролю стану радіостанції виготовляється в стаціонарному виконанні

1. Кількість каналів передачі 2;
2. Носійна частота 29,7МГц;
3. Частотний діапазон ( $f_{\text{мовне}} - f_{\text{керуюче}}$ ), Гц –  $f_{\text{мовне}} = 0,1 \dots 3100$ ,  $f_{\text{керуюче}} = 5\text{кГц}$ ;
4. Модуляція – вузько смугова ЧМ;
5. Режим роботи пристрою – сіплекс;
6. Коефіцієнт частотних спотворень в області мовного сигналу, дБ – 0,5

## 6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Огляд літературних джерел. Вибір та узгодження теми МКР	02.09.2019	15.09.2019	Проведено огляд літературних джерел. Вибрана тема	Узгодження теми МКР по кафедрі
2.	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	16.09.2019	22.09.2019	Аналіз літературних джерел. Підготовлений матеріал основних розділів	Вступ
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	23.09.2019	02.10.2019	Розроблене ТЗ	Наказ ВНТУ про затвердження теми Додаток А
4.	Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми	03.09.2019	20.10.2019	Проведений аналіз. Розроблені схеми пристрою	Вступ Розділ 1-2. Звіт з переддипломної практики
5.	Електричні розрахунки. Експериментальні дослідження	21.10.2019	29.10.2019	Проведені розрахунки та дослідження	Розділ 3
6.	Розділи моделювання	30.10.2019	03.11.2019	Проведено моделювання	Результати моделювання
7.	Розробка графічної частини МКР	04.11.2019	10.11.2019	Плакати. Структурні та електричні схеми	Графічна частина
8.	Охорона праці (ОП)	11.11.2019	15.11.2019	Частина БЖД	Розділ 4
9.	Аналіз економічної ефективності розробки	16.11.2019	22.11.2019	Економічна частина	Розділ 5
10.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	23.11.2019	27.11.2019	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
11.	Нормоконтроль	28.11.2019	29.11.2019	Підпис нормоконтроля	Оформлена ПЗ та графічна частина
12.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	02.12.2019	06.12.2019	Позитивні відзиви	Відзив. Рецензія
13.	Захист МКР ЕК	09.12.2019	17.12.2019	Позитивний захист	Протокол ЕК

## 7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

У результаті виконання роботи будуть розроблені:

- математичне моделювання основних характеристик приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції;
- нові межі використання приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції;
- розділ безпеки життєдіяльності і ЦЗ;
- економічна частина МКР.

Результати, отримані в процесі виконання даної роботи, можуть бути впроваджені в різних галузях науки і техніки.

## 8 МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відгук керівника і рецензія.

## 9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

## 10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

- дослідження поставленого питання;

- проектування розроблюваних приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції;
- методи дослідження приймально-передавальних модулів для контролю стану радіостанції;
- економічну частину та розділ ОП та БвНС.

## 11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

Додаток Б  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції  
Схема електрична структурна

Додаток В  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Схема електрична принципова

Додаток Г  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Перелік елементів

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Конденсатори</u>		
C1	47нФ ± 10% NPO 0805	1	
C2, C13, C39	10нФ ± 10% NPO 0805	3	
C3, C4, C16, C30	1мкФ ± 10% X7R 0805	4	
C5, C14, C15	0,1мкФ ± 10% NPO 0805	3	
C6, C7, C11, C31, C36	1000пФ ± 10% NPO 0805	5	
C9, C10	47нФ ± 10% NPO 0805	2	
C8	47мкФ ± 10% SMD	1	
C9	1нФ ± 10% NPO 0805	1	
C10, C49	22нФ ± 10% NPO 0805	2	
C12, C43, C45, C47, C48, C50	0,1мкФ ± 10% NPO 0805	6	
C17, C18	4700пФ ± 10% NPO 0805	2	
C19	470пФ ± 10% NPO 0805	1	
C20	10пФ ± 10% NPO 0805	1	
C21, C23	100нФ ± 10% NPO 0805	2	
C22	16пФ ± 10% NPO 0805	1	
C24, C28, C33, C40, C57	200пФ ± 10% NPO 0805	5	
C25, C29, C34, C41	68пФ ± 10% NPO 0805	4	
C26	47пФ ± 10% NPO 0805	1	
C27, C32, C35, C38, C56	CVN6A005A NPO	5	
C37	56пФ ± 10% NPO 0805	1	
C42	470пФ ± 10% NPO 0805	1	
C44	330пФ ± 10% NPO 0805	1	
C46	3,9нФ ± 10% NPO 0805	1	
C51	180пФ ± 10% NPO 0805	1	
C52	3,3нФ ± 10% NPO 0805	1	

