

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### «СТЕРЕФОНІЧНИЙ ТЮНЕР З ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ»

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-22м  
спеціальності 172 – Телекомунікації  
та радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Педос М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., каф. ІРТС



Осадчук Я.О.

(прізвище та ініціали)

« 14 » 12 2023 р.

Опонент: д.т.н., професор каф. ІКСТ



Михалевський Д.В.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н. д-ром Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних електронних систем  
Кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації  
Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка  
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

«16» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Педосу Максиму Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією»

керівник роботи к.т.н., доц., кафедри ІРТС Осадчук Я.О.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 09.2023 р. №247.



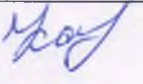
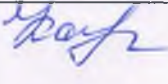


2. Строк подання студентом роботи 15.12.2023р.

3. Вихідні дані до роботи: Діапазон частот від 87,5 МГц до 108 МГц. Чутливість у режимі моно 25 мкВ, у режимі стерео 12,5 мкВ. Вибірність за сусіднім каналом 30 дБ, за дзеркальним каналом 50 дБ. Співвідношення сигнал/шум 60 дБ. Глибина регулювання 26 дБ. Частотні спотворення звукового сигналу на НЧ 2,5 дБ, на ВЧ 2,0 дБ. Коефіцієнт нелінійних спотворень 1,5% при вихідній потужності 250 мВт.

4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасного стану розробки стерефонічного тюнера з цифровою індикацією. Вибір та обґрунтування структурної схеми радіоприймача. Електричні розрахунки каскадів пристрою. Моделювання каскадів пристрою на ЕОМ. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Принципова схема ПЗЧ. Структурна схема мікросхеми СХА1538. Принципова електрична схема приймача на базі мікросхеми СХА1538. Структурна схема цифрового синтезатора частоти. Структурна схема мікросхеми SAA1057. Типова схема застосування мікросхеми SAA1057. Функціональна схема використання мікроконтролера ATtiny2313 у радіоприймачі. Часова діаграма передачі даних. Електрична схема вхідного кола. Результати моделювання. Схема стабілізатора напруги, спроектована в EWB 5.0. Схема вхідного підсилювача. Електрична схема резистивного підсилювача. Електрична схема вхідного підсилювача у Micro-Cap 6.0. АЧХ і ФЧХ вхідного підсилювача у Micro-Cap 9.0. Форма вхідного і вихідного сигналів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	к.т.н., доц., каф. ІРТС Осадчук Я.О.		
Економічна частина	доцент каф. ЕПВМ, доцент, к.е.н., Кавецький В.В.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 17.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

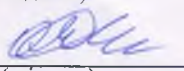
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження тем МКР на випусковій кафедрі.	02.09.2023-07.09.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	08.09.2023-17.09.2023	
3.	Затвердження тем по ВНТУ. Розробка завдання на МКР.	18.09.2023-27.09.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	28.09.2023-10.10.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	11.10.2023-04.11.2023	
6.	Розробка графічної частини МКР.	05.11.2022-13.11.2022	
7.	Економічна частина.	14.11.2023-20.11.2023	
8.	Охорона праці (ОП).	21.11.2022-25.11.2022	
9.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	26.11.2023-01.12.2023	
10.	Нормоконтроль.	02.12.2023-09.12.2023	
11.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР.	10.12.2023-18.12.2023	
12.	Захист МКР ЕК.	19.12.2023-21.12.2023	

Студент

  
(підпис)

Педос М.А.

Керівник роботи

  
(підпис)

Осадчук Я.О.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.397

Педос М.А. Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 – телекомунікації та радіотехніка, освітня програма - радіотехніка. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 144с. На українській мові. Бібліогр.: 37 назв; Табл.: 16; Рис. 48.

У магістерській кваліфікаційній роботі було здійснено розроблення та дослідження стерефонічного тюнера з цифровою індикацією частоти. У теоретичній частині розглянуто особливості побудови сучасних радіоприймачів, обґрунтована доцільність розробки.

В розрахунковій частині здійснено розрахунок структурної схеми стерефонічного тюнера з цифровою індикацією, розроблена схема керування та індикації, розроблений алгоритм та програмне забезпечення роботи схеми керування. Проведено розрахунок каскадів стерефонічного тюнера з цифровою індикацією. Отримано результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання каскадів стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

В технологічній частині розроблено топологію друкованої плати, виконано розрахунок надійності пристрою. Наведено технологічний процес настройки радіоприймача, приводиться методика пошуку несправностей. Розроблений дослідний зразок та отримано результати експериментальних досліджень.

В економічній частині здійснено комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки. Розрахований узагальненого коефіцієнта якості розробки, а також здійснено розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором. Також розроблений розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Ключові слова:** стерео, тюнер, цифрова індикація, радіоприймач, радіомовлення.

## ABSTRACT

Pedos M.A. Stereo tuner with digital display. Master's qualification work in specialty 172 - telecommunications and radio engineering, educational program - radio engineering: VNTU, 2023. 144 p. In Ukrainian. Bibliography: 37 titles; Table: 16; Fig. 48.

In the master's thesis, the development and research of a stereo tuner with digital frequency indication was carried out. In the theoretical part, the features of the construction of modern radio receivers are considered, the feasibility of the development is substantiated.

In the calculation part, the structural diagram of a stereo tuner with digital display is calculated, a control and display circuit is developed, and an algorithm and software for the control circuit are developed. The cascades of the stereo tuner with digital display were calculated. The results of computer circuit modeling of the cascades of a stereo tuner with digital display are obtained.

In the technological part, the topology of the printed circuit board is developed, and the reliability of the device is calculated. The technological process of setting up the radio receiver is presented, as well as the method of troubleshooting. A prototype was developed and experimental results were obtained.

In the economic part, a commercial and technological audit of the scientific and technical development is carried out. The generalized quality coefficient of the development was calculated, and the economic efficiency of the scientific and technical development was calculated for its possible commercialization by a potential investor. A section on labor protection and safety in emergency situations was also developed.

**Keywords:** stereo, tuner, digital display, radio receiver, radio broadcasting.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБКИ СТЕРЕОФОНІЧНОГО ТЮНЕРА З ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ</b> .....	8
1.1 Постановка задачі дослідження .....	8
<b>2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РАДІОПРИЙМАЧА</b> .....	16
2.1 Розрахунок структурної схеми радіоприймача .....	16
2.2 Розробка схеми синтезатора частоти .....	34
2.3 Вибір мікроконтролера та розробка схеми керування та індикації .....	42
2.4 Розробка алгоритму роботи цифрової частини радіоприймача .....	54
<b>3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ</b> .....	56
3.1 Електричний розрахунок вхідного кола .....	56
3.2 Електричний розрахунок стабілізатора напруги.....	60
3.3 Електричний розрахунок кварцового генератора.....	62
3.4 Електричний розрахунок вхідного підсилювача .....	63
3.5 Розрахунок резистивного підсилювального каскаду.....	65
<b>4 МОДЕЛЮВАННЯ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ</b> .....	79
4.1 Вибір моделюючої програми .....	79
4.2 Моделювання вхідного підсилювача .....	82
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	84
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки .....	84
5.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки.....	89
5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	91
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	106
5.5 Висновок до розділу .....	111
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	112

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	113
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	117
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи в умовах дії загрозливих факторів НС .....	124
6.4 Висновок до розділу.....	127
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>128</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>130</b>
Додаток А (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	134
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи .....	144

## ВСТУП

### *Актуальність теми.*

В сучасних умовах важлива не тільки високоточна настройка радіоприймача на станцію, а й занесення до пам'яті радіоприймача частоти настройки та миттєве вилучення її з пам'яті при необхідності. Таку задачу можна розв'язати тільки за допомогою синтезатора частоти настройки, який має як аналогову частину, так і цифрову.

У світі випускається велика кількість синтезаторів частот для професійної та аматорської апаратури. Однак більшість ІМС непридатні до аматорської практики, тому що мають високу ступінь інтеграції, вузьке спеціалізоване застосування, а також незручні корпусу та високу вартість.

Сучасний радіоприймач побудований так, що він має всього декілька кнопок, а максимум необхідної для користувача інформації відображається на цифровому табло. Провідні фірми розробляють спеціалізовані рідинно – кристалічні індикатори (РКІ) для конкретної моделі. Застосовуючи сучасні технології, можна скористуватись РКІ широкого застосування, які доступні та недорогі.

Побутові радіоприймальні пристрої призначені для прийому радіомовних сигналів у частотних діапазонах довгих, середніх, коротких і ультракоротких хвиль. Позначення зарубіжних радіомовних діапазонів відповідають прямому перекладу назв: LW (довгі хвилі), MW (середні хвилі) та SW (короткі хвилі). Границі цих діапазонів у різних країнах трохи відрізняються один від одного.

Основна відмінність зарубіжних радіоприймачів полягає в інших граничних частотах діапазонів і у використанні іншої системи передачі стереосигналу. Так, ультракороткохвильовий діапазон розміщений в діапазоні частот (87,5...108) МГц і позначається FM (frequency modulation – тобто, частотна модуляція). У цьому частотному діапазоні також працюють українські радіомовні станції. Це дозволяє використовувати зарубіжні мо-



делі радіоприймачів в нашій країні. Крім того, деякі фірми – виробники аудіотехніки, враховуючи потреби східноєвропейського і українського ринків, вводять в своїх апаратах так званий розширений FM діапазон, що охоплює обидві вказані діапазони частот. Щоправда багато моделей, які забезпечені цим діапазоном, не підтримують український стандарт стереомовлення.

### ***Аналіз останніх досліджень.***

Діапазон коротких хвиль поділяється на піддіапазони. Така ситуація пов'язана з тим, що частотний розподіл радіомовних станцій тут нерівномірний і зосереджений на окремих ділянках, де радіохвилі проходять найкраще.

Зверніть увагу, що наявність всіх перерахованих діапазонів робочих частот в одній моделі радіоприймача не обов'язкова. У результаті портативні невеликі пристрої зазвичай можуть приймати лише довгохвильові та середньохвильові радіосигнали. Короткохвильові діапазони сьогодні досить рідкісні через низьку якість прийому. Елітні моделі практично завжди оснащені трактом прийому в діапазоні УКХ або FM, так як якісний стереосигнал передається тільки в цьому діапазоні. Щоб передати стереосигнал, використовуючи лише одну несучу частоту, сигнали лівого та правого каналів потрібно попередньо обробити на піднесучих частотах для формування композитного стереосигналу (CSS).

В Україні для стереофонічного радіомовлення прийнята система OIRT з полярною модуляцією. При цьому сигнал з частотою 31,25 кГц модулюється за амплітудою таким чином: лівий канал модулює позитивну півхвилю, а правий – негативну. Після модуляції підносійна послаблюється на 14 дБ (у 5 разів), це дозволяє краще використовувати потужність передавача і забезпечити сумісність системи стереофонічного мовлення з монофонічними радіоприймачами. Далі полярно-модульоване коливання з частково подавленою носійною використовується як модулюче для формування ЧМ сигналу УКХ діапазону.

В зарубіжних радіомовних мережах FM діапазону для цього використовується інший принцип формування комплексного стереосигналу, так званий «пілот-тон» (стандарт CCIR). Це коливання складається з модульованого сигналу піднесучої 38 кГц і пілотного сигналу 19 кГц, що використовується для синхронізації обладнання обробки, яке містить інформацію про аудіосигнали лівого та правого каналів.

Деякі FM-радіостанції використовують системи RDS, які відповідають стандарту CENELEC EN 50067, для передачі додаткової цифрової інформації одночасно з аудіосигналом. Передана інформація має службовий характер і може містити багато даних. Перш за все, це інформація про частоту відтворення радіостанції, ідентифікатор і тип програми, назву радіостанції та поточний час. По-друге, ділове повідомлення - це завантаження інформаційного каналу даних (TA). Крім того, передбачено можливість доповнити бібліотеку частот трансляційних станцій з інших мереж трансляції (EON). Сигнал RDS генерується на частоті піднесучої 57 кГц, а потім змішується з комплексним стереосигналом. Для виділення цього сигналу в схемі радіоприймача після головного сповіщувача встановлюється відповідний дешифратор.

Для прийому радіомовних станцій побутові радіоприймальні пристрої виконуються за супергетеродинною схемою. Приймачі прямого підсилення не використовуються через низькі показники чутливості і вибіркової здатності. Способи реалізації принципових схем радіоприймальних трактів (тюнерів) залежать від елементної бази. Останнім часом для цього використовуються інтегральні мікросхеми (IC), що містять в своєму складі закінчені функційні вузли радіоприймача. Існують також IC, наприклад СХА1238, СХА1538 (Sony), ТА8127 (Toshiba), які містять весь тракт тюнера. Це істотно спрощує його конструкцію.

**Метою роботи** є розробка та дослідження стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

**Задачами досліджень** магістерської кваліфікаційної роботи є:

- виконати аналіз сучасного стану стерефонічний тюнерів із цифровою індикацією;
- провести літературний огляд теоретичних основ побудови стерефонічних тюнерів із цифровою індикацією;
- розробити нове схемне рішення стерефонічного тюнера з цифровою індикацією;
- здійснити електричні розрахунки та моделювання каскадів стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

*Об'єктом дослідження* є процеси перетворення енергії радіосигналів в енергію звукових стереосигналів.

*Предметом дослідження* є частотні параметри та характеристики стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

*Практична новизна одержаних результатів* – полягає в новій електричній схемі стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

*Апробації та публікації.* За результатами участі в ІХ Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2023)», м. Вінниця, 15-17 листопада 2023 р. було опубліковано статтю у збірнику праць [1].

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБКИ СТЕРЕОФОНІЧНОГО ТЮНЕРА З ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ

## 1.1 Постановка задачі дослідження

Основними відмінностями зарубіжних радіоприймачів є додаткові обмежені частоти діапазону та використання різних систем передачі стереосигналу. Тому ультракороткохвильовий діапазон лежить в діапазоні частот (87,5...108) МГц і позначається аббревіатурою FM (частотна модуляція). Останнім часом українські радіостанції почали працювати в цьому частотному діапазоні, що дозволяє використовувати в нашій країні іноземні моделі радіоприймачів. Крім того, деякі виробники аудіотехніки, враховуючи потреби східноєвропейського та українського ринків, запровадили у своїй техніці так звані розширені діапазони частотної модуляції, які охоплюють два визначених діапазони частот. Дійсно, при цьому багато моделей, оснащених такими продуктами, не підтримують український стандарт стереомовлення.

Для побудови частини тракту прийому FM-сигналів у УКХ-діапазоні використовуються три типи електронних компонентів, включаючи преселектори та перетворювачі частоти: транзистори, мікромодулі та інтегральні мікросхеми. Транзистори використовуються рідко, в основному в побудові підсилювачів високої частоти. У другому випадку активні компоненти поєднуються разом із селективними фільтрами та елементами кондиціонування, щоб утворити інтегрований модуль. У той же час багато компаній - виробників радіобладнання розробляли оригінальні модулі, яких немає в довідниках, наприклад VAF2S12-001 (JVC), RAL0006 (Matsushita), 6ZA-1 (AIWA) і т.д. Серед призначених для цього інтегральних схем можна зупинитися на наступних мікросхемах: AN7205, AN7213, AN7254 (Panasonic), TA7335, TA7358, TA7378 (Toshiba), BA4402 (Rohm) та ін. У вітчизняних мікросхемах цю функцію реалізує ІМС K174XA15. Для їх ро-

боти потрібні додаткові аксесуари. На рисунку 1.1 показано приклад використання мікросхеми TA7358.

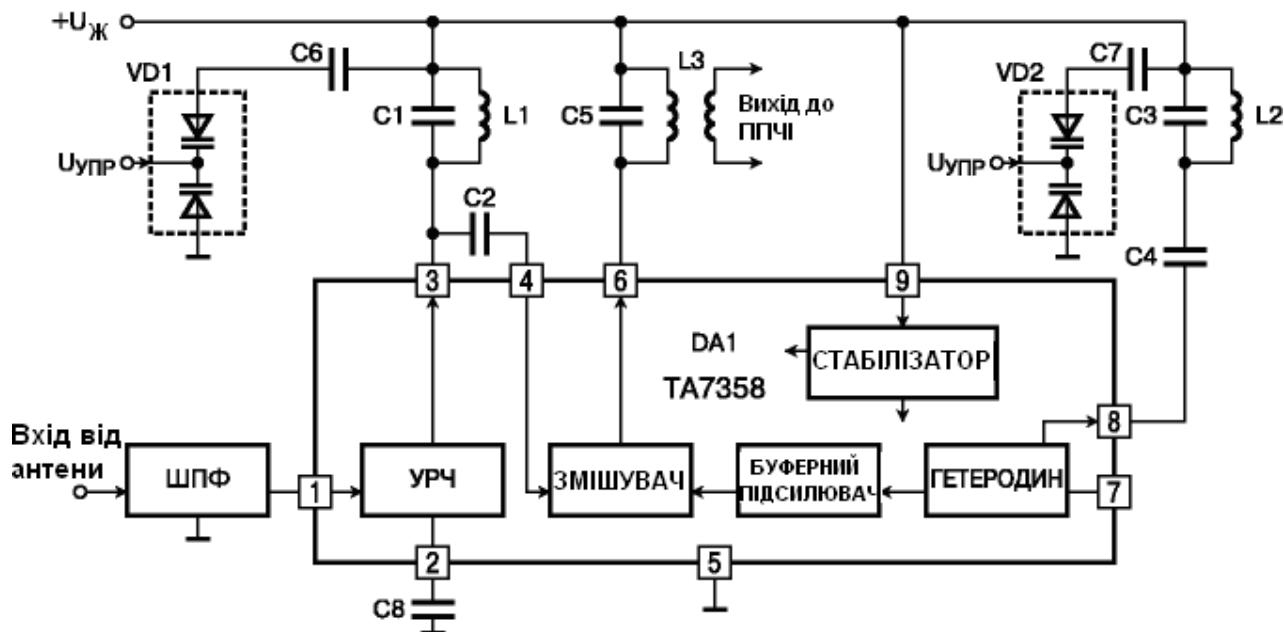


Рисунок 1.1 – Структурна схема використання мікросхеми TA7358

Тракт обробки сигналу проміжної частоти ЧМ сигналів з детектором і весь тракт обробки амплітудно-модульованих (АМ) сигналів містяться в одній мікросхемі. Цих мікросхем досить багато; наприклад, для цього часто використовують IC AN7223, AN7273 (Matsushita), BA4234 (ROHM), LAI 810, LAI 831, LAI 836 (SANYO), TA2057, TA7640 (Toshiba). Окремі з них мають також схему оцінки рівня сигналу ПЧ для стеження за налаштуванням, а також внутрішній стереодекодер системи «пілот-тон». Як навісні елементи використовуються смугові фільтри ПЧ, фазозсувний контур ЧМ детектора, гетеродинний і сигнальний контури АМ тракту. Для підвищення чутливості і зменшення коефіцієнта шуму приймача АМ сигналів на відповідному вході інколи включають додаткові зовнішні підсилювачі радіочастоти на польових транзисторах.