C58	47пФ ± 10%	NPO	0805		1			
<b>08-36.МКР.007.00.000 ПЕЗ</b>								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чорний М.М.				Розробка приймально- передавального модуля для контролю стану радіостанції Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаврілов Д.В.						1	2
Реценз.	Слободян І.В..							
Н. Контр.	Шутило М.А.							
Затверд.	Осадчук О.В.							
						<b>ВНТУ, зр РТ-18м</b>		



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка 111
<u>Транзистори</u>			
R1, R15, R18, D20, D40	1кОм -3 ±5% 0805	5	
R2, R4	82кОм -3 ±5% 0805	2	
R3, R5, R16, D17, D26, D27	100кОм -3 ±5% 0805	7	
R43			
R6, R8	1.5кОм -3 ±5% 0805	2	
R7, R9	2.2кОм -3 ±5% 0805	2	
R10-R12, R14, D22, D25, D26	10кОм -3 ±5% 0805	10	
R37, R41, R44			
R13, R19, R20	13кОм -3 ±5% 0805	3	
R21	4.3кОм -3 ±5% 0805	1	
R22	6.8кОм -3 ±5% 0805	1	
R24	560 Ом -3 ±5% 0805	1	
R25	2.7кОм -3 ±5% 0805	1	
R28	120кОм -3 ±5% 0805	1	
R29	150Ом -3 ±5% 0805	1	
R31	390кОм -3 ±5% 0805	1	
R32	43кОм -3 ±5% 0805	1	
R33	16кОм -3 ±5% 0805	1	
R34, R42	510кОм -3 ±5% 0805	2	
R38	22кОм -3 ±5% 0805	1	
R39	11кОм -3 ±5% 0805	1	
<u>Котушки</u>			
L1	100мкГн	1	
L2, L3, L4, L5, L6	563нГн	5	
<u>Транзистори</u>			
VT1, VT2	BC847	2	SOT23N
VT3	BC857	1	SOT23N
VT4	BC817	1	SOT23N
			Арк.
<i>08-36.МКР.007.00.000 ПЕЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис
			Дата



Додаток Д  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Плата друкована

Додаток Ж  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Складальне креслення

Додаток К  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Результати моделювання

Додаток Л  
(обов'язковий)

Розробка приймально-передавального модуля  
для контролю стану радіостанції

Характеристики базових елементів

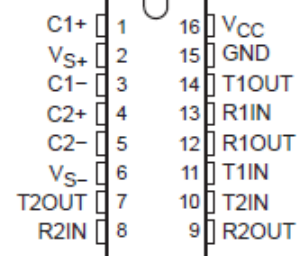


## MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- $\mu$ F Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- $\pm 30$ -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- $\mu$ F Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
  - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE  
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)



### description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept  $\pm 30$ -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

### ORDERING INFORMATION

T <sub>A</sub>	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
		Tube of 40	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Reel of 2500	MAX232DR	
		SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW
	Reel of 2000		MAX232DWR	
-40°C to 85°C	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
		SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID
	Reel of 2500		MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated



## MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

### absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, $V_{CC}$ (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, $V_{S+}$	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, $V_{S-}$	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, $V_I$ : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	±30 V
Output voltage range, $V_O$ : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Notes 2 and 3): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Operating virtual junction temperature, $T_J$	150°C
Storage temperature range, $T_{stg}$	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltages are with respect to network GND.

2. Maximum power dissipation is a function of  $T_J(\max)$ ,  $\theta_{JA}$ , and  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is  $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$ . Operating at the absolute maximum  $T_J$  of 150°C can affect reliability.

3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

### recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
$V_{CC}$	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
$V_{IH}$	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
$V_{IL}$	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			±30	V
$T_A$	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

### electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 4 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
$I_{CC}$ Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, All outputs open, $T_A = 25^\circ$ C		8	10	mA

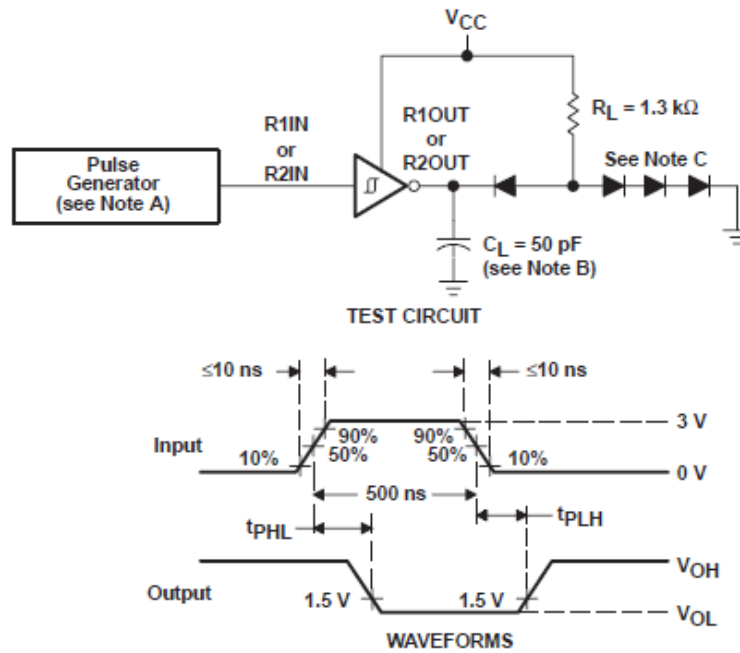
‡ All typical values are at  $V_{CC} = 5$  V and  $T_A = 25^\circ$ C.

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1  $\mu$ F at  $V_{CC} = 5$  V  $\pm$  0.5 V.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



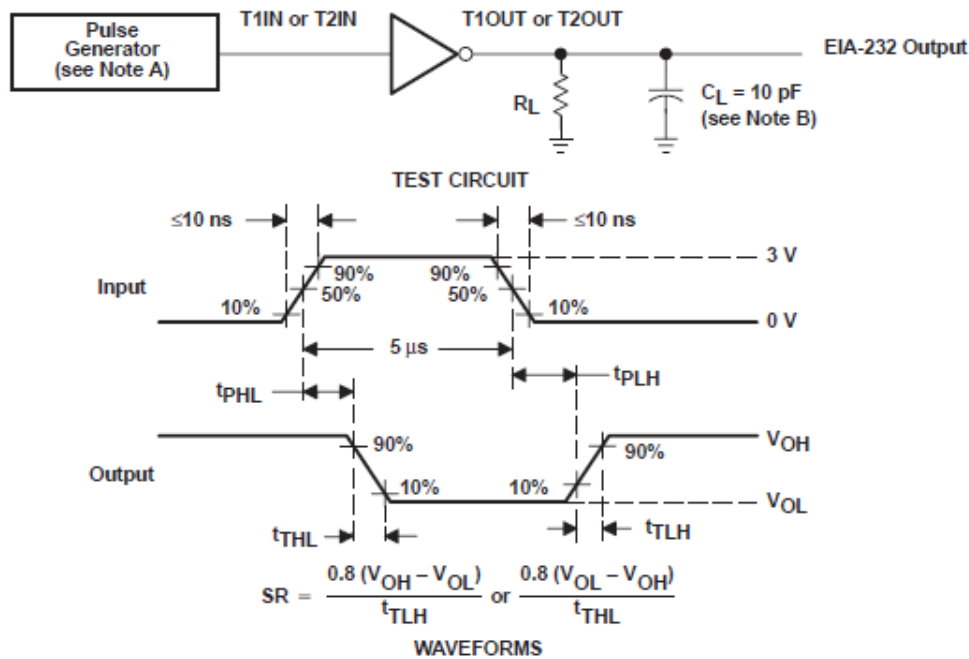
- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .  
 B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.  
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for  $t_{PHL}$  and  $t_{PLH}$  Measurements

## MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

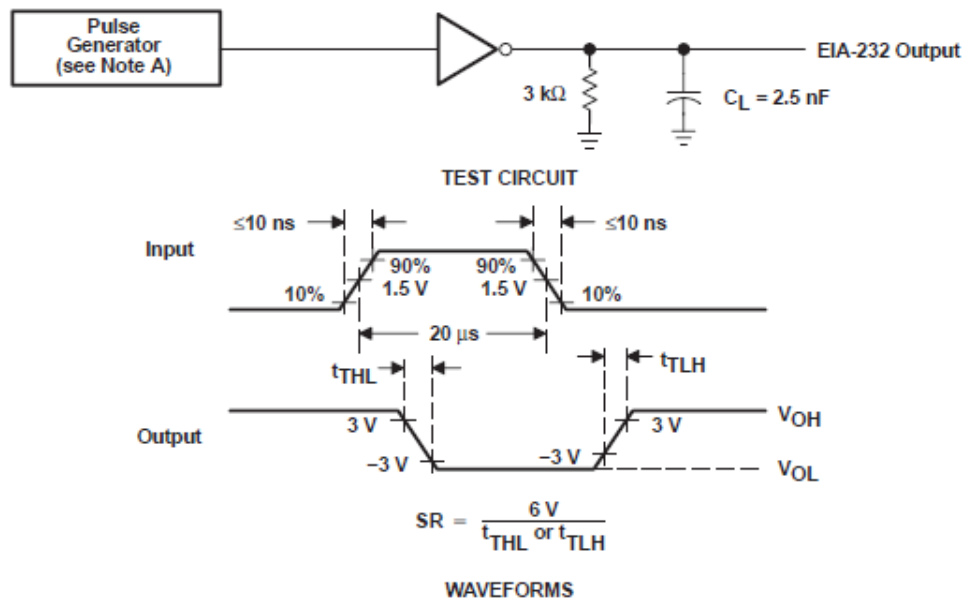
SLLS047L - FEBRUARY 1988 - REVISED MARCH 2004

### PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .  
B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for  $t_{PHL}$  and  $t_{PLH}$  Measurements (5- $\mu\text{s}$  Input)