У радіомовленні значення проміжних частот (ПЧ) стандартизовані, і залежно від робочого діапазону частот радіоприймача прийняті такі величини:

– для тракту прийому АМ сигналів вітчизняних моделей ПЧ має бути  $(465 \pm 2)$  кГц;

– для тракту прийому ЧМ сигналів вітчизняних моделей ПЧ має бути  $(10,7 \pm 0,1)$  МГц.

В іноземних моделях при прийомі АМ-сигналів використовується ПЧ 450 або 455 кГц. Ця умова жодним чином не впливає на споживчі параметри радіоприймального пристрою, а має значення лише для виконання ремонтно-налагоджувальних робіт. Слід зазначити, що інколи вимоги до вибіркості та чутливості радіоприймача настільки високі, що в тракці обробки використовується не один, а два каскади перетворення частоти. У цьому випадку схема доповнюється ще одним змішувачем, гетеродином і КФК з селективною схемою. У деяких закордонних моделях це робиться для прийому АМ-сигналів в діапазоні середніх хвиль. Перша ПЧ обрана висока (10,7 МГц), друга - стандартна для АМ-каналу радіоприймача.

В якості вибіркових елементів тракту ПЧ часто використовуються фільтри зосередженої селекції (ФЗС), які є єдиною конструкцією, що складається з кола зв'язаних резонаторів. Як резонатори використовуються LC контури, пластинки з п'єзоелектричних матеріалів, а також електромеханічні резонатори.

У радіоприймачах кількість резонаторів у вигляді LC-контурів коливається від трьох до шести. Останнім часом в якості ФЗС найчастіше використовують п'єзоелектричні керамічні фільтри, які відрізняються невеликими розмірами, малою вагою і високою стабільністю амплітудно-частотних характеристик, що дозволяє істотно спростити проектування тракту і налаштування радіоприймачів. П'єзоелектричні керамічні фільтри мають певну смугу пропускання і середню частоту перебудови. Крім того, вони можуть мати різну селективність, тому не завжди взаємозамінні. Оскільки вимоги до селективності зростають, у РРС можна встановити кілька таких фільтрів замість одного. Для нормальної роботи п'єзокерамічного ФЗС його входи і виходи необхідно узгоджувати з зовнішніми каска-

дами. Узгодження на вході виконується за допомогою єдиного контуру генератора, який, крім того, коригує загальну частотну характеристику тракту поза смугою передачі FZS.

На рисунку 1.2 приведений приклад використання мікросхеми BA4234.

Серед аналогічних мікросхем, розроблених у Китаї, використовується ІМС K174XA10. На рисунку 1.3 показано приклад побудови на його основі домену АМ/СМ. Схеми настройки радіоприймачів зазвичай будуються з використанням цифрових принципів формування сигналу. Це також стосується гетерогенних систем автоматичного регулювання фази частоти (PLL). Все це успішно реалізовано в цифрових синтезаторах частоти, які зазвичай виконуються у вигляді окремих мікросхем. До них відносяться такі мікросхеми, як LC7218, LC73121 (Sanyo), LM7001 (NS) та інші. Серед вітчизняних мікросхем аналогічними функціями володіє ІМС KP1015XK2. У складних високоякісних моделях і автомагнітолах пред'являються суворі вимоги до конструктивних розмірів і займаного об'єму. Для зменшення кількості компонентів функції цифрового синтезатора частоти іноді передаються мікропроцесору. Універсальна система управління.

При прийомі сигналів, що містять ССС з полярною модуляцією (система OIRT), рівень піднесучої (31,25 кГц) частоти спочатку відновлюється за допомогою високодобротної резонансної системи. Можуть бути використані три різні методи декодування: виявлення полярності за огинаючою (амплітудний детектор використовує два діоди з різною полярністю для перемикання полярності), сумарно-різницеве перетворення зі спектральним поділом (використання сумарного сигналу каналів і різницевого сигналу матриця резисторів). для вилучення аудіоінформації) і часове розділення стереосигналу (використання ключової схеми для розділення позитивної та негативної напівхвиль обробки коливань піднесучої в часі).

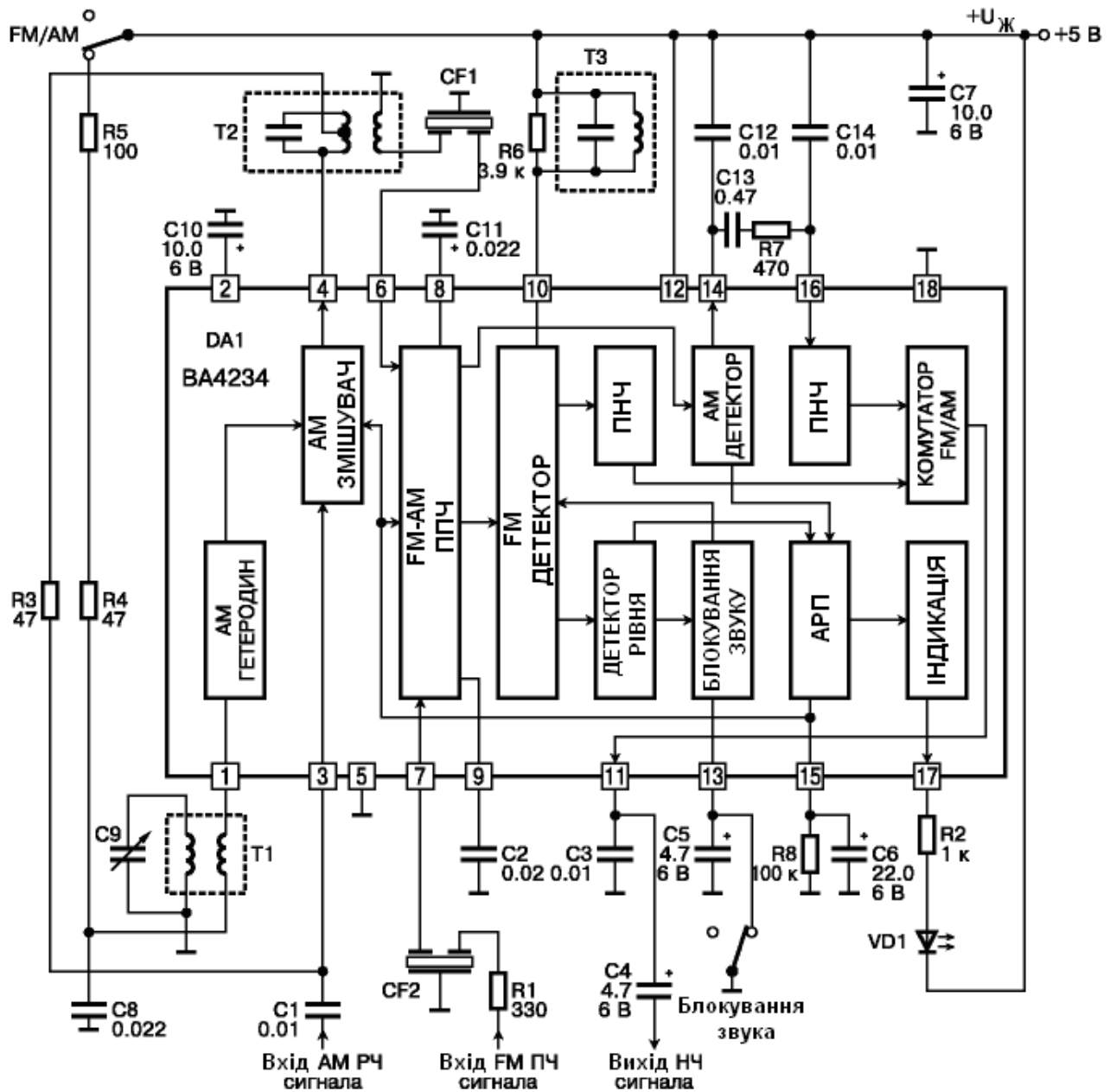


Рисунок 1.2 – Структурна схема використання мікросхеми BA4234

При прийомі сигналів за допомогою системи кодування CCIR («пілотний тон»), стереодекодер містить петлю фазового автоматичного налаштування частоти для синхронізації сигналу генератора з прийнятим пілотним сигналом на частоті 19 кГц. Фазовий детектор, синхронний демодулятор для стереосигналів, що працюють на частоті 38 кГц, зі схемою матриці сумарного і різницевого сигналів каналів і додатковими схемами контролю рівня стереошуму і смуги пропускання. У цьому випадку синхронний демодулятор виділяє різницевої сигнал каналу і включається, якщо у



вихідному сигналі частотного детектора ЧМ-каналу присутній задане коливання з частотою 19 кГц. За рахунок матриці сумарного сигналу і різницевого сигналу формуються коливання лівого каналу і правого каналу. Без пілотного сигналу на виході стереодекодера присутній лише загальний сигнал каналу.

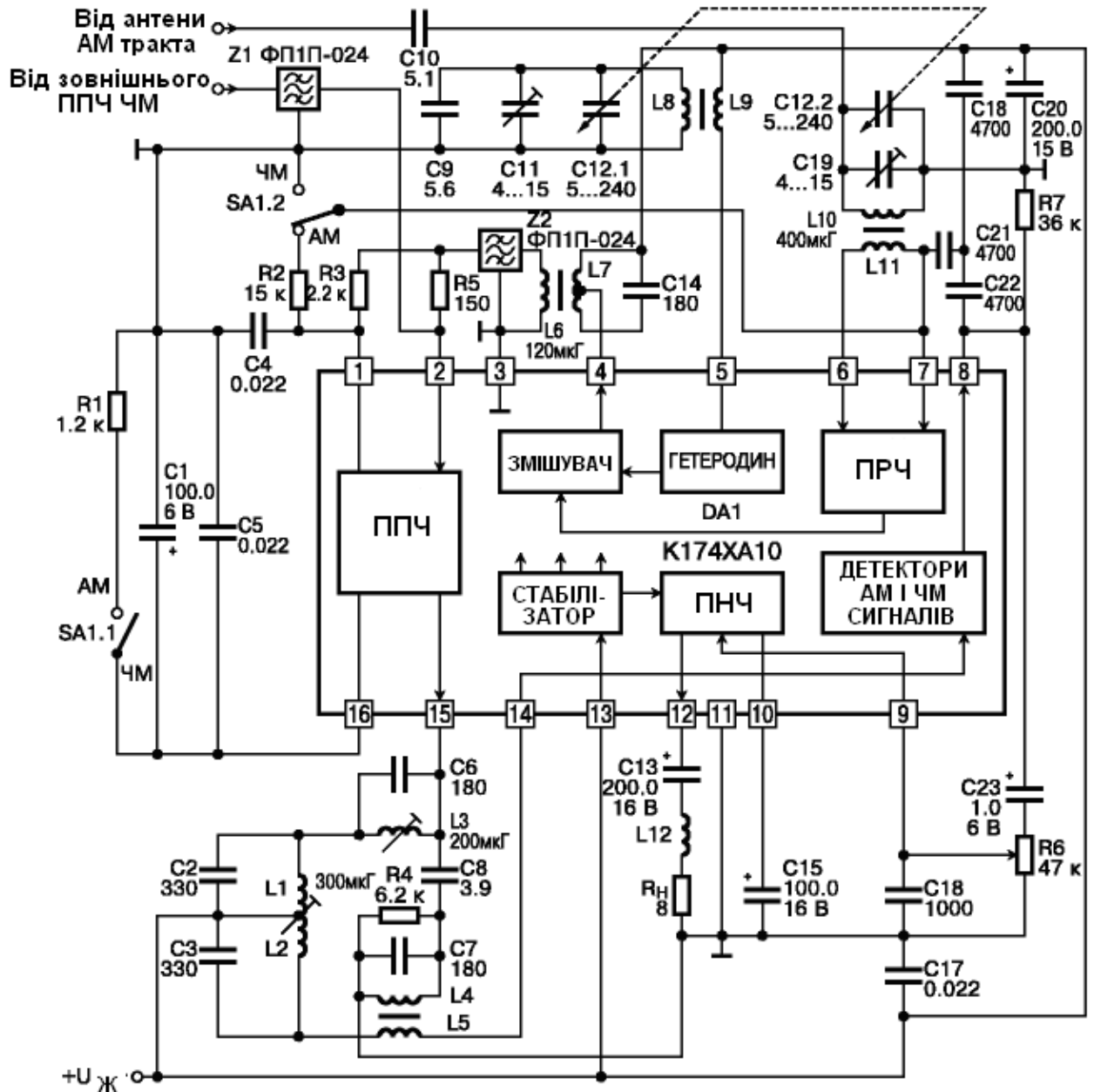


Рисунок 1.3 – Структурна схема використання мікросхеми K174XA10

При розпізнаванні комплексного стереосигналу в схемах стереодекодерів формується сигнал підтвердження, який використовується для індикації режиму. Критерієм оцінки є достатній рівень сигналу підносійної або

наявність напруги на виході детектора сигналу пілота.

Стереодекодери системи «пілот-тон» випускаються як у складі мікросхем тюнерів, так і у складі окремих мікросхем, зокрема AN7414 (Panasonic), BA1332 (ROHM), KA2261 (Samsung), LA3361 (Sanyo), TA7343 (Toshiba) і т.і. Для їх функціонування потрібно підключення RC-фільтрів нижніх частот для фазових детекторів і частотоподавального кола внутрішнього генератора системи ФАПЧ – кварцового резонатора на 456 кГц або змінного резистора.

Залежно від класу і версії моделі (самостійно або в складі аудіокомплексу) той чи інший тракт прийому радіосигналу, його конструкція може відрізнятися.

У радіоприймачі, що виконує просту модель самостійно, регульовальна шкала ще реалізована у вигляді ноніусного приладу, положення його покажчика жорстко пов'язане системою канатів і роликів з кутовим конденсатором змінної ємності або резистором, який регулює напругу варактора діода ротора Rotate. При ремонті такого обладнання рекомендується заздалегідь запам'ятати порядок пропускання мотузки через ролики і кількість витків нитки на кожному ролику. У сучасних моделях з мікропроцесорним управлінням налаштування індикатора виконується цифровим способом.

Аналогом пристрою, що розробляється, є Ні-Фі стереофонічний FM-тюнер із цифровою шкалою й електронним регулюванням гучності, тембру, балансу, описаний у [18].

Його основні технічні характеристики:

- Чутливість приймача 2-3 мкВ;
- Діапазон прийнятих частот 85-111 МГц;
- Діапазон відображуваних індикатором частот 30-199.9 МГц;
- Діапазон відтворених частот 40-16000 Гц;
- Максимальний рівень спотворень 0,1 %;
- Максимальна вихідна потужність на канал 3 Вт;

- Глибина регулювання гучності -70.....-2 дБ;
- Глибина регулювання тембру НЧ -14.....+13 дБ;
- Глибина регулювання тембру ВЧ -11.....+13 дБ;
- Напруга живлення +12.....+25 В;
- Розміри приймача (мм) 270x50x215.

Метою даної розробки є радіоприймач з синтезатором частоти та цифровою індикацією частоти прийому з такими параметрами:

- діапазон частот вхідного сигналу 88 . . . 108 МГц;
- вид модуляції вхідного сигналу ЧМ;
- смуга частот модулюючого сигналу 100-7000 Гц;
- вибірність по сусідньому каналу, не гірше 28 дБ;
- вибірність по дзеркальному каналу, не гірше 30 дБ;
- коефіцієнт нелінійних спотворень, не більше 5 %;
- чутливість, не гірша 1мкВ;
- вихідна потужність 0,5Вт;
- вхідний опір ПЗЧ 100 кОм;
- чутливість ПЗЧ 100 мВ.

## 2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ РАДІОПРИЙМАЧА

### 2.1 Розрахунок структурної схеми радіоприймача

Для побудови радіоприймача необхідно прийняти обґрунтоване рішення щодо побудові блок – схеми приймача та кількості основних вузлів. Лише враховуючи вимоги до виконання окремих каскадів приймача, переходять до практичного вибору каскадів структурної схеми.

#### 2.1.1 Розподіл частотних спотворень між трактами радіоприймача

Нерівномірність підсилення в смузі відтворюваних частот приймача зумовлена як каскадом ПЗЧ, так і схемою радіотракту.

Приймаємо

$$M_{\text{ПЗЧ}} = 0,5 \text{ дБ.}$$

Тоді частотні спотворення високочастотної (ВЧ) частини радіоприймача

$$M_{\text{ВЧ}} = M_{\text{ЗДГ}} - M_{\text{ПЗЧ}} \text{ [дБ]},$$

$$M_{\text{ВЧ}} = 14 - 0,5 = 13,5 \text{ (дБ).}$$

Аналогічно розподіляємо частотні спотворення радіотракту на преселектор та тракт проміжної частоти (ПЧ). Задаємо  $M_{\text{ПРЕС}} = 2 \text{ дБ}$ , тоді

$$M_{\text{ПЧ}} = M_{\text{ВЧ}} - M_{\text{ПР}} \text{ [дБ]},$$

$$M_{\text{ПЧ}} = 13,5 - 2 = 11,5 \text{ (дБ)}.$$

### 2.1.2 Розподіл нелінійних спотворень між трактами споживача

Приймаємо

$$K_{\text{Н ПЗЧ}} = 1,5 \text{ \%}.$$

Нелінійні спотворення частотного детектора дорівнюють

$$K_{\text{Н ДЕТ}} = K_{\text{Н ЗАГ}} - K_{\text{Н ПЗЧ}} \text{ [\%]},$$

$$K_{\text{Н ДЕТ}} = 5 - 1,5 = 3,5 \text{ (\%)}.$$

### 2.1.3 Розрахунок підсилювача звукової частоти (ПЗЧ)

Виходячи із смуги частот і коефіцієнта нелінійних спотворень, розроблений ПЗЧ відноситься до II класу. З розрахунку запасу за потужністю вибираємо гучномовець

$$P_{\text{НОМ ГУЧН}} = (2 \dots 3) P_{\text{ВИХ}} \text{ [Вт]},$$

$$P_{\text{НОМ ГУЧН}} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ (Вт)}.$$

Вибираємо гучномовець типу ЗГДШ – 8 [11] з такими параметрами:

- номінальна потужність  $P = 3 \text{ Вт}$ ;
- номінальний опір навантаження  $R_{\text{Н}} = 8 \text{ Ом}$ ;
- діапазон робочих частот  $\Delta f = (80 \dots 12500) \text{ Гц}$ .