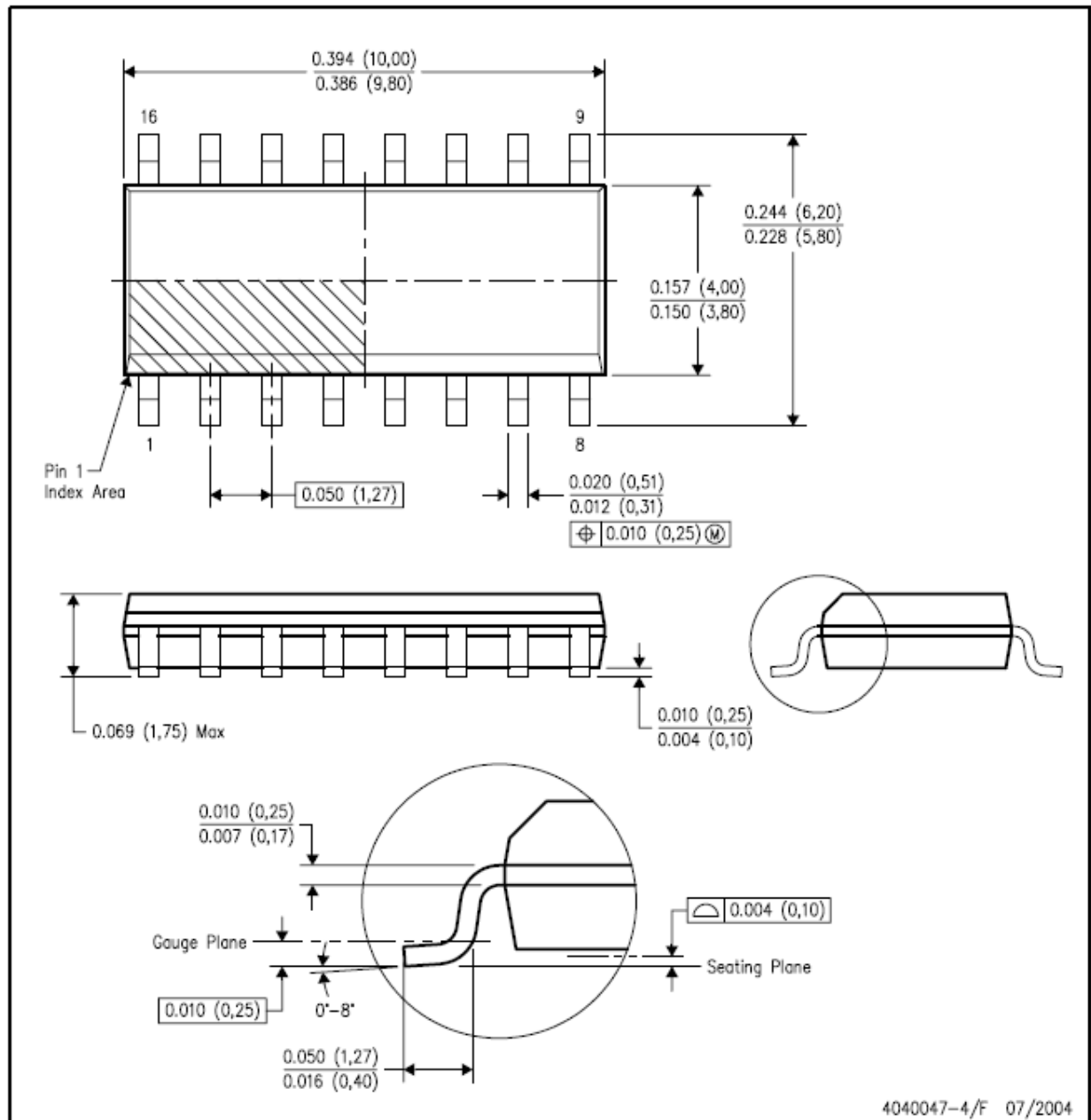


NOTE A: The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for  $t_{THL}$  and  $t_{TLH}$  Measurements (20- $\mu\text{s}$  Input)

## D (R-PDSO-G16)

## PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
  - Falls within JEDEC MS-012 variation AC.



# LPC2101/2102/2103

Single-chip 16-bit/32-bit microcontrollers; 8 kB/16 kB/32 kB flash with ISP/IAP, fast ports and 10-bit ADC

Rev. 01 — 18 January 2006

Preliminary data sheet

## 1. General description

The LPC2101/2102/2103 microcontrollers are based on a 16-bit/32-bit ARM7TDMI-S CPU with real-time emulation that combines the microcontroller with 8 kB, 16 kB or 32 kB of embedded high-speed flash memory. A 128-bit wide memory interface and a unique accelerator architecture enable 32-bit code execution at the maximum clock rate. For critical performance in interrupt service routines and DSP algorithms, this increases performance up to 30 % over Thumb mode. For critical code size applications, the alternative 16-bit Thumb mode reduces code by more than 30 % with minimal performance penalty.

Due to their tiny size and low power consumption, the LPC2101/2102/2103 are ideal for applications where miniaturization is a key requirement. A blend of serial communications interfaces ranging from multiple UARTs, SPI to SSP and two I<sup>2</sup>C-buses, combined with on-chip SRAM of 2 kB/4 kB/8 kB, make these devices very well suited for communication gateways and protocol converters. The superior performance also makes these devices suitable for use as math coprocessors. Various 32-bit and 16-bit timers, an improved 10-bit ADC, PWM features through output match on all timers, and 32 fast GPIO lines with up to nine edge or level sensitive external interrupt pins make these microcontrollers particularly suitable for industrial control and medical systems.

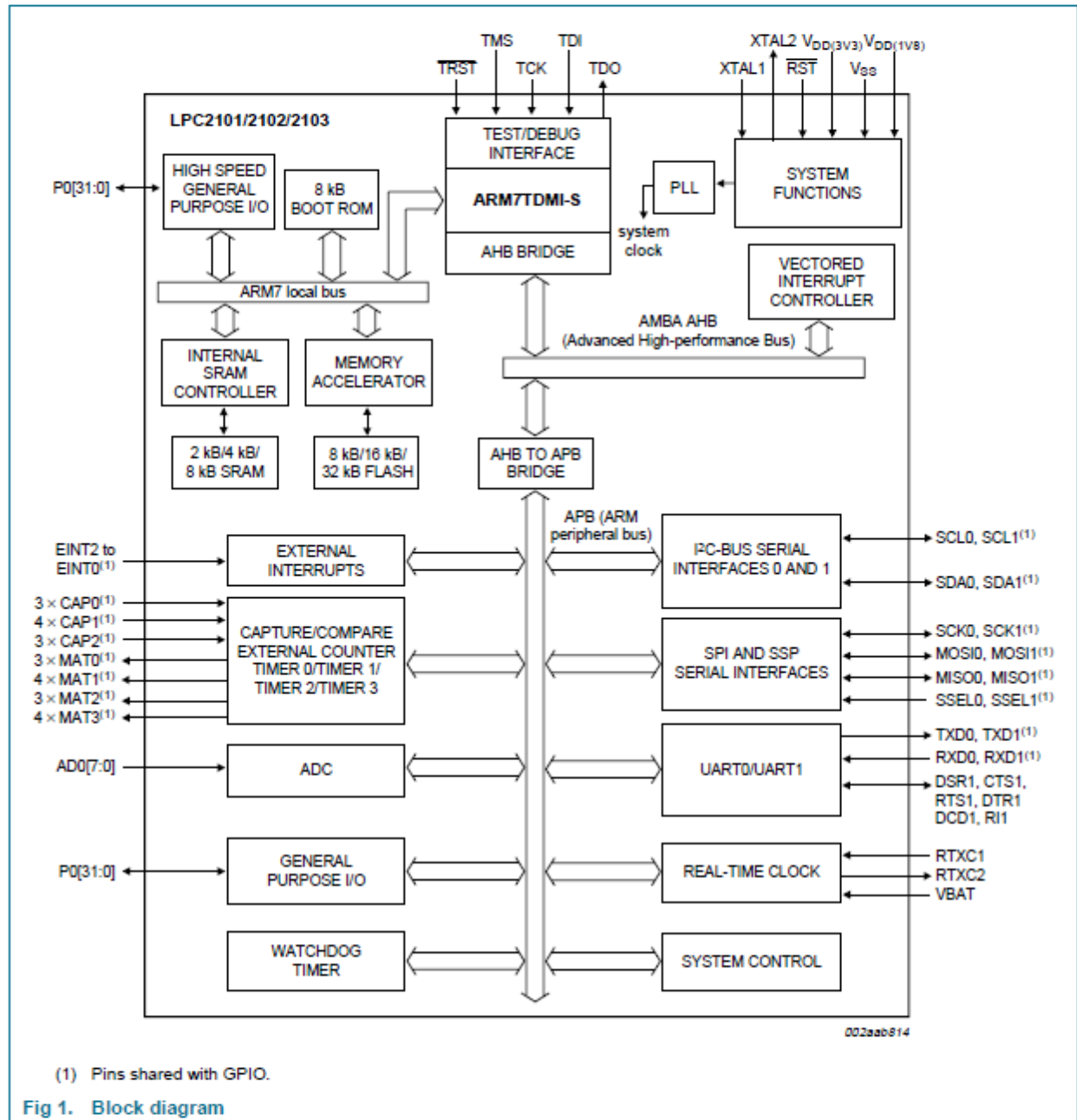
## 2. Features

### 2.1 Key features

- 16-bit/32-bit ARM7TDMI-S microcontroller in a tiny LQFP48 package.
- 2 kB/4 kB/8 kB of on-chip static RAM and 8 kB/16 kB/32 kB of on-chip flash program memory. 128-bit wide interface/accelerator enables high-speed 70 MHz operation.
- ISP/IAP via on-chip bootloader software. Single flash sector or full chip erase in 100 ms and programming of 256 bytes in 1 ms.
- EmbeddedICE RT offers real-time debugging with the on-chip RealMonitor software.
- The 10-bit A/D converter provides eight analog inputs, with conversion times as low as 2.44 μs per channel and dedicated result registers to minimize interrupt overhead.
- Two 32-bit timers/external event counters with combined seven capture and seven compare channels.
- Two 16-bit timers/external event counters with combined three capture and seven compare channels.
- Low power Real-Time Clock (RTC) with independent power and dedicated 32 kHz clock input.
- Multiple serial interfaces including two UARTs (16C550), two Fast I<sup>2</sup>C-buses (400 kbit/s), SPI and SSP with buffering and variable data length capabilities.