Визначимо напругу живлення ПЗЧ. Для  $P_{\text{ВИХ}} = 0,5 \text{ Вт}$  та  $U_{\text{ЗАЛ}} = 2 \text{ В}$  вона визначається таким чином

$$E_{\text{ж}} = 2 (\sqrt{2P_{\text{вих}} R_{\text{н}}} + U_{\text{ЗАЛ}}) [\text{В}],$$

$$E_{\text{ж}} = 2 (\sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 8} + 2) = 9,6 (\text{В}).$$

З довідника [11] вибираємо мікросхему (МС) типу LM356 з такими параметрами:

- номінальна вихідна потужність  $P_{\text{НОМ}} = 1 \text{ Вт}$ ;
- коефіцієнт нелінійних спотворень  $K_{\text{Н}} = 0,1\%$ ;
- діапазон робочих частот  $\Delta f = (20 \dots 16000) \text{ Гц}$ ;
- напруга живлення  $U_{\text{ж}} = (6 \dots 12) \text{ В}$ .

Визначимо загальний коефіцієнт підсилення ПЗЧ

$$K_{\text{ЗАГ}} = 10 \lg \frac{P_{\text{ВНХ}} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3}{P_{\text{ВХ.ПЗЧ}}} [\text{дБ}],$$

де  $a_1, a_2, a_3$  – поправочні коефіцієнти; вони приймаються рівними 1, оскільки відсутні зовнішні кола негативного зворотного зв'язку (НЗЗ) та регулювання тембру;

$P_{\text{ВХ.ПЗЧ}}$  – вхідна потужність ПЗЧ.

Проведемо обчислення вхідної потужності ПЗЧ та необхідного коефіцієнта підсилення потужності

$$P_{\text{ВХ.ПЗЧ}} = \frac{U_{\text{ВХ.ПЗЧ}}^2}{2 \cdot R_{\text{ВХ.ПЗЧ}}} [\text{Вт}];$$

$$P_{\text{ВХ.ПЗЧ}} = \frac{(100 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 100 \cdot 10^3} = 5 \cdot 10^{-8} (\text{Вт});$$

$$K_{\text{Р.ЗАГ}} = 10 \lg \frac{0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \cdot 10^{-8}} = 70 (\text{дБ}).$$

Визначимо коефіцієнт підсилення потужності вибраної ІМС

$$K_{P.MC} = 101g K_{U.min}^2 \frac{R_{BХ.MC}}{R_{ВІХ.MC}} \text{ [дБ]},$$

$$K_{P.MC} = 101g 100^2 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{8} = 81 \text{ (дБ)}.$$

Розраховане значення  $K_{P.MC}$  перевищує необхідну величину 70 дБ, тому МС LM356 буде єдиним каскадом ПЗЧ. Частотні спотворення МС і всього ПЗЧ в цілому дорівнюють 0,5 дБ (згідно паспорту МС). На рисунку 2.1 представлена принципова схема ПЗЧ (та наведена в додатку А рис.1) .

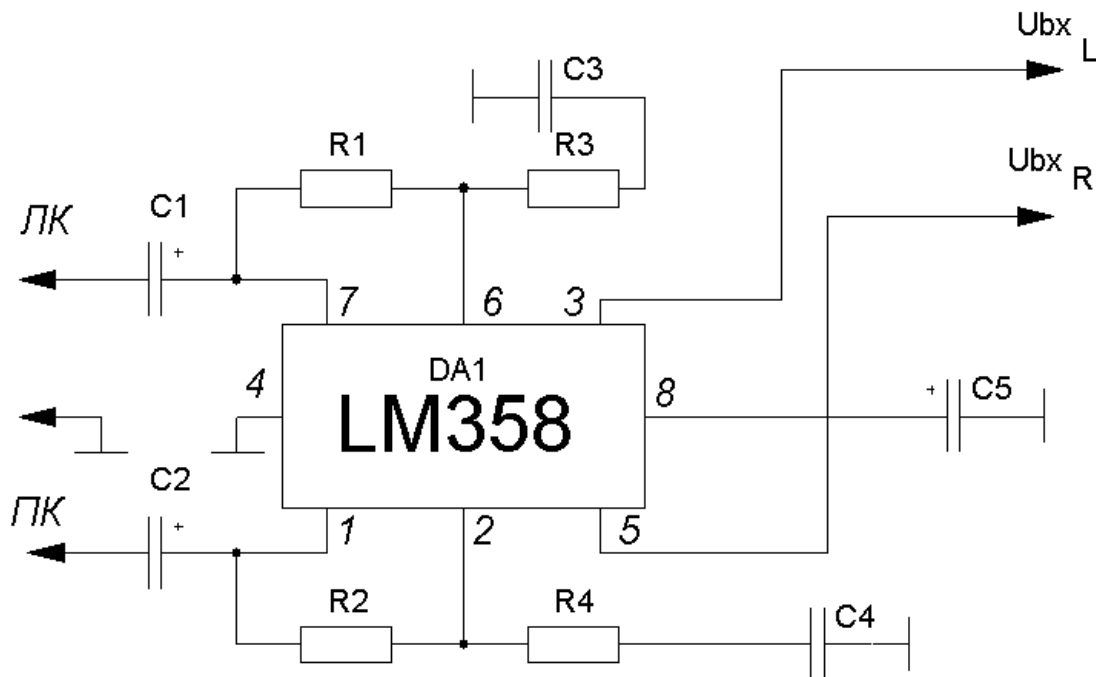


Рисунок 2.1 – Принципова схема ПЗЧ

#### 2.1.4 Визначення смуги пропускання ВЧ частини приймача

Для ЧМ сигналу ширина спектру дорівнює

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 (\Delta f_{\text{МАХ}} + F_{\text{В}}) [\text{кГц}],$$

де  $F_{\text{В}}$  – верхня частота модулюючого сигналу, кГц;

$\Delta f_{\text{МАХ}}$  – максимальна девіація частоти ЧМ – сигналу, 50 кГц.

Тоді

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 (50 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^3) = 114 \text{ (кГц)}.$$

Допустима неточність узгодження приймача  $\Delta F_{\text{УЗГ}}$  визначається для діапазону ультракоротких хвиль (УКХ) (30...50) кГц. Тому приймаємо

$$\Delta F_{\text{УЗГ}} = 50 \text{ кГц}.$$

Можливе відхилення частоти гетеродина  $\Delta F_{\text{Г}}$  для приймачів із змінною настройкою

$$\Delta F_{\text{Г}} = (0,4 \dots 1) \cdot 10^{-3} f_{\text{С МАХ}} \text{ (кГц)};$$

$$\Delta F_{\text{Г}} = 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 108 \cdot 10^6 = 48,6 \text{ (кГц)}.$$

В цьому випадку смуга пропускання дорівнює

$$\Delta F = \Delta F_{\text{СП}} + \Delta F_{\text{Г}} + \Delta F_{\text{УЗГ}} [\text{кГц}],$$

$$\Delta F = 114 + 48,6 + 50 = 212,6 \text{ (кГц)}.$$

При такій широкій смузі пропускання можливість послаблення перешкоди сусіднього каналу при заданій абсолютній розстройці 100 кГц виключається. Тому в схемі приймача слід використати систему автоматичного підстроювання частоти гетеродину (АПЧГ). При жорстких вимогах



до точності настройки найбільш зручним є використання системи фазового автоматичного підстроювання частоти (ФАПЧ), тоді смуга пропускання приймача буде дорівнювати

$$\Delta F = \Delta F_{СП} = 114 \text{ (кГц)}.$$

### 2.1.5 Вибір проміжної частоти

Враховуючи вибірність за дзеркальним каналом  $S_{ЗК} = 30$  дБ, необхідну вибірність при плавній настройці частоти одиночним контуром приймемо  $S_{ЗК1} = 20$  дБ. Орієнтована кількість контурів преселектора

$$n_c = \frac{S_{ЗК}}{S_{ЗК1}} = \frac{30}{20} = 1.5 \approx 2.$$

Тракт радіочастоти складається з вхідного кола та підсилювача радіочастоти (ПРЧ). Еквівалентне затухання сигналу в контурах преселектора

$$S_{ЕС} = g \cdot S_0,$$

де  $g$  – параметр, обернений до коефіцієнту шунтування контуру  $m$ ;

$S_0$  – власне затухання контуру.

З таблиці 2 [11] вибираємо  $g = 2,5$ ;  $S_0 = 0,006$ , тоді

$$S_{ЕС} = 2,5 \cdot 0,006 = 0,015.$$

При максимальній частоті вхідного сигналу  $f_{С \text{ МАХ}} = 108$  МГц та вибірності за дзеркальним каналом  $S_{ЗК} = 30$  дБ (31,6 разів) визначимо величину  $f_{ПР1}$

$$f_{\text{ПР1}} \geq 0,25 \cdot S_{\text{EC}} \cdot f_{\text{C MAX}} \sqrt{\sqrt[n_c]{S_{\text{Ж}}^2} - 1} \text{ [МГц]},$$

$$f_{\text{ПР1}} = 0,25 \cdot 0,015 \cdot 108 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\sqrt{(31,6)^2} - 1} = 2,2 \text{ (МГц)}.$$

Для забезпечення заданої смуги проникання  $\Delta F$  трактом ПЧ визначається величина  $f_{\text{ПР2}}$ . Еквівалентне мінімально досяжне затухання контуру тракту ПЧ

$$S_{\text{ЕПР}} = g_{\text{ПР}} \cdot S_{\text{ОПР}},$$

$$S_{\text{ЕПР}} = 2,6 \cdot 0,007 = 0,0182.$$

Величини  $g_{\text{ПР}}$  та  $S_{\text{ОПР}}$  визначено з таблиці 2 [11].

Виходячи з заданої вибірності за сусіднім каналом  $S_{\text{СК}} = 28$  дБ, її можна забезпечити використанням двох зв'язних контурів в тракті ПЧ

$$f_{\text{ПР2}} \leq \frac{\Delta F}{S_{\text{ЭПР}}} \cdot X_m \text{ [МГц]},$$

де  $X_m = 0,88$  визначається з таблиці, тому

$$f_{\text{ПР2}} \leq \frac{114 \cdot 10^3}{0,0182} \cdot 0,88 = 6,04 \text{ (МГц)}.$$

Тому що  $f_{\text{ПР2}} > f_{\text{ПР1}}$ , то в якості проміжної частоти можливо вибрати частоту з рівняння:  $f_{\text{ПР2}} > f_{\text{ПР}} > f_{\text{ПР1}}$ . Приймаємо  $f_{\text{ПР}} = 3,3$  МГц.

### 2.1.6 Розбивка діапазону частот на піддіапазони

Визначимо коефіцієнт перекриття діапазону

$$K_{\text{Д}} = \frac{f_{\text{C.max}}}{f_{\text{C.min}}},$$

$$K_D = \frac{108}{65,8} = 1,6.$$

Оскільки в приймачі передбачено 2 піддіапазони, тому

$$K_{\text{ПД}} = K_D^{0,5} = (1,6)^{0,5} = 1,26.$$

Визначимо інтервал частот кожного піддіапазону, який обмежений частотами  $f_{C.\min}$  та  $f_{C.\max}$

$$f_{C.\min 1} = \frac{f_{C.\min}}{1,02} [MГц];$$

$$f_{C.\min 1} = \frac{65,8}{1,02} = 64,5 (MГц);$$

$$f_{C.\max 1} = 1,02 \cdot f_{C.\min} \cdot K_{\text{ПД}} [MГц];$$

$$f_{C.\max 1} = 1,02 \cdot 65,8 \cdot 1,26 = 84,5 (MГц);$$

$$f_{C.\min 2} = \frac{f_{C.\min} \cdot K_{\text{ПД}}}{1,02} [MГц];$$

$$f_{C.\min 2} = \frac{65,8 \cdot 1,26}{1,02} = 81,2 (MГц);$$

$$f_{C.\max 2} = 1,02 \cdot f_{C.\min} \cdot K_{\text{ПД}}^2 [MГц];$$

$$f_{C.\max 2} = 1,02 \cdot 65,8 \cdot 1,26^2 = 108,5 (MГц).$$

В якості елемента настройки вибираємо варикап KB132A [1] з такими параметрами:

- діапазон зміни напруги керування  $U_{\text{КЕР}} = (0,5 \dots 14) \text{ В}$ ;
- максимальна ємність варикапа  $C_{\text{К.макс}} = 78 \text{ пФ}$ ;
- мінімальна ємність варикапа  $C_{\text{К.мін}} = 16 \text{ пФ}$ .

Виконаємо перевірку перекриття всіх піддіапазонів вибраним елементом настройки

$$K_{\text{ПД}} = \sqrt{\frac{C_{\text{К.макс}} + C_{\text{СХ}}}{C_{\text{К.мін}} + C_{\text{СХ}}}},$$

де  $C_{\text{СХ}}$  – ємність схеми, пФ;

$$C_{\text{СХ}} = C_{\text{М}} + C_1 + C_{\text{В}} \text{ [пФ]},$$

де  $C_{\text{М}}$  – ємність монтажу, пФ;

$C_1$  – ємність контуру, пФ;

$C_{\text{В}}$  – ємність каскаду МС ПРЧ, пФ.

Прийmemo  $C_{\text{М}} = 5 \text{ пФ}$ ,  $C_1 = 3 \text{ пФ}$ ,  $C_{\text{В}} = 15 \text{ пФ}$ , тоді

$$C_{\text{СХ}} = 5 + 3 + 15 = 23 \text{ (пФ)};$$

$$K_{\text{ПД}} = \sqrt{\frac{75 + 23}{16 + 23}} = 1,54.$$

Розрахований реальний коефіцієнт перекриття піддіапазону на основі варикапа KB132A більше необхідного, тому вибір елемента настройки проведений вірно.

### 2.1.7 Визначення типу та кількості вибірних систем радіоприймача

Визначимо максимально допустиме значення добротності контурів для першого та другого піддіапазонів, що забезпечують задане послаблення на межах смуги проникання для схеми преселектора при  $M_{\text{ПР}} = 2$  дБ (1,25 разів)

$$Q_N = \frac{f_{\min}}{\Delta F} \sqrt{\sqrt[n_c]{M_{\text{ПР}}^2 - 1}};$$

$$Q_{N1} = \frac{64.5 \cdot 10^6}{114 \cdot 10^3} \sqrt{\sqrt{1,25^2 - 1}} = 320;$$

$$Q_{N2} = \frac{81.2 \cdot 10^6}{114 \cdot 10^3} \sqrt{\sqrt{1,25^2 - 1}} = 400.$$

Визначимо необхідну добротність контурів  $Q_S$ , яка забезпечує необхідну вибірність за дзеркальним каналом

$$Q_S = \frac{\sqrt{S_{3K} \frac{f_{\max}}{f_{3.\max}}}}{\left| \frac{f_{3.\max}}{f_{\max}} - \frac{f_{\max}}{f_{3.\max}} \right|},$$

де  $f_{\max}$ ,  $f_{\min}$  – максимальна та мінімальна частота піддіапазонів;

$f_{3.\max}$ ,  $f_{3.\min}$  – частоти дзеркального каналу.

В результаті проведених розрахунків отримаємо такі дані

$$f_{3.\max} = f_{\max} + 2f_{\text{ПР}};$$

$$f_{3.\min} = f_{\min} + 2f_{IP};$$

$$Q_{S1} = 54,4; \quad Q_{S2} = 56.$$

Визначимо еквівалентну добротність контурів преселектора  $Q_{\text{ЕКВ}}$

$$Q_{\text{ЕКВ}} = \psi \cdot Q_K,$$

де  $Q_K$  – конструктивна добротність контуру;

$\psi$  - коефіцієнт шунтування, прийmemo (0,5...0,8).

$$Q_{\text{ЕКВ}} = 0,8 \cdot 180 = 144.$$

Оскільки  $Q_S < Q_N$  та  $Q_S < Q_{\text{ЕКВ}}$ , то контур конструктивно виконується. Добротність  $Q_{\max}$  для кожного піддіапазону може бути вибрана з співвідношення  $Q_S \leq Q_{\max} \leq Q_{\text{ЕКВ}}$ . Приймаємо  $Q_{\max1} = 65$ ;  $Q_{\max2} = 70$ . Визначимо добротність контурів преселектора на мінімальній частоті під діапазонів

$$\frac{1}{Q_{\min}} = \frac{1}{Q_K} + \left( \frac{1}{Q_{\max}} - \frac{1}{Q_K} \right) \cdot \frac{f_{\min}}{f_{\max}};$$

$$\frac{1}{Q_{\min1}} = \frac{1}{180} + \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{180} \right) \cdot \frac{64,5}{84,5} = 0,013;$$

$$\frac{1}{Q_{\min2}} = \frac{1}{180} + \left( \frac{1}{70} - \frac{1}{180} \right) \cdot \frac{81,2}{108,5} = 0,012.$$

Тоді  $Q_{\min1} = 76,9$ ;  $Q_{\min2} = 81,8$ .