# PHILIPS

## 4. Block diagram



## 5. Pinning information

### 5.1 Pinning

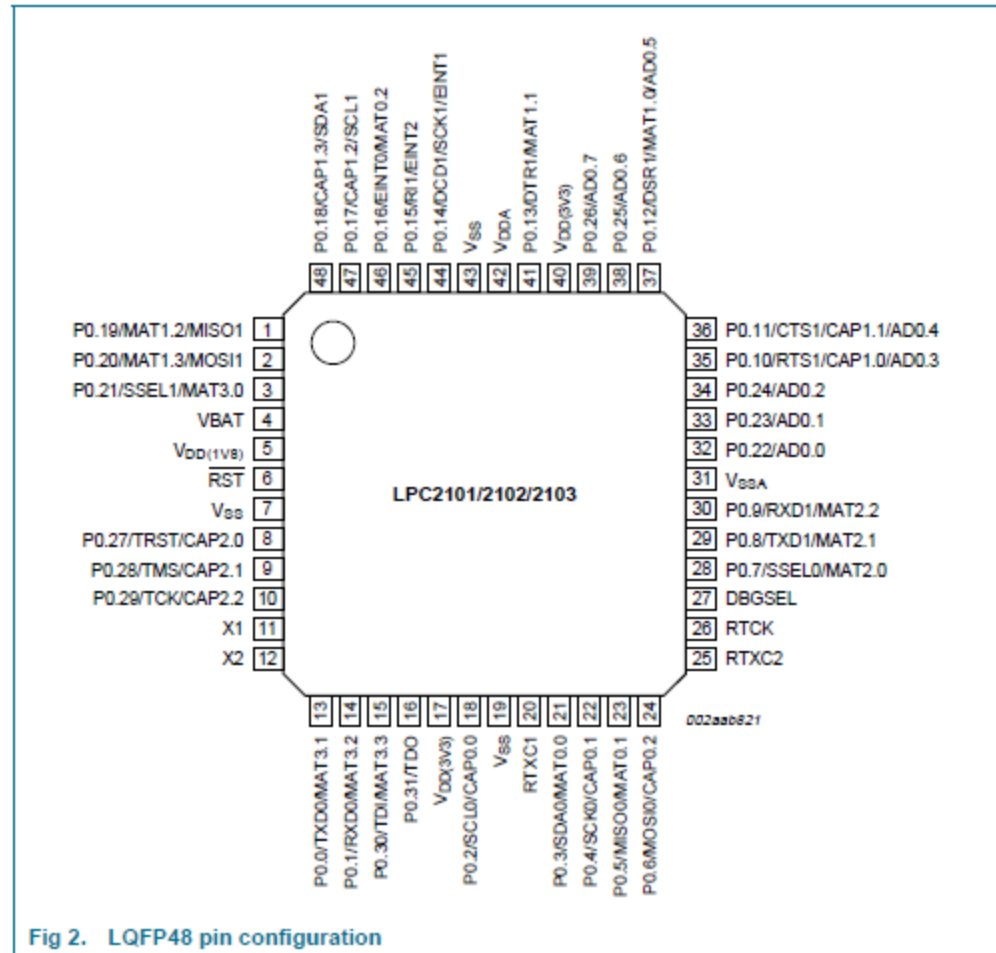


Fig 2. LQFP48 pin configuration