Для кожного піддіапазону на крайніх частотах визначаємо

а) вибірність за сусіднім каналом

$$S_{CK} = \left( \sqrt{1 + Q \frac{2 \Delta f}{f}} \right)^{n_c};$$

$$S_{CK.max1} = \left( \sqrt{1 + 65 \cdot \frac{2 \cdot 114 \cdot 10^3}{84,5 \cdot 10^6}} \right)^2 = 1,198 \text{ (1,32 дБ)};$$

$$S_{CK.min1} = \left( \sqrt{1 + 76,9 \cdot \frac{2 \cdot 114 \cdot 10^3}{64,5 \cdot 10^6}} \right)^2 = 1,213 \text{ (1,82 дБ)};$$

$$S_{CK.max2} = \left( \sqrt{1 + 70 \cdot \frac{2 \cdot 114 \cdot 10^3}{108,5 \cdot 10^6}} \right)^2 = 1,161 \text{ (1,3 дБ)};$$

$$S_{CK.min2} = \left( \sqrt{1 + 81,8 \cdot \frac{2 \cdot 114 \cdot 10^3}{81,2 \cdot 10^6}} \right)^2 = 1,249 \text{ (1,9 дБ)}.$$

б) послаблення на межі смуги проникання

$$M = \left( \sqrt{1 + \left( Q \frac{\Delta F}{f} \right)^2} \right)^{n_c};$$

$$M_{PP.C.max1} = \left( \sqrt{1 + \left( 65 \cdot \frac{114 \cdot 10^3}{84,5 \cdot 10^6} \right)^2} \right)^2 = 1,03 \text{ (0,3 дБ)};$$

$$M_{PP.C.min1} = \left( \sqrt{1 + \left( 76,9 \cdot \frac{114 \cdot 10^3}{64,5 \cdot 10^6} \right)^2} \right)^2 = 1,076 \text{ (0,7 дБ)};$$

$$M_{\text{ПР.С. max 2}} = \left( \sqrt{1 + \left( 70 \cdot \frac{114 \cdot 10^3}{108,5 \cdot 10^6} \right)^2} \right)^2 = 1,161 \text{ (1,3 дБ)};$$

$$M_{\text{ПР.С. min 2}} = \left( \sqrt{1 + \left( 81,8 \cdot \frac{114 \cdot 10^3}{81,2 \cdot 10^6} \right)^2} \right)^2 = 1,249 \text{ (1,9 дБ)}.$$

З розрахунків видно, що смуга послаблення сигналу контурами про-селектора мала і менше прийнятої величини затухання преселектора  $M_{\text{ПР}} = 2$  дБ.

в) вибірність за дзеркальним каналом

$$S_{3K} = \left( Q \left| \frac{f_3}{f'} - \frac{f'}{f_3} \right| \right)^{n_c} \cdot \frac{f_3}{f'};$$

$$S_{3K \text{ max 1}} = \left( 65 \cdot \left| \frac{87,8}{84,5} - \frac{84,5}{87,8} \right| \right)^2 \cdot \frac{87,8}{84,5} = 45 \text{ (33 дБ)};$$

$$S_{3K \text{ min 1}} = \left( 76,9 \cdot \left| \frac{67,8}{64,5} - \frac{64,5}{67,8} \right| \right)^2 \cdot \frac{67,8}{64,5} = 51,9 \text{ (34 дБ)}$$

$$S_{3K \text{ max 2}} = \left( 70 \cdot \left| \frac{109,8}{108,5} - \frac{108,5}{109,8} \right| \right)^2 \cdot \frac{109,8}{108,5} = 52 \text{ (34 дБ)};$$

$$S_{3K \text{ min 2}} = \left( 81,8 \cdot \left| \frac{84,5}{81,2} - \frac{81,2}{84,5} \right| \right)^2 \cdot \frac{84,5}{81,2} = 56 \text{ (35 дБ)}.$$



З проведених розрахунків видно, що розрахована величина на всіх піддіапазонах перевищує задану величину  $S_{ЗК} = 30$  дБ, тому вибір схеми преселектора виконаний вірно.

г) вибірність за проміжною частотою

$$S_{ПП} = \left( Q_{\min} \left| \frac{f_{ПП}}{f'_{\min}} - \frac{f'_{\min}}{f_{ПП}} \right| \right)^{n_c} \cdot \frac{f_{ПП}}{f'_{\min}};$$

$$S_{ПП1} = \left( 76,9 \cdot \left| \frac{3,3}{64,5} - \frac{64,5}{3,3} \right| \right)^2 \cdot \frac{3,3}{64,5} = 113910 \text{ (105 дБ)};$$

$$S_{ПП2} = \left( 81,8 \cdot \left| \frac{3,3}{81,2} - \frac{81,2}{3,3} \right| \right)^2 \cdot \frac{3,3}{81,2} = 164020 \text{ (120 дБ)}.$$

З розрахунків видно, що розрахована величина  $S_{ПП}$  кожного з піддіапазонів більша, ніж вибірність за сусіднім каналом. Отже, в схемі не потрібен додатковий фільтр.

### 2.1.8 Вибір ІМС радіотракту приймача

Для зменшення габаритних розмірів, маси та стабільності в роботі в приймачі доцільно використати мікросхему СХА1238 (СХА1258) [8, 9].

На структурній схемі, показаній на рисунку 2.2, (та наведена в додатку А рис.2) цифрами позначені:

- 1 – ГКН стереодекодера;
- 2 – джерело опорної напруги стереодекодера;
- 3 – подільник частоти ГУН;
- 4, 5 – фазові детектори стереодекодера;
- 6 – перемикач «моно/стерео»;

- 7 – підсилювач постійного струму;
- 8 – декодер і підсилювач НЧ сигналу;
- 9 – буферний підсилювач;
- 10 – стабілізатор опорних напруг;
- 11 – схема автоматичного управління режимом «моно/стерео»;
- 12 – вхідний стабілізатор;
- 13 – блок визначення рівня сигналу для підстроювання частоти ГУН|;
- 14, 15 – підсилювачі постійного струму;
- 16 – гетеродин, ПВЧ і змішувач тракту ЧМ;
- 17 – гетеродин, ПВЧ і змішувач тракту АМ;
- 18 – буферний підсилювач;
- 19 – ППЧ ЧМ і частотний детектор;
- 20 – ППЧ АМ і амплітудний детектор;
- 21 – блок управління безшумною настройкою;
- 22 – драйвер індикатора точної настройки.

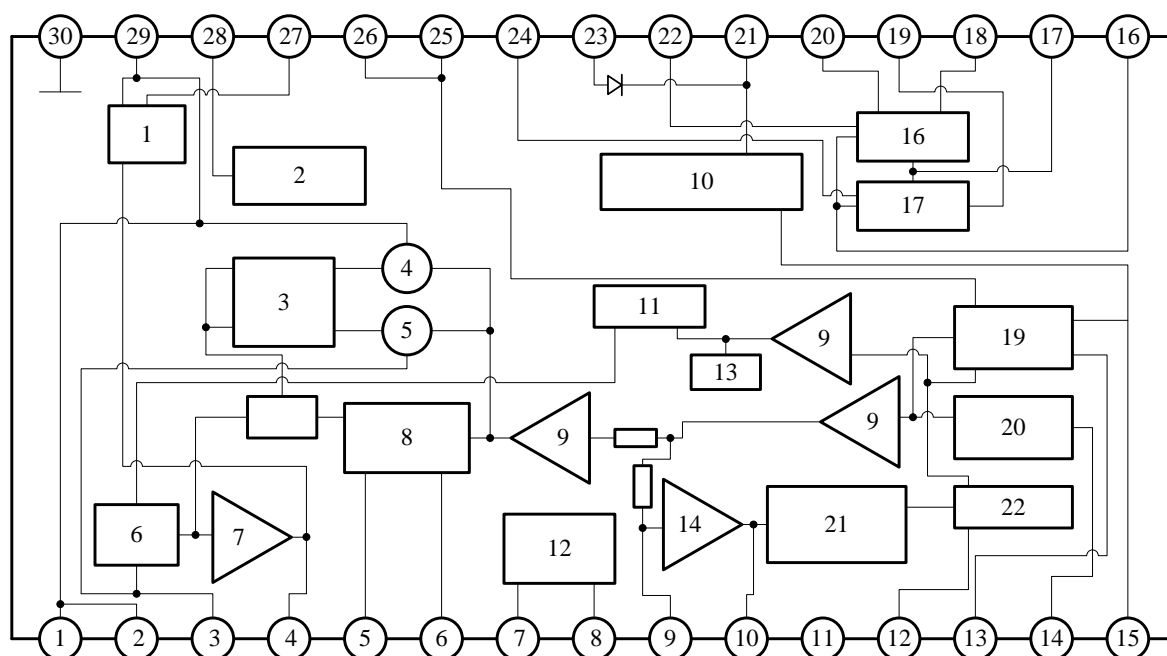


Рисунок 2.2 – Структурна схема мікросхеми CXA1538

Принципова електрична схема приймача приведена на рисунку 2.3 (та наведена в додатку А рис.3). Зупинимося на деяких її особливостях. У всіх конструкціях, якщо виникала необхідність у використанні гетеродинної ФАПЧ, доводилося включати зовнішній варикап. В цій мікросхемі варикап вбудований в кристал і розташований між виводами 21–23, тому залишається лише правильно його підключити. В ІМС використовується така особливість система ФАПЧ, як робота «навпаки». В результаті зворотної роботи ФАПЧ смуга утримання не розширюється, а звужується. Практично це виражається в неможливості точно настроїтися на частоту, що приймається. В той момент, коли, здавалося б, має «пійматися» максимум настройки, відбувається стрибок через цей максимум на інший край.

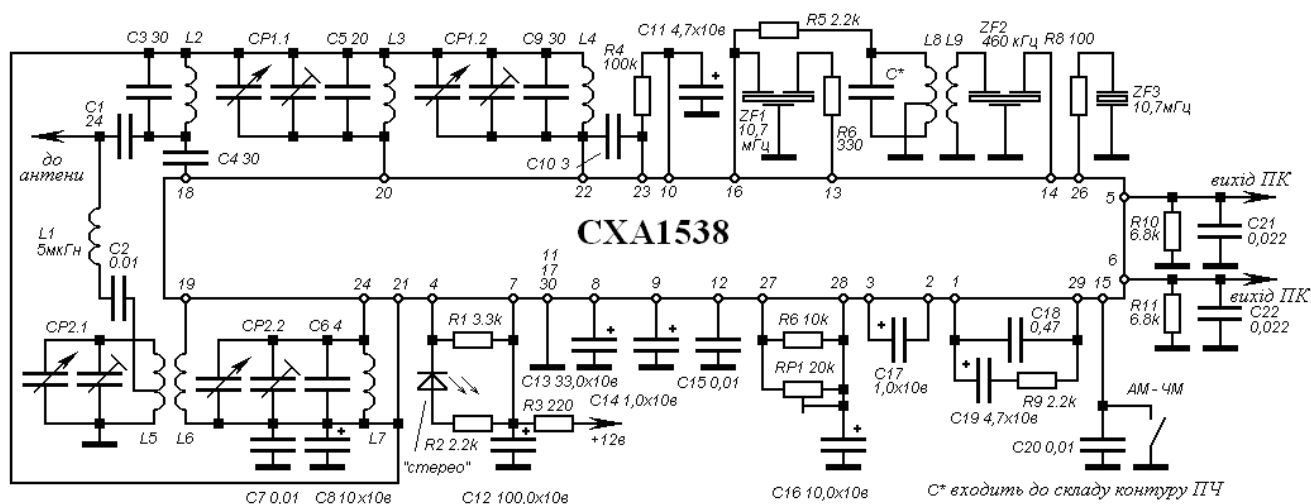


Рисунок 2.3 – Принципова електрична схема приймача  
на базі мікросхеми CXA1538

Таблиця 2.1– Призначення виводів мікросхеми CXA1538

1	Вивід підключення ФНЧ ГУН стереодекодера
2	Об'єднаний з виводом 1
3	Вивід конденсатора детектора пілот-тону
4	Вивід індикатора режиму «стерео»
5	Вихід правого каналу
6	Вихід лівого каналу
7	Живлення

Продовження таблиця 2.1– Призначення виводів мікросхеми  
СХА1538

8	Вивід підключення блокувального конденсатора
9	Вивід конденсатора АРП /ФАПЧ ЧМ
10	Вивід підключення конденсатора ФАПЧ ЧМ
11	Спільний вивід трактів ПЧ і детекторів
12	Вивід індикатора точної настройки
13	Вхід тракту ПЧ ЧМ
14	Вхід тракту ПЧ АМ
15	Вивід перемикаччя АМ/ЧМ
16	Вихід змішувачів трактів АМ і ЧМ
17	Спільний вивід ВЧ АМ і ВЧ ЧМ
18	Вхід підсилювача радіочастоти ЧМ
19	Вхід тракту ВЧ АМ
20	Вивід підключення контуру преселектора ЧМ
21	Вивід джерела опорної напруги
22	Вивід гетеродина ЧМ тракту
23	Вивід варикапу системи ФАПЧ
24	Вивід гетеродина АМ тракту
25	Вивід конденсатора сталої часу БШН
26	Вивід підключення дискримінатора СДА
27	Вивід установки частоти ГУН стереодекодера
28	Вивід джерела опорної напруги стереодекодера
29	Вивід підключення ФНЧ ГУН стереодекодера
30	Спільний вивід стереодекодера

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики мікросхеми СХА1538

Технічні параметри	Мінімальний	Максимальний	Одиниця вимірювання
Напруга живлення	2,0	9,0	В
Споживаний струм: в режимі ЧМ в режимі АМ	7,0 5,0	15 12	мА
Максимальна чутливість (відношення «сигнал/шум» на рівні - 3 дБ)	1,0	1,2	мкВ
Коефіцієнт підсилення преселектора	28	42	дБ

Продовження таблиці 2.2 – Основні технічні характеристики мікросхеми СХА1538

Номінальний струм індикатора точної настройки (у режимі настройки на носійну)	1,8	7,0	мА
Номінальний струм індикатора «стерео»	1,8	5,0	мА
Коефіцієнт послаблення вихідного сигналу в режимі БШН	16	30	дБ
Розділення стереоканалів	30	–	дБ
Загальні нелінійні спотворення	–	2,0	%

Щоб уникнути таких неприємностей, в мікросхемі ввели можливість вибору керування системою ФАПЧ. Якщо частота гетеродина менше частоти сигналу, використовується напруга з виводу 9, якщо вище – з виводу 10. Для регулювання смуги утримання системи ФАПЧ можна змінювати ємність конденсатора С14.

Частота вільних коливань ГУН стереодекодера регулюється резистором R14. Розробники мікросхеми відзначають, що, оскільки система автоматичного перемикачання режимів «моно/стерео» ретельно розроблена, немає необхідності вводити в схему вимикач примусового включення режиму «моно». Для індикації режиму «стерео», а також для контролю настройки, використовуються індикатори HL1 і HL2. Щоб система індикації працювала правильно, надійно включала і вимикала світлодіоди, в схему введені резистори R5 і R6. Елементи R8, С8 і R9, С9 – кола корекції передспотворень звукового сигналу. У даній схемі приведені номінали забезпечують роботу з сталою часу 75 мкс. Для отримання можливості працювати з сталою часу 50 мкс необхідно скорегувати значення ємності конденсаторів С8 і С9 до величини 8,2 нФ.

В частотному детекторі приймача використовується дискримінатор СДА, включений послідовно з резистором R12 для зменшення гармонічних спотворень. Розробники рекомендують при необхідності підібрати цей резистор з метою зменшення спотворень при використанні деяких типів СДА. Звичайно, можна скористатися і еквівалентом. При цьому, як вказано

в технічних умовах, дещо погіршає чутливість приймача (на 2–3 дБ). Мікросхема має так звану «м'яку систему шумопониження», або безшумної настройки. Для варіанту включеної системи БШН резистор R15 встановлювати не потрібно.

При введенні каскаду ПРЧ можна суттєво покращити чутливість приймача. ПРЧ можна виконати за високочастотному транзисторі BF597A за схемою резистивного підсилювача.

## 2.2 Розробка схеми синтезатора частоти

В сучасних умовах можлива не тільки високоточна установка частоти прийому, але ще і занесення в пам'ять приймача частоти настройки, а також миттєвий видобуток з пам'яті при необхідності. Структурна схема синтезатора частоти зображена на рисунку 2.4 (та наведена в додатку А рис.4). Генератор G1 – опорний генератор, частота якого підтримується з високою точністю. Найчастіше в якості задавального елемента генератора використовується кварцовий резонатор. Частота цього генератора піддається діленню з коефіцієнтом  $n$  в блоці A1 до значення, відповідного необхідній сітці частот, або кроку, з яким можлива перебудова частоти прийому. Крок перестроювання не має бути дуже великим, інакше деякі станції можуть бути пропущені. Недоцільно робити крок дуже маленьким, оскільки важлива також швидкість перестроювання, та й якість звучання приймача від цього не підвищиться. Очевидно, сітка частот визначатиметься шириною смуги пропускання тракту ПЧ супергетеродинного приймача. Оптимальний крок складає приблизно  $(0,1 \dots 0,05)$  від ширини смуги пропускання ПЧ.

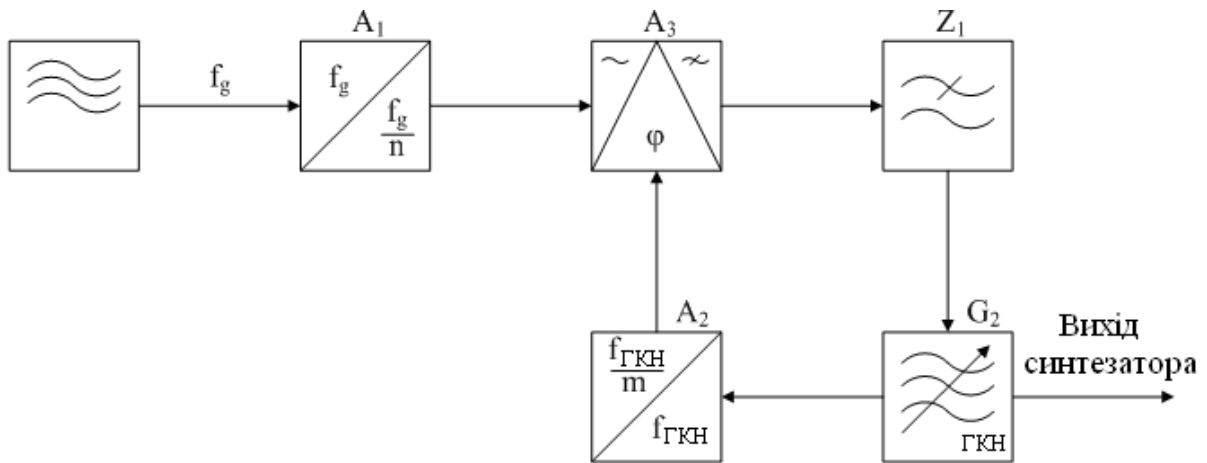


Рисунок 2.4 – Структурна схема цифрового синтезатора частоти

У складі синтезатора частоти є генератор, керований напругою (ГКН)  $G_2$ , який одночасно є гетеродином радіоприймача. Частота цього генератора також ділиться з коефіцієнтом  $m$  в блоці  $A_2$ . Опорна частота і частота ГКН подаються на фазовий детектор  $A_3$ , який формує сигнал, що управляє пропорційно фазовій, а значить, і частотній помилці між обома сигналами. Сигнал фазової помилки проходить через ФНЧ  $Z_1$  і підстроює частоту ГКН до моменту збігу опорної частоти і частоти ГКН (з точністю до фази). Частота ГКН визначається з такого виразу

$$f_{ГКН} = \frac{m}{n} \cdot f_G \text{ [кГц]}.$$

Добре видно, яким способом ми можемо перестроїти синтезатор. Досягається це зміною коефіцієнта ділення  $m$  лічильника  $A_2$ . Ще один важливий факт: сам по собі ГУН може мати невисоку стабільність, але синхронізований кварцовим генератором він набуде стабільність останнього!

Фільтр  $Z_1$  – це не просто інтегрувальне коло, а розрахована за досить непростою методикою пропорційно-інтегрувальне коло. Особливість такого кола полягає в штучному припиненні спаду частотної характеристики в області високих частот при додаванні послідовно з конденсатором активного опору. Тому що синтезатор частоти побудований на основі системи ФАПЧ, в якій принциповим моментом є наявність зворотного зв'язку, то

з'являється поняття стійкості системи в цілому. Потрібно так дотримати фазові зсув, щоб в петлі не виникла генерація. Крім того, система ФАПЧ в даному випадку має швидко реагувати на процес перестройки частоти, але в той же час не реагувати на випадкові завади, стрибки напруги і на інші дестабілізувальні фактори.

Забезпечити стійкість петлі ФАПЧ – завдання найбільш складне і не-тривіальне. Вирішити це завдання методом проб і помилок дуже важко, оскільки часто виявляється, що «завал» високих частот в петлі призводить не до усунення, а до посилення генерації. В світі сьогодні випускається безліч різних синтезаторів частоти для професійної і аматорської апаратури. Нажаль, більшість мікросхем непридатні для застосування в проектуваному приймачі внаслідок високої «інтеграції», вузького застосування, незручних в монтажі корпусів і високої вартості. Але випускаються і прості варіанти, які можна застосувати в проектуваному приймачі. Наприклад, фірма «Філіпс» давно засвоїла і випускає мікросхеми SAA1057 і TSA6057.

Отже, мікросхема SAA1057 [8] коштує приблизно 2\$ і випускається в 18-вивідному корпусі DIP. Призначення виводів приведено в таблиці 2.3, а електричні характеристики приведені в таблиці 2.4.

Програмування синтезатора здійснюється за допомогою двох слів довжиною по 16 біт кожне. Слово «В», що містить службову інформацію, «прошивається» в першу чергу, слово «А» містить дані про частоту настрійки. Тому що синтезатор використовується тільки в діапазоні ЧМ, слово «В» можна «прошити» тільки один раз при включенні приймача.

Таблиця 2.3 – Призначення виводів мікросхеми SAA1057

1	TR	Виводи підключення елементів, що забезпечують роботу фазового детектора
2	TCA	
3	TCB	
4	DCS	Виводи підключення блокувального конденсатора
5	IN	Вхід буферного підсилювача
6	OUT	Вихід буферного підсилювача
7	Vcca	Вивід живлення вихідного підсилювача



## Продовження таблиці 2.3 – Призначення виводів мікросхеми SAA1057

8	FFM	Вхід частоти ГУН ЧМ
9	Vcc1	Вивід живлення цифрової ВЧ частини
10	DCA	Вхідний розділовий конденсатор
11	FAM	Вхід частоти ГУН АМ
12	DATA	Лінія програмування синтезатора
13	DLEN	Лінії програмування синтезатора
14	CLB	
15	VM	Спільний вивід
16	Voc2	Вивід живлення цифрової і аналогової НЧ частини
17	XTAL	Вивід підключення кварцового резонатора
18	TEST	Тестовий вивід

Таблиця 2.4 – Електричні характеристики мікросхеми SAA1057

Технічні характеристики	Мін.	Норма	Макс.	Од. вимір.
Напруга живлення на виводі Vcc1 на виводі Vcc2 на виводі Vcc3	3,6 3,6 Vcc2	5 5 —	12 12 31	В
Споживаний струм в режимі АМ в режимі ЧМ По виводу Vccs	— — 0,3	16 20 0,8	— — 1,2	мА
Вхідна частота АМ	512	—	32000	кГц
Вхідна частота ЧМ	70	—	120	МГц
Вхідна ємність по виводу 11	—	3,5	—	пФ
Вхідна ємність по виводу 8	—	3,0	—	пФ
Частота кварцового генератора	—	4,000	—	МГц
Вхідні сигнали DLEN, CLB, DATA: низький рівень високий рівень	0 2,4	— —	0,8 Vcd	В
Установка сигналів DLEN, CLB, DATA	5	—	—	мкс
Утримання сигналів DLEN, CLB, DATA: DATA to CLB DLEN to CLB	0 2	— —	— —	мкс
Час готовності до прийому наступного пакету даних	03			мс

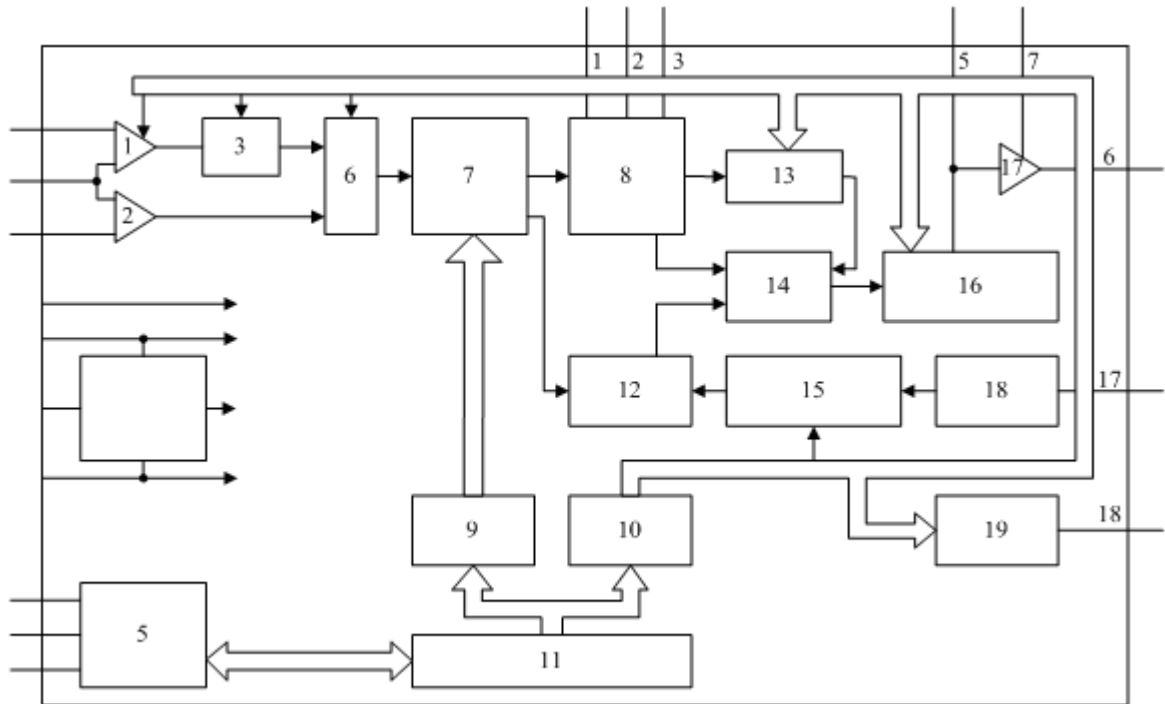


Рисунок 2.5 – Структурна схема мікросхеми SAA1057

На рисунку 2.5 (та наведена в додатку А рис.5) введено такі позначення:

- 1 – вхідний каскад ЧМ сигналу;
- 2 – вхідний каскад АМ сигналу;
- 3 – подільник на 10;
- 4 – вбудований стабілізатор напруги;
- 5 – інтерфейсна схема програмування;
- 6 – мультиплексор;
- 7 – 15-бітовий програмований лічильник;
- 8 – фазовий детектор;
- 9 – блокування слова А (15 біт);
- 10 – блокування слова В (15 біт);
- 11 – паралельний регістр (16 біт);
- 12 – цифровий фазовий детектор;
- 13 – лічильник;
- 14 – суматор;

- 15 – подільник частоти опорного генератора (коефіцієнт 100 або 125);
- 16 – програмований підсилювач струму;
- 17 – буферний каскад;
- 18 – опорний кварцовий генератор;
- 19 – схема формування тестового сигналу.

Структура слів керування показана на рисунку 2.6. Шістнадцятий біт кожного слова визначає приналежність його до тієї або іншої групи (А або В). До введення будь-якого слова має бути встановлено стан leading zero (провідний нуль), про який буде сказано пізніше. Слово «А» може програмуватися в діапазоні від 512 до 32767 (у десятковому представленні) та інших особливостей не має. А ось слово «В» вимагає значно докладніших пояснень. Розглянемо послідовність біт при програмуванні слова «В».

	0	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
leading zero																
	1	FM	REFH	CP3	CP2	CP1	CP0	SB2	SLA	PDM1	PDM0	BRM	T3	T2	T1	T0

Рисунок 2.6 – Структура слова керування

- FM – селектор АМ/ЧМ («1» — ЧМ, «0» — АМ);
- REFH – крок сітки частот (в режимі ЧМ: «1» – 12,5 кГц, «0» – 10,0 кГц;
- в режимі АМ: «1» – 1,25 кГц, «0» – 1,00 кГц;
- CP3, CP2, CP1, CP0 – біти вибору режиму вихідного струму програмування підсилювача струму.

Таблиця 2.5 – Біти вибору режиму роботи

CP3	CP2	CP1	CPO	I <sub>вих</sub> , мА
0	0	0	0	0,023
0	0	0	1	0,07
0	0	1	0	0,23
0	1	1	0	0,7
1	1	1	0	2,3

Не рекомендується використовувати в схемах синтезаторів перший рядок таблиці 2.5, оскільки в цьому випадку значно зменшується швидкість перестроювання по діапазону і зростає ймовірність самозбудження [15].

- SB2 – біт автоматичної установки. У випадку, якщо цей біт програмується в „0”, молодші 8 біт слова „В” автоматично стають нулями;
- SLA – біт способу передачі („1” - синхронна, „0” - асинхронна); рекомендується тільки асинхронний спосіб передачі [15].
- PDM1, PDM0 – біти керування цифровим фазовим детектором.
- BRM – біт включення вихідного підсилювача, що дозволяє відключити підсилювач в моменти передачі даних („1” - автоматичне відключення; „0” – постійне включення), рекомендується постійне включення [15].
- T3, T2 T1, T0 – біти задавання тестового сигналу (рекомендується ці біти програмувати нулями).

Таблиця 2.6 – Призначення біт PDM1, PDM0

PDM1	PDM2	Стан цифрового фазового детектора
0	X	Автоматичне включення/виключення
1	0	Постійно включений

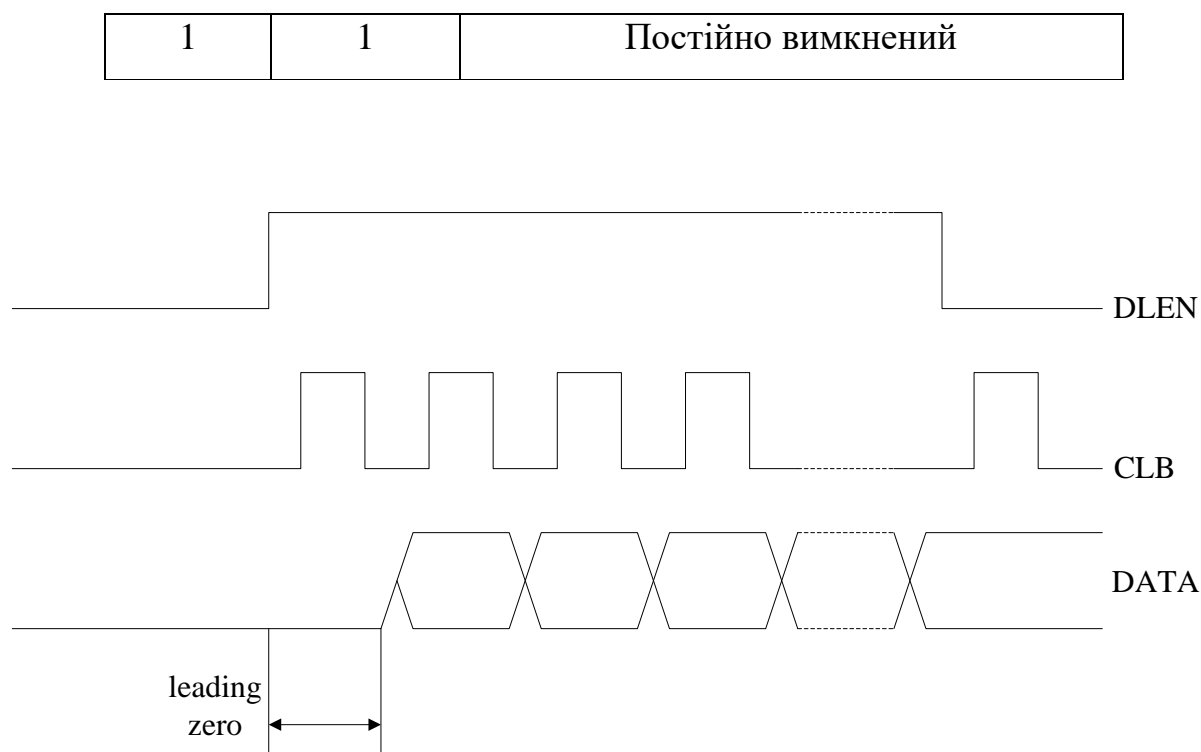


Рисунок 2.7 – Програмування синтезатора частоти

Програмування синтезатора частоти здійснюється за діаграмою, приведеною на рисунку 2.7. Спочатку всі три лінії (DLEN, CLB, DATA) встановлюються в нульовий стан. Після цього лінія DLEN переводиться в стан „1” і синхронізується імпульсом по входу CLB. Далі поступає пакет даних, який синхронізується по входу CLB. Після закінчення передачі пакету даних (першим має бути переданий біт 16, останнім – біт 0) лінія DLEN переводиться в стан нуля і слідує сінхроімпульс по входу CLB. Якщо остання операція не буде виконана, синтезатор не зможе почати роботу.

Типова схема включення синтезатора на базі мікросхеми SAA1057 приведена на рисунку 2.8 (та наведена в додатку А рис.6).

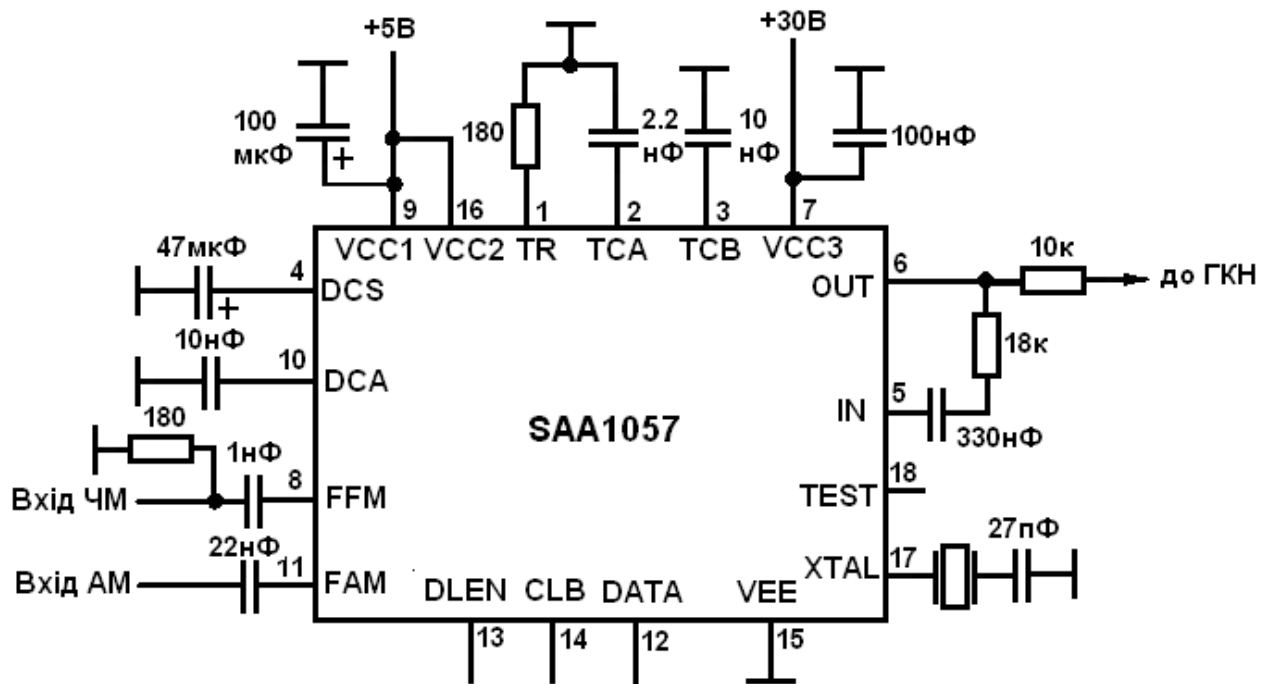


Рисунок 2.8 – Типова схема застосування мікросхеми SAA1057

### 2.3 Вибір мікроконтролера та розробка схеми керування та індикації

До початку 1990-х широко використовувана серія мікроконтролерів MCS51, вироблена багатьма виробниками (Intel, Philips, Temic, OKI, Siemens тощо), стала де-факто промисловим стандартом для 8-розрядних систем і ідеально підходила для різноманітних завдань, особливо якщо вибрати кристал з додатковою вбудованою периферією і більш високою тактовою частотою. Звісно, є й зворотний бік медалі – ці мікроконтролери мають більш високе енергоспоживання. Тоді, якщо необхідно отримати високоефективний кристал при фіксованому споживанні електроенергії або, навпаки, знизити останню без втрати продуктивності, увага розробника часто залишається на мікросхемах Dallas Semiconductor, Microchip або Hitachi. Широко розроблене сімейство контролерів PiC від Microchip і мікроконтролерів H8/300 від Hitachi пропонують значно високу продуктивність і низьке енергоспоживання.