## 10. Package outline

LQFP48: plastic low profile quad flat package; 48 leads; body 7 x 7 x 1.4 mm

SOT313-2

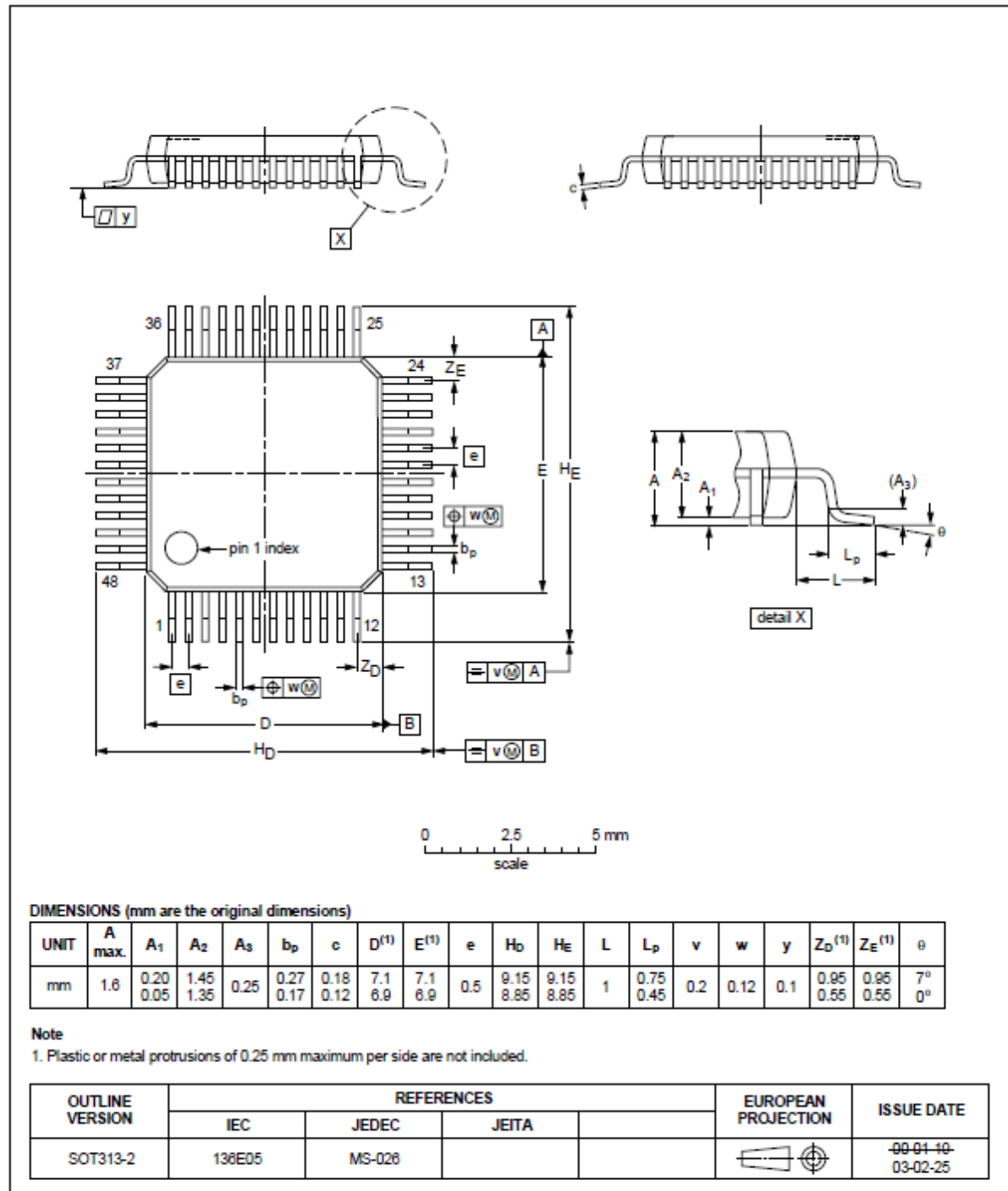


Fig 6. Package outline SOT313-2 (LQFP48)