Нові процесорні платформи Texas Instruments MSP430 і XE8000 Xemics також заслуговують пильної уваги, особливо якщо основним критерієм кінцевої мети є мінімальне енергоспоживання.

Остаточний вибір розробниками тієї чи іншої мікропроцесорної платформи для реалізації поставлених завдань залежить від великої кількості факторів, у тому числі й економічних. Звичайно, через складність задачі, що вирішується, першою умовою залишається отримання найбільш вигідного співвідношення «витрати-ефективність-енергоспоживання». Можливо, така ситуація стала поштовхом для розробки нових 8-розрядних мікроконтролерів у середині 1990-х років.

AVR, мабуть, одна з найцікавіших областей, які розвиває Atmel. Вони є потужними інструментами для створення сучасних високопродуктивних і економічних багатоцільових контролерів. Наразі співвідношення «ціна-продуктивність-продуктивність-енергоспоживання» AVR є одним із найкращих на світовому ринку.

Кількість сторонніх компаній, які розробляють і виробляють різні інструменти підтримки розробки програмного та апаратного забезпечення для них, зростає в геометричній прогресії. Можна вважати, що AVR поступово стає ще одним промисловим стандартом у 8-розрядних мікроконтролерах загального призначення [5].

Для управління синтезатором частоти вибираємо мікроконтролер серії AVR ATTINY2313. Розглянемо його архітектуру.

Мікроконтролер ATTINY2313 є синхронним пристроєм. Операції, що виконуються в мікроконтролері, пов'язані з імпульсами тактового сигналу.

Використання тактового генератора (GCK):

- Внутрішній генератор із зовнішнім кварцовим або керамічним резонатором (XTAL);
- Внутрішній RC генератор (IRC);
- Внутрішній генератор із зовнішньою RC схемою (ERC);

- Зовнішній генератор (EXH).

У мікроконтролерах із внутрішнім генератором із зовнішнім резонатором (XTAL) резонатор підключається до висновків XTAL1 і XTAL2, які підключаються до шини GND через малий конденсатор (20...30 пФ). Тактова частота визначається робочою частотою резонатора. Виводи XTAL1 і XTAL2 є входом і виходом відповідно і інвертуються підсилювачем, який використовує кварцовий резонатор, який діє як вбудований генератор. Процесор (CPU) формує адресу наступної команди, вибирає команду з пам'яті та організовує її виконання. Формат коду команди – «слово» (16 біт) або «два слова».

Крім лічильника команд (ПК), арифметико-логічного пристрою (АЛП) і блоку регістрів загального призначення (ГПР) до складу процесора входять і інші функціональні елементи. ALU виконує операції між регістрами в цьому регістровому файлі. ALU виконує операцію між регістрами цього реєстрового файлу. Операції ALU підрозділяються на три основні категорії: арифметичної, логічні й операції над бітами. Оперативна пам'ять типу Static SRAM призначена для зберігання даних, отриманих під час роботи мікроконтролера. При вимиканні напруги живлення мікроконтролера дані в SRAM губляться. Комірка пам'яті містить 8 розрядів.

Data SRAM 2313 має ємність 128x8 байт і займає адресний простір від \$60 до \$DF.

Пристрої енергонезалежної пам'яті FlashROM призначені для зберігання кодів програмних команд і констант. Місце пам'яті містить 16-розрядне число. Він може зберігати код команди у форматі "слово", половину коду команди або код двох констант у форматі "двох слів".





- послідовний порт UART;
- Послідовний порт TWSI (I2C);
- Таймер-лічильник загального призначення;
- Сторожовий таймер;
- аналого-цифрові перетворювачі;
- аналоговий компаратор;
- Програмований апаратний модулятор;
- Блоки переривань.

Паралельні порти введення/виведення (порти P, D) використовуються для введення та виведення даних. Мікроконтролери серії AVR мають від 1 до 6 портів. Порт може мати від трьох до восьми контактів. Порт виведення може працювати в режимі введення або виведення. Напрямок передачі біта кожного виводу встановлюється окремо.

Виходи деяких портів можуть використовуватися для виконання альтернативних функцій під час інших операцій пристрою, крім введення та виведення бітів даних.

Послідовний порт введення/виведення SPI (Serial Peripheral Interface) використовується для введення та виведення байтів під час обміну даними з іншими пристроями, які мають порт SPI. Комутація виконується під керуванням тактового сигналу порту. Пристрій, який ініціює обмін і генерує тактовий сигнал, є головним пристроєм. Пристрій, який виконує обмін при отриманні тактового сигналу, є підлеглим пристроєм. Під час обміну обидва пристрої передають і отримують байт безперервно, біт за бітом, одночасно. Заміна виконується з використанням трьох шин.

Послідовний порт вводу/виводу UART (універсальний асинхронний приймач-передавач) призначений для надсилання та отримання байтів даних по двопровідній лінії зв'язку (наприклад, через інтерфейс RS-232C або «струмовий шлейф»). Прийом і відправка можуть здійснюватися одночасно.

Послідовний порт введення/виведення TWSI (двопровідний послідо-

вний інтерфейс) призначений для обміну байтами даних з іншими пристроями через двопровідну шину I2C (інтегральна схема). До шини можна підключити до 127 пристроїв.

Таймер/лічильники загального призначення призначені для створення запиту на переривання після завершення заданого інтервалу часу (режим таймера) або завершення заданої кількості подій (режим лічильника). Мікроконтролер серії ATTINY2313 має два лічильники таймерів T/CX загального призначення (X - номер лічильника таймерів).

Основним елементом лічильника таймера є базовий лічильник, який завантажує число, яке потрібно додати. Коли відбувається переповнення, генерується запит на переривання Timer/C OVF.

Лічильники таймерів загального призначення можуть виконувати додаткові функції:

- Функція захоплення;
- Функція порівняння;
- Функція широтно-імпульсного модулятора;
- Функція підрахунку в реальному часі.

Функція захоплення полягає в збереженні коду, згенерованого в основному лічильнику, у спеціальному регістрі захоплення, коли змінюється значення, визначене зовнішнім або внутрішнім сигналом. Одночасно генерується запит на переривання T/S SART.

Функція порівняння полягає у зміні значення сигналу на призначеному виході мікроконтролера, коли код, згенерований у базовому лічильнику, збігається з кодом у спеціальному регістрі порівняння. При цьому формується запит на переривання T/S COMP.

Функція широтно-імпульсного модулятора (ШІМ) полягає у формуванні послідовності імпульсів із заданим періодом повторення та тривалістю імпульсу на заданому виході мікроконтролера.

Функції порівняння та ШІМ реалізовані за допомогою одного апаратного забезпечення. Виберіть потрібну функцію програмними засобами.

У лічильнику таймера реалізована функція підрахунку в реальному часі (годинник реального часу) при використанні додаткового внутрішнього генератора із зовнішнім резонатором з частотою 32768 Гц.

Сторожовий таймер призначений для усунення наслідків несправності під час програми шляхом перезапуску мікроконтролера при виявленні несправності. Сторожові таймери присутні у всіх типах мікроконтролерів.

Аналого-цифровий перетворювач формує десятирозрядний двійковий код, числа якого пропорційні напрузі аналогового сигналу на вході мікроконтролера. У мікроконтролері AVR до перетворювача можна підключити від чотирьох до восьми входів мікроконтролера.

Аналоговий компаратор порівнює амплітуду аналогового сигналу, що надходить на два входи мікроконтролера, і формує запит на переривання ANA COMP, коли різниця в їх значеннях змінює знак. У той же час також може бути виданий сигнал для виконання функції захоплення в загальному лічильнику таймера.

Таблиця 2.7 – Додаткові функції виводів порту В

Вивід порту	Додаткова функція
PB7	Тактовий сигнал послідовної SPI шини – SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	Установка Ведучий вхід/Ведений вихід SPI шини – MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	Установка Ведучий вихід/Ведений вхід SPI шини – MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB3	Порівняння виходу і PWM вихід А таймера/лічильника1 - OC1A/PWM1A (Output Compare and PWM Output A for Timer/Counter1)
PB1	Негативний вхід компаратора (AI1)
PB0	Позитивний вхід компаратора (AI0)

Таблиця 2.8 – Додаткові функції виводів порту D

Вивід порту	Додаткова функція
PD0	Вхід приймача даних – RXD
PD1	Вхід передавача даних – TXD
PD2	Вхід зовнішнього переривання 0 – INT0 - (External Interrupt2 Input)
PD3	Вхід зовнішнього переривання 0 – INT1 - (External Interrupt3 Input)
PD4	Вхід тактового сигналу таймера/лічильника 0 – T0 - (Timer/Counter1 Clock Input)
PD5	Вхід тактового сигналу таймера/лічильника 1 – T1 - (Timer/Counter2 Clock Input)
PD6	Вхід захоплення таймера/лічильника 1 – ICP - (Timer/Counter1 Input Capture Trigger)

Проаналізувавши особливості архітектури АТТІNY2313, розробимо функціональну схему використання мікроконтролера в радіоприймачі, представлена на рисунку 2.10 (та наведена в додатку А рис. 7). Для керування синтезатором частоти використовуються три лінії порту В: PB6, PB5, PB4. На цих лініях формуються сигнали DATA, CLB, DLEN. Від ІМС СХА1538 надходять сигнали індикації настройки (виконана настройка на станцію) та індикації стереорежиму, які поступають на лінії порту В: PB3, PB2. При наявності цих сигналів спрацьовують світлодіодні індикатори „Stereo” та „Tune”, які підключені до виводів порту D: PD1, PD0. Перемикач режимів „Моно/Сtereo” підключається до PD6. При спрацьовуванні цього перемикача через PB2 передається сигнал на СХА1538 для зміни режиму роботи. До виводів PD5 і PD4 підключаються кнопки, які збільшують або зменшують частоту настройки приймача через синтезатор частоти. До виводу PB0 підключається кнопка, яка вибирає режим роботи приймача – „Сканування/запис”.

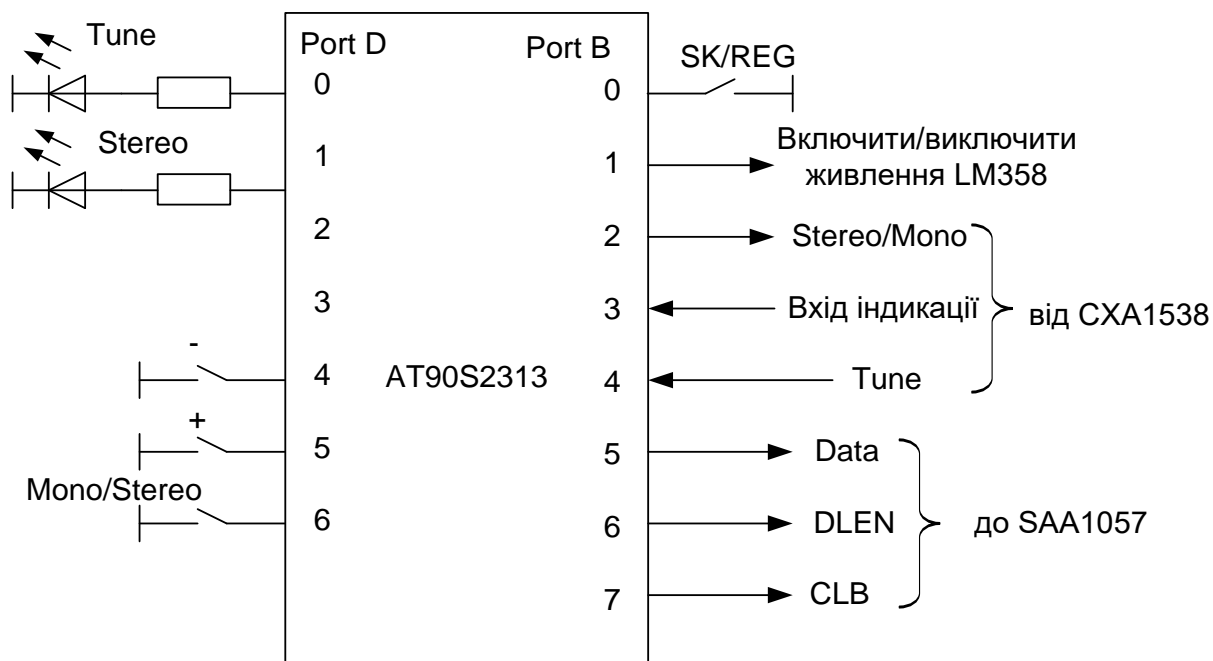


Рисунок 2.10 – Функціональна схема використання мікроконтролера АТТІNY2313 у радіоприймачі

Практично будь-який мікроконтролер має пристрої індикації. У простому випадку це всього декілька світлодіодів, а деколи це кольоровий графічний дисплей. Поява модулів рідиннокристалічних індикаторів (РКІ) з вбудованими контролерами значно спростила схеми з'єднань. Найбільш універсальними з таких модулів є матричні алфавітно-цифрові, які дозволяють відображати цифри, літери латинського і російського алфавіту і навіть псевдографіку. Проте такі РКІ – модулі досить дорогі, вони не відрізняються малим енергоспоживанням, та і у ряді пристроїв просто надмірні. Там, де не потрібні широкі можливості пристроїв індикації, більш відповідними можуть виявитися семисегментні РКІ – модулі.

Серед семисегментних РКІ – модулів найбільше поширення набули модулі на основі контролера НТ1611 (або НТ1613). Вони мають 10 знакомісць і керуються за послідовною шиною.

Окрім відображення інформації, що передається в модуль по шині, вони можуть працювати автономно в режимі годинника реального часу.

Для цього модуль має кварцовий резонатор і виводи для підключення кнопок установки часу.

При використанні модуля в мікропроцесорній системі тільки для відображення завантажуваних за послідовною шиною символів, потрібно з'єднати вивід НК із спільним проводом, а виводи 12/24, S1, S2 і TMR залишити вільними.

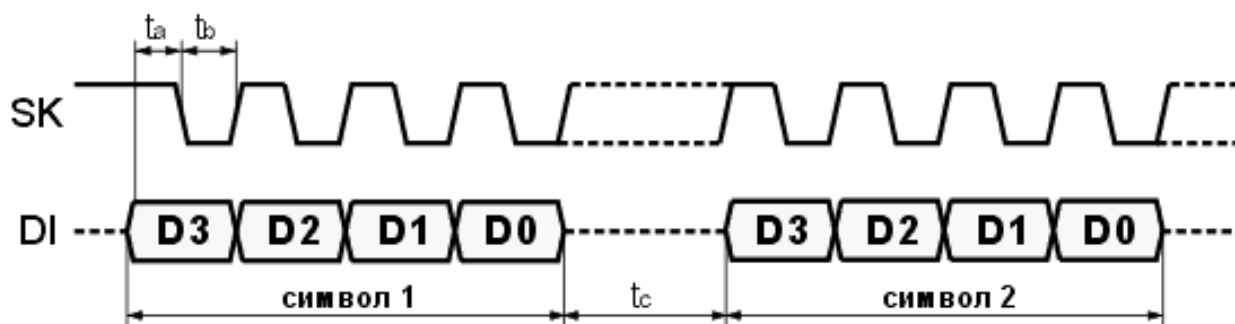


Рисунок 2.11 – Часова діаграма передачі даних

Таблиця 2.9 – Призначення виводів індикатора з контролером HT1611

№	Позначення	Функція
1	12/24	перемикання формату часу
2	Vss	спільний
3	SK	тактова лінія шини
4	DI	лінія даних шини
5	НК	перемикання годинник /індикатор
6	S1	установка часу
7	S2	вибір режиму установки часу
8	TMR	скидання таймера
9	Vdd	напруга живлення

На рисунку 2.11  $t_a$  – час установки даних ( $>1$  мкс),  $t_b$  – час утримання даних ( $>2$  мкс),  $t_c$  – інтервал між символами ( $>5$  мкс). Дані подаються на лінію DI і записуються за спадом тактових імпульсів на лінії SK. Символи відображаються в крайній правій позиції, символи, що вже є на індикаторі, зрушуються ліворуч. Після того, як всі необхідні дані передані, лінію SK

слід залишити в стані низького логічного рівня для того, щоб запобігти автоматичному переходу модуля в режим відображення значення таймера.

Кожен символ кодується 4-ма бітами, тому всього є 16 символів (рисунки 2.12).

Потрібно відзначити, що напруга живлення індикатора суттєво впливає на контрастність. При низькій напрузі контрастність недостатня, а при великій засвічуються погашені сегменти. Оптимальною є напруга, яка знаходиться в проміжку (1,50...1,65) В. Враховуючи дуже низький споживаний струм індикатора, можна обійтися і простим резистивним подільником для випадку, якщо вхідна напруга живлення постійна.

Для узгодження логічних рівнів можна застосувати різні схеми. Враховуючи той факт, що входи DI і SK мають внутрішні „підтягаючі” резистори, можна обійтися просто діодами (рисунки 2.13, а). Перевага такого способу полягає в тому, що узгодження не залежить від напруги живлення мікроконтролера. Проте такий спосіб має і недолік. Зважаючи на великі номінали підтягаючих резисторів, рівні на входах досягають стану логічної одиниці, що значно зменшує швидкості обміну. Тому переважно для узгодження використовуються резистивні подільники (рисунки 2.13, б).

D3	D2	D1	D0	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7

D3	D2	D1	D0	
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	A
1	0	1	1	B
1	1	0	0	C
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

Рисунки 2.12 – Коди символів знакогенератора



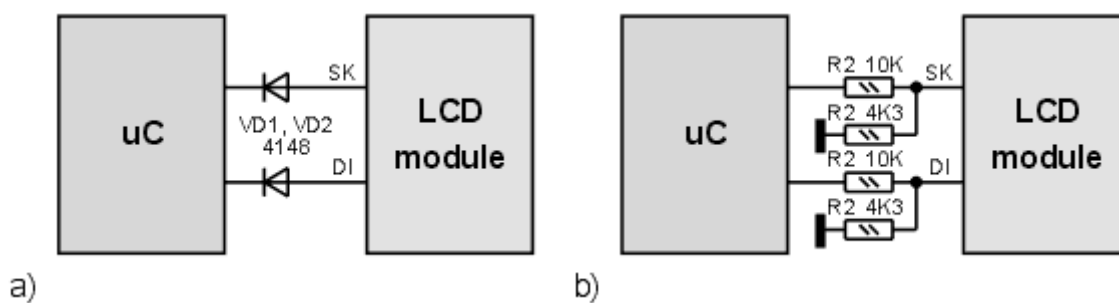


Рисунок 2.13 –Схеми узгодження логічних рівнів

Вільними в мікроконтролері АТТІNY2313 (рисунок 2.9) залишаються виводи порту D (PD3 та PD2), які можна використовувати для індикації частоти настройки. До цих ліній будуть підключені виводи DI та CLK індикатора. Підпрограма обслуговування індикатора приведена в додатку.

Специфіка надійного запуску мікроконтролера полягає в тому, щоб встановлювати сигнал RST не раніше, ніж живлення мікроконтролера досягне рівня 3,5 В. Якщо сигнал RST встановити дуже рано, коли ОЗП мікроконтролера ще не почало працювати, то це однозначно призведе до збою програми. Мікроконтролер може відразу ж «зависати», не виконавши жодної команди. Скидання має проходити автоматично, стабільно. Тому розробники рекомендують застосовувати для скидання мікроконтролера спеціалізовані мікросхеми – супервізори. Супервізори мають три виводи: спільний, живлення і вироблення сигналу RST. Тому в схемі радіоприймача для мікроконтролера застосовуємо ІМС супервізора КР1171СП42.

## 2.4 Розробка алгоритму роботи цифрової частини радіоприймача

Програма складається з головної частини і декількох підпрограм, які викликаються з головної частини або з інших підпрограм по мірі потреби. Оперативна пам'ять МК використовує декілька сегментів, два з яких (основний робочий сегмент – 40h; сегмент роботи з портами і таймером – 00h) фіксовані, а інші (сегмент перетворення двійкового числа в десяткове і запису в ПЗП – 48h; сегмент виводу в порт синтезатора – 50h; сегмент конфігурації портів – 18h; сегмент роботи з ПЗП даних – 38h; сегмент кнопок – 58h; сегмент виведення на індикаторну панель – 60h) переключаються програмно.

На початку роботи відбувається конфігурація портів та настройка переривань. Невелика затримка (0,5 с) дається на момент установки живлення і вхід в робочий режим всіх мікросхем. Затримка виконується підпрограмою **timer**. Потім здійснюється витяг з ПЗП слова конфігурації синтезатора. Необхідно зазначити, що пам'ять ПЗП містить лише 8-розрядні комірки, тоді як синтезатор працює з 16-розрядними даними. Тому для зберігання одного слова в ПЗП використовуються дві комірки, при цьому старші байти зберігаються в комірках 0...21, а молодші – в осередках, що починаються з адреси 18h. Запис і зчитування відбувається так: спочатку зчитується старший байт, потім до його адреси додається 18h і прочитується молодший байт.

Розподіл ПЗП по комірках наступний: в комірці 0 зберігається старший байт частоти, яка встановлюється при подачі живлення на схему; в комірках 1...19 містяться старші байти частот фіксованих настройок; в комірці 20 – старший байт конфігурації синтезатора частоти; в комірці 21 – старший байт значення ПЧ.

Далі відбувається конфігурація синтезатора, виведення частоти з нульової комірки та виведення на індикатор необхідної інформації (підпрограма **led**). Потім програма входить в нескінченний цикл, протягом якого

йде опитування стану порту D (очікування натиснення клавіш), а також періодичне оновлення інформації на індикаторній панелі. При натисненні відповідної клавіші здійснюється вивід в синтезатор і на панель РКІ. Особливість виведення частоти в синтезатор полягає в тому, що, оскільки гетеродин приймача працює на частоті, що відрізняється від частоти прийому на 10,7 МГц, при виведенні необхідно віднімати це значення від значення дійсної частоти настройки. Значенням частоти, що містяться в комірках %A1 і %A2, є двійковий код, який перетвориться перед виведенням на панель РКІ в п'ять десяткових цифр підпрограмою dsat. Необхідні для виведення в синтезатор і РКІ інтервали між імпульсами, що керують роботою, формуються інтервальним таймером.

### 3 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ

#### 3.1 Електричний розрахунок вхідного кола

Початкові дані для розрахунку:

- діапазон робочих частот: (87,5...108) МГц;
- добротність: 50.

Схема вхідного кола приведена на рисунку 3.1 (та наведена в додатку А рис. 9).

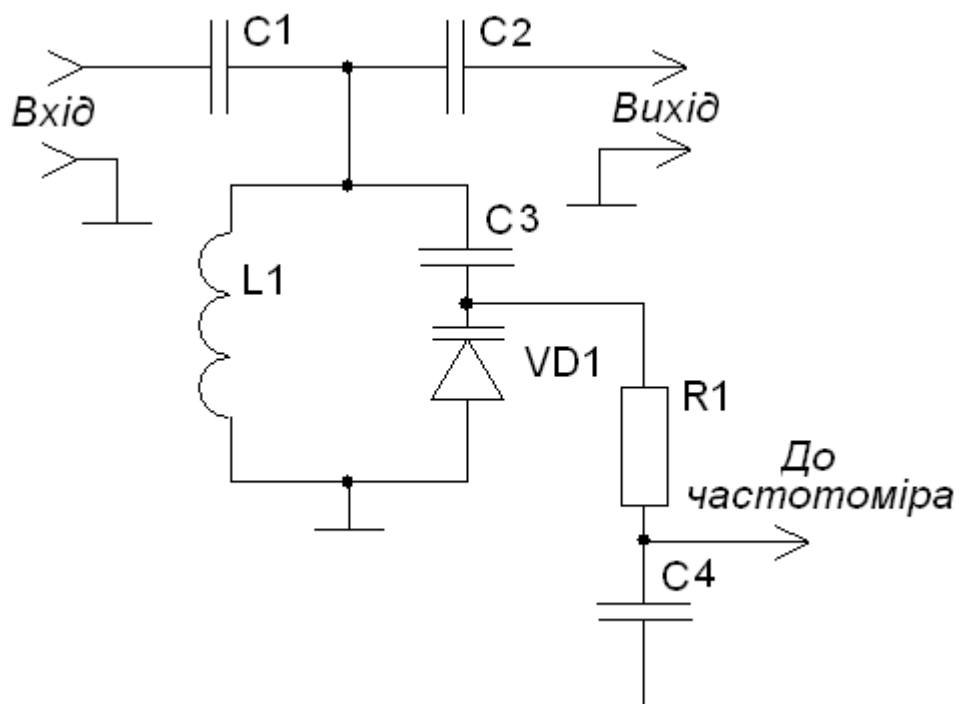


Рисунок 3.1 – Електрична схема вхідного кола

Методика розрахунку розглянута у підручнику [7].

1. Визначаємо коефіцієнт перекриття діапазону за частотою

$$K_f = \frac{f_{\max}}{f_{\min}},$$

$$K_f = \frac{108}{88} = 1,2.$$

2. Визначаємо коефіцієнт перекриття діапазону за ємністю. В якості елемента настройки контуру вибираємо варикап KB132A з такими параметрами

$$K_C = \sqrt{\frac{C_{B.\max} + C_0}{C_{B.\min} + C_0}},$$

де  $C_{B.\max} = 16$  пФ – максимальна ємність варикапа при керуванні напругою + 3,5 В;

$C_{B.\min} = 8$  пФ – мінімальна ємність варикапа при керуванні напругою + 15 В;

$C_0 = 30$  пФ – паразитна ємність схеми.

Тоді коефіцієнт перекриття діапазону за ємністю

$$K_C = \sqrt{\frac{16 + 30}{8 + 30}} = 1,1,$$

3. Визначаємо повну мінімальну ємність контуру із врахуванням всіх внесених ємностей

$$C_0 = C_{BЧ} + C_L + C_M \quad [n\Phi],$$

$$C'_{B.\min} = C_{B.\min} + C_0 = 8 + 30 = 38 \quad (n\Phi).$$

4. Визначаємо індуктивність контуру

$$L_K = \frac{2,53 \cdot 10^4}{C'_{B.\min} \cdot f_{\max}^2} \quad [мкГн],$$

$$L_K = \frac{2,53 \cdot 10^4}{38 \cdot 108^2} = 7 \text{ (мкГн)}.$$

5. Визначаємо опір резисторів схеми

$$R_{E.\max} = 2\pi L_K f_{\max} Q_{EKB} \text{ (кОм)},$$

$$R_{E.\max} = 2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 108 \cdot 10^6 \cdot 85 = 403,552 \text{ (кОм)}$$

$$R_\phi = (5 \dots 10) \cdot R_{E.\max} \text{ [кОм]},$$

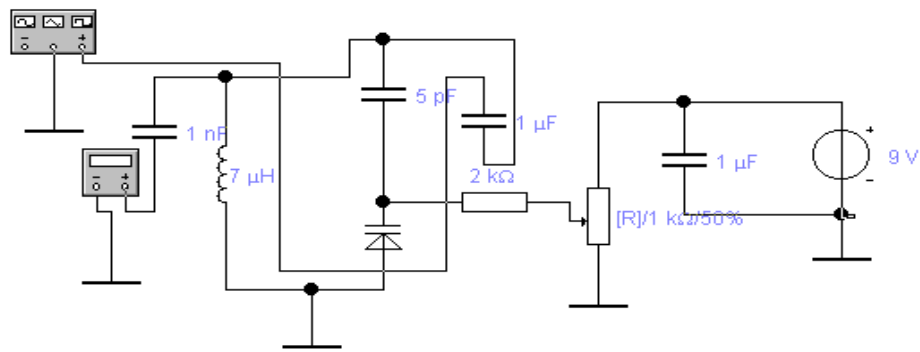
$$R_\phi = 5 \cdot 403,552 = 2017,76 \text{ (кОм)}.$$

6. Визначаємо ємність фільтра

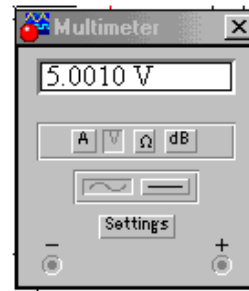
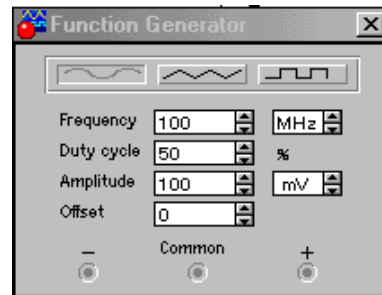
$$C_\phi = \frac{10}{2\pi f_{\max} R_\phi} \text{ [Ф]},$$

$$C_\phi = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 108 \cdot 10^6 \cdot 2017,76 \cdot 10^3} = 7,3 \cdot 10^{-15} \text{ (Ф)}.$$

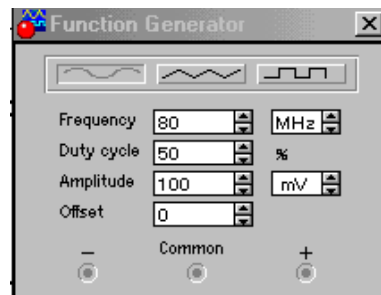
Виконуємо моделювання вхідного кола в редакторі EWB (рис.3.2) (та наведена в додатку А рис. 10).



а)



б)



в)

Рисунок 3.2 – Результати моделювання: а) схема досліду в EWB; б) визначення добротності контуру; в) дослідження роботи за діапазоном робочих частот

В ході моделювання експериментально визначаємо, що добротність контуру  $Q = \frac{U_{ВНХ}}{U_{ВХ}} = \frac{5.001}{100 \cdot 10^{-3}} \approx 50$ . Поза смугою пропускання (88...108) МГц контур послаблює (придавлює) вхідні сигнали.

Проектування схеми в EWB (рис.3.2).

Замість варікапа KB109В був застосований аналогічний типу MB2050.

За результатами розрахунку вибираємо такі елементи:

$R_{РЕГ}$  – СПЗ – 22А (змінний);

$C_{\Phi}$  – КД – 26 – М75 – 5,13пФ  $\pm 10\%$ ;

$C_K$  – К50 – 27 – 25В – 1 мкФ  $\pm 5\%$ ;

$R_{\Phi}$  – МЛТ – 0,125 – 2кОм  $\pm 5\%$ ;

VD – KB109В.

### 3.2 Електричний розрахунок стабілізатора напруги

Вхідні дані для розрахунку:

- тип мікросхеми компенсаційного стабілізатора КР142 ЕН8Б;
- споживана потужність 9 Вт;
- мінімальний рівень вхідної напруги 11,5 В;
- максимальний рівень вхідної напруги 35 В;
- вихідна напруга після стабілізатора 9 В;
- коефіцієнт пульсацій стабілізованої напруги 0,5%.

На рис.3.3 (та наведена в додатку А рис. 11) подано електричну схему стабілізатора напруги у програмі EWB 5.0.

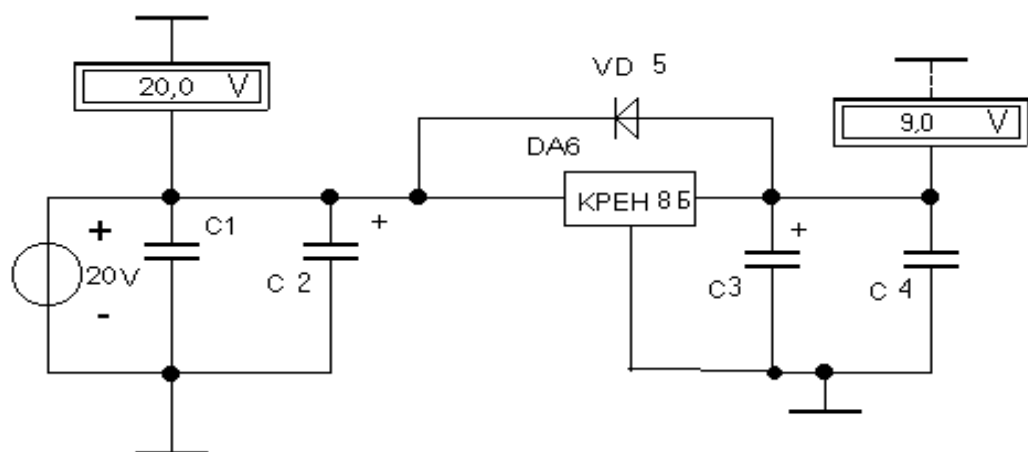


Рисунок 3.3 – Схема стабілізатора напруги, спроектована в EWB 5.0



Обираємо для розрахунку мінімальне значення параметрів елементів схеми при напрузі 20 В.

Визначаємо ємність конденсаторів  $C_1$  та  $C_2$

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2\pi f_B} [\text{мкФ}],$$

де  $f_B = 100$  Гц – для діодного моста частота биттів.

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 100} = 1592 (\text{мкФ}),$$

Приймаємо  $C_1 = C_2 = 2000$  мкФ. Обираємо конденсатори  $C_1$ ,  $C_2$

K50 – 6 – 2000 мкФ – 25В  $\pm$  10%.

За допомогою конденсатора забезпечена стійка робота інтегральної мікросхеми. При  $U_{\text{вих}} > 5$  В ємності  $C_3$  та  $C_4$  повинні мати значення

$$C_3 \geq 100 \text{ пФ};$$

$$C_4 \geq 1 \text{ мкФ}.$$

При струмі навантаження понад 100 мА мікросхему КРЕН8Б потрібно встановити на радіатор [6].

Обираємо такі типи елементів схеми:

$C_1$ ,  $C_2$  – це K50 – 6 – 2000 мкФ – 25В  $\pm$  10%;

$C_3$  – це K50 – 6 – 1 мкФ – 25 В  $\pm$  10%;

$C_4$  – це K10 – 0,01 мкФ – 50 В  $\pm$  5%;

DA1 – це КР142ЕН8Б;

VD1 – це КД 105А.

Як видно з показів радіовимірювальних приладів на рис.3.3 для обраних номіналах елементів, електрична схема працює вірно.

### 3.3 Електричний розрахунок кварцового генератора

Задавальний генератор мікроконтролера для керування виконаний на ІМС типу ATtiny2313. Вона має в своєму складі RC генератор, який розрахований на роботу із зовнішнім кварцовим резонатором. Електрична схема задавального генератора подана на рисунку 3.4.

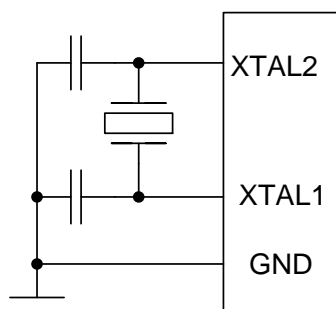


Рисунок 3.4 – Електрична схема задавального генератора

У схемі використаний кварцовий резонатор типу РК-101 з частотою генерації 4 МГц. Параметри інших елементів розраховані за формулою

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L_{KB} C1 C2}{C1 + C2}}} \text{ [МГц]}.$$

За допомогою довідника [1] визначено індуктивність кварцового резонатора, що складає 0,15 мГн.

Відношення ємності конденсаторів C1 та C3 для стійкості генерації повинна перебувати в межах 2...4.

Якщо C3 дорівнює 18 пФ, тоді C1 дорівнює

$$C1 = \frac{C3}{4\pi^2 F^2 L_{KB} C3 - 1} \text{ [нФ]},$$

$$C1 = \frac{18 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 3,14^2 \cdot (4 \cdot 10^6)^2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-12} - 1} = 25 (n\Phi).$$

Конденсатор С1 приймаємо рівним С3, та підключимо підстроювальний конденсатор С2 паралельно С1 для точного встановлення частоти. З довідника [16] обираємо такі конденсатори [15]:

С1, С3 типу К10-196-М33-18 пФ;

С2 типу КТ4-25 (6...25) пФ.

З екрану осцилографа слідує, що період коливань становить  $T=220$  нс, тобто частота коливань становить

$$f_{ГЕН.} = 1/T = 1/220 \cdot 10^{-9} = 4.55 \text{ МГц},$$

що приблизенно дорівнює 4 МГц. Амплітуда генерованих коливань складає 5,6 В. Цього достатньо для нормальної роботи частотоміра.

#### 3.4 Електричний розрахунок вхідного підсилювача

Вихідні дані для розрахунку:

- Діапазон підсилюємих частот 87,5 МГц...108МГц;
- Напруга живлення 5 В;
- Коефіцієнт підсилення за напругою, не менше 20.

Схема вхідного підсилювача приведена на рис.3.5 (та наведена в додатку А рис. 12). Діоди VD1, VD2 виконують функцію амплітудного обмеження, якщо вхідна напруга перевищує напругу відкриття діоду  $U_{пр}$ . З цієї мети краще використати германієві діоди з  $U_{пр} = (0,3...0,4)$  В. Визначимо вимоги до частотних властивостей транзистора

$$F_{cp} > F_{max} \cdot K_U = 10 \cdot 12 = 120 (МГц).$$

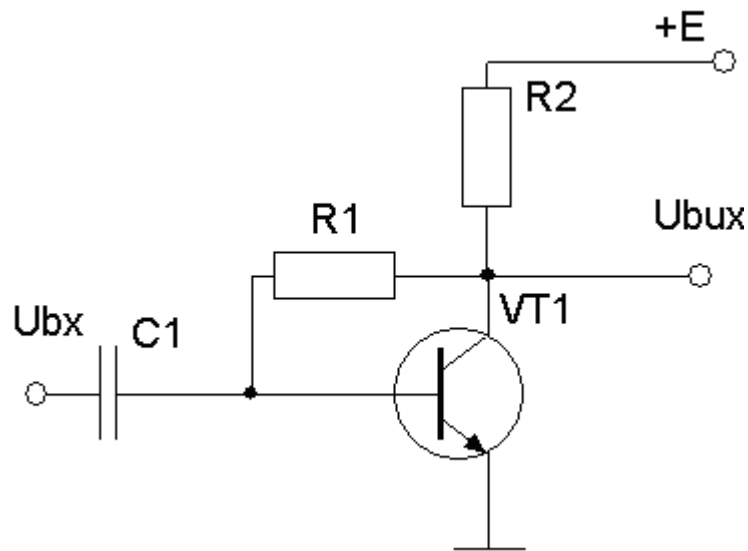


Рисунок 3.5 – Схема вхідного підсилювача

Вибираємо транзистор типу КТ368А з такими параметрами [15]:

- гранична частота транзистора  $F_{гр} = 900$  МГц;
- максимальна напруга колектор-емітер  $U_{max} = 15$  В;
- максимальний струм колектора  $I_{max} = 30$  мА;
- максимальна потужність розсіювання на колекторі  $P_{max} = 225$  мВт;
- коефіцієнт передачі по струму у схемі спільний емітер  $h_{21E} = 50$ .

Визначення резисторів базового дільника. В якості базового подільника використовується один резистор. Така схема дозволяє підвищити вхідний опір.

Задаємося струмом колектора  $I_k = 10$  мА, тому базовий струм (при  $h_{21e} = 50$ ) буде рівний 0,2 мА.

$$U_{BE} = I_B \cdot R_B \text{ [В]},$$

$$R_B = U_{BE} / I_B \text{ [Ом]},$$

$$R_B = 0,7 / 0,2 \cdot 10^{-2} = 350 \text{ (Ом)}.$$

В якості R1 обираємо резистор С2-23-0,125 Вт 200 Ом.

Знаходимо опір резистора R2.

Оскільки  $\Delta U_{R2}=4$  В, та струм колектора прийнято за  $I_K = 40$  мА , тоді

$$R2=\Delta U_{R2}/I_K [\text{Ом}],$$

$$R2 = 4/0,040=100 (\text{Ом}).$$

В якості R2 обираємо стандартний резистор С2-23-0,125 Вт - 100 Ом.

Визначаємо ємність конденсатора С1.

Опір конденсатора С1 на мінімальній частоті повинен бути на порядок нижчий вихідного опору каскаду. Вихідний опір каскаду представляє собою  $R2=100$  Ом.

$$C1 \geq 1/(2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 100) = 0,12 (\text{мкФ}).$$

В якості С1 обираємо стандартний конденсатор К-10-17- 0,1 мкФ [15].

### 3.5 Розрахунок резистивного підсилювального каскаду

Вихідні дані для розрахунку:

- Коефіцієнт підсилення по напрузі  $K_{U.VTI} \geq 10$  раз = 20 дБ;
- Частотні спотворення в області низьких частот  $M_{H.VTI} \leq 0,8$  дБ;
- Частотні спотворення в області високих частот  $M_{B.VTI} \leq 0,2$  дБ;
- Коефіцієнт підсилення по потужності  $K_{P.VTI} \geq 22,7$  дБ;
- Коефіцієнт нелінійних спотворень  $K_{Г.VTI} \leq 0,1$  %.

Електрична схема даного каскаду показана на рисунку 3.6 (та наведена в додатку А рис. 13).

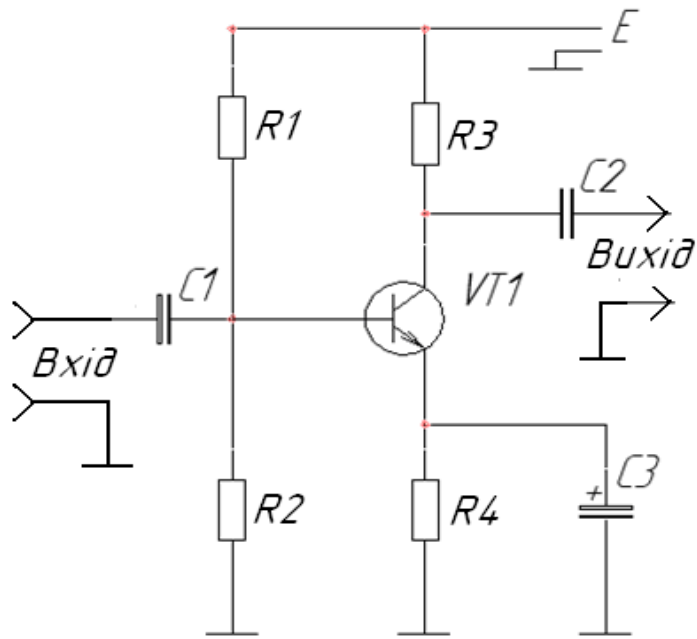


Рисунок 3.6 – Електрична схема резистивного підсилювача

Для побудови навантажувальної характеристики візьмемо опір навантаження, що рівний входному опору підсилювального каскаду  $R_{H.EKB} = 1,05 \cdot 10^3$  Ом. Напругу живлення даного каскаду позначимо  $E_1 = 12$  В. Отже, навантажувальна пряма перетне вісь колекторного струму в точці (див. рисунок 3.7).

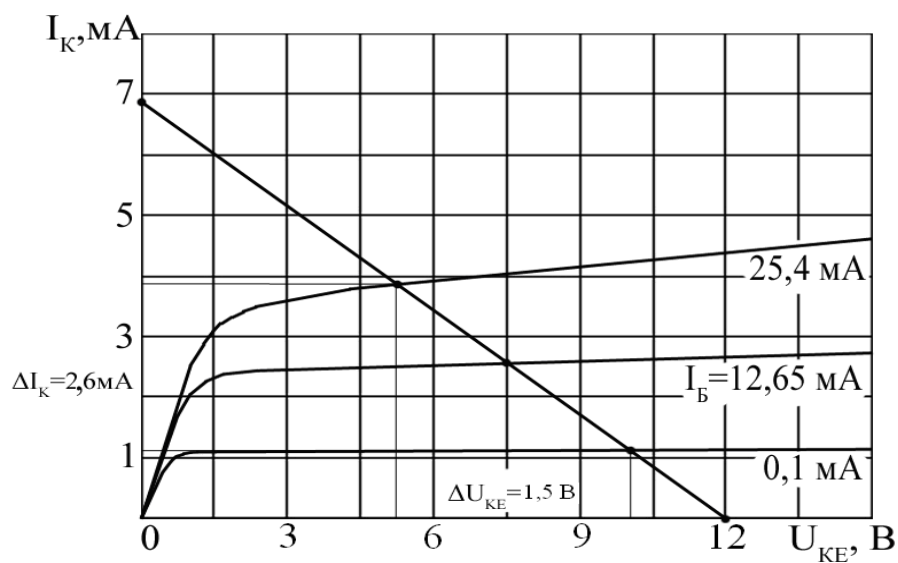


Рисунок 3.7 – Вихідні характеристики транзистора КТ368А

$$I_{K.VT1}(0) = \frac{E}{R_{H.EKB}} \text{ [A]},$$

$$I_{K.VT1}(0) = \frac{12}{1050} = 7,25 \cdot 10^{-3} \text{ (A)}.$$

На вхідних та вихідних характеристиках у п.1 ми визначили положення робочої точки для отримання необхідного значення вихідної напруги при заданому розподілі коефіцієнтів підсилення по потужності. Отже, звідси маємо

$$I_{K_0.VT1} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ A},$$

$$U_{BE_0.VT1} = 0,85 \text{ B},$$

$$U_{KE_0.VT1} = 20 \text{ B}.$$

Задамося напругою на емітері

$$U_{E_0.VT1} = 1 \text{ B}.$$

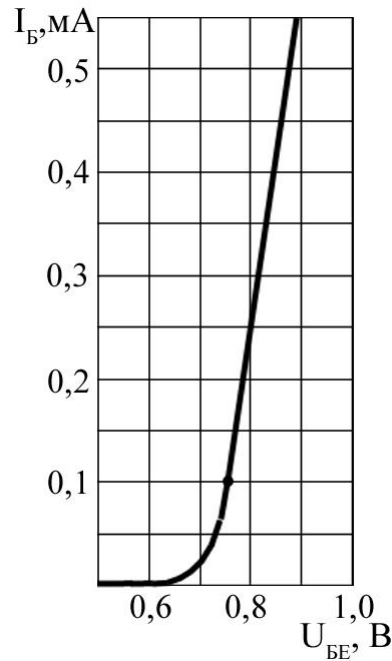


Рисунок 3.8 – Вхідні характеристики транзистора КТ368А

Розрахуємо опори резисторів, та потужність, що буде розсіюватись на них в роботі даного каскаді, що задають режим роботи транзистора ККП.

Опір навантаження  $R_3$  даного каскаду обчислюється за такою формулою

$$R_3 = \frac{E_2 - (U_{KE_0.VT1} + U_{E_0.VT1})}{I_{K_0.VT1}} \text{ [Ом]},$$

$$R_3 = \frac{12 - (5 + 1)}{4 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}.$$

Із стандартного ряду вибираємо значення опору  $R_6$   $1 \cdot 10^3$  Ом.

Розрахуємо потужність, що буде розсіюватись на цьому резисторі

$$P_{R_3} = \frac{[E - (U_{KE_0.VT1} + U_{E_0.VT1})]^2}{R_3} \text{ [Вт]},$$



$$P_{R_3} = \frac{[12 - (5 + 1)]^2}{1 \cdot 10^3} = 0,036 \text{ (Вт)}.$$

Вибираємо резистор  $R_3$  типу С2-29-0,125-1 кОм $\pm$ 10%.

Знайдемо значення опору резистора  $R_7$ . Для цього знайдемо спочатку струм емітера, що для каскаду, зібраного по схемі зі спільним емітером знаходиться за формулою (1). Отже, струм емітера КПП рівний

$$I_{E_0.VT1} = 9 \cdot 10^{-3} + 1,55 = 10,55 \cdot 10^{-3} \text{ (А)}.$$

Отже, опір резистора  $R_7$

$$R_4 = \frac{U_{E_0.VT1}}{I_{E_0.VT1}} \text{ [Ом]},$$

$$R_4 = \frac{1}{10,55 \cdot 10^{-3}} = 109,9 \text{ (Ом)}.$$

Із стандартного ряду вибираємо наближене значення опору до розрахованого 110 Ом.

Розрахуємо потужність, що буде розсіюватись на цьому резисторі

$$P_{R_4} = \frac{U_{E_0.VT1}^2}{R_4} \text{ [Ом]},$$

$$P_{R_4} = \frac{1^2}{110} = 9,133 \text{ (мВт)}.$$

Вибираємо резистор  $R_7$  типу С2-29-0,125-110 Ом $\pm$ 10%.

Визначимо номінали резисторів подільника напруги на базі.

Задамо опір  $R_2 = 75$  кОм. Тоді потужність, яка буде розсіюватись на ньому рівна

$$P_{R_2} = \frac{(U_{BE_0.VT1} + U_{E_0.VT1})^2}{R_2} [\text{Вт}],$$

$$P_{R_2} = \frac{(0,85 + 1)^2}{75 \cdot 10^3} = 45 \text{ (мкВт)}.$$

Вибираємо резистор  $R_2$  типу С2-29-0,125-75 кОм $\pm$ 10%.

Відповідно, виберемо номінал резистора  $R_4$  базового подільника, який визначається таким чином

$$R_1 = \frac{E - U_{E_0.VT1}}{\frac{U_{E_0.VT1}}{R_2} + I_{E_0.VT1}} [\text{Ом}],$$

$$R_1 = \frac{30 - 1,85}{\frac{1,85}{75 \cdot 10^3} + 1,55 \cdot 10^{-3}} = 812 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}.$$

Із стандартного ряду вибираємо наближене значення опору до розрахованого  $820 \cdot 10^3$  Ом.

Розрахуємо потужність, що буде розсіюватись на цьому резисторі

$$P_{R_1} = \frac{(E - U_{E_0.VT1})^2}{R_1} [\text{мкВт}],$$

$$P_{R_1} = \frac{(30 - 1,85)^2}{820 \cdot 10^3} = 966 \text{ (мкВт)}.$$

Вибираємо резистор  $R_4$  типу С2-10-0,125-820 кОм $\pm$ 10%.

Розрахуємо розділову ємність  $C_1$ . Для цього скористаємося формулою

$$C_2 \geq \frac{1}{2\pi F_H R_{BХ.НАСТ} \sqrt{M_{H.ККП}^2 - 1}} \text{ [мкФ]},$$

де  $F_H$  - нижня гранична частота, що задана в ТЗ ( $F_H = 50$  Гц);

$M_{H.ККП}$  - коефіцієнт частотних спотворень на нижній граничній частоті, що використовується в даній формулі в разях ( $M_{H.ККП} = 0,8$  дБ = 1,096 раз);

$R_{BХ.НАСТ}$  - вхідний опір каскаду КПП, що визначається за формулою

$$R_{BХ.НАСТ} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{BХ.VT1} + R_4}} \text{ [Ом]},$$

$$R_{BХ.VT1} = \frac{\Delta U_{BE_0.VT1}}{\Delta I_{B_0.VT1}} \text{ [Ом]},$$

$$R_{BХ.VT1} = \frac{1 - 0,7}{2,6 \cdot 10^{-3} - 0,5 \cdot 10^{-3}} = 142,8 \text{ (Ом)},$$

$$R_{BХ.КПП} = \frac{1}{\frac{1}{820 \cdot 10^3} + \frac{1}{75 \cdot 10^3} + \frac{1}{142,8 + 110}} = 251,8 \text{ (Ом)}.$$

Тоді значення розділової ємності  $C_1$  рівне

$$C_1 \geq \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 251,8 \sqrt{1,096^2 - 1}} = 28,2 \text{ (мкФ)}.$$

Вибираємо розділову ємність  $C_1$  типу К10-7В-М47-47мкФ  $\pm 20\%$ .

Для визначення ємності конденсатора  $C_3$  в емітерному колі скористаємося формулою (3) для визначеного опору в колі емітера

$$C_3 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 110} = 28,9 \text{ (мкФ)}.$$

Отже, оберемо конденсатор  $C_3$  типу К50-35-16В-М1500-33мкФ  $\pm 20\%$ .

Для забезпечення живлення даного каскаду використовується стандартна схема блоку живлення, що виконується на виході імпульсного джерела живлення телевізорного блоку живлення. Таким чином встановлюється напруга +12В.

Розрахуємо коефіцієнти частотних спотворень в області ВЧ

$$M_{В.КПП} = \sqrt{1 + (\omega_B \tau_{В.КПП})^2} = \sqrt{1 + (2\pi F_B \tau_{В.КПП})^2},$$

$$M_{В.ККП} = \sqrt{1 + (\omega_B \tau_{В.ККП})^2} = \sqrt{1 + (2\pi F_B \tau_{В.ККП})^2},$$

де,  $F_B$  - верхня гранична частота, задана в ТЗ ( $F_B = 7 \cdot 10^6$  Гц);

$\tau_{В.КПП}, \tau_{В.ККП}$  - сталі часу затримки каскадів, відповідно, попереднього та кінцевого підсилення, що визначаються таким чином [1,4]

$$\tau_{В.КПП} = C_{0.КПП} \cdot R_{Н.ЕКВ.КПП} \text{ [с];}$$

$$\tau_{В.ККП} = C_{0.ККП} \cdot R_{Н.ЕКВ.ККП} \text{ [с]}.$$

Попередньо розраховано  $C_{0.ККП} = 9,5 \cdot 10^{-12}$  Ф. Знайдемо тепер  $C_{0.КПП}$

$$C_{0.КПП} = C_{М.КПП} + C_{ВХ.ККП} + C_{ВИХ.КПП} \text{ [пФ]},$$

де,  $C_M$  – ємність монтажу КПП ( $C_M = 2 \text{ пФ}$ );

$C_{ВХ.ККП}$  – вхідна ємність ККП ( $C_{ВХ} = C_{Е.ККП} = 10 \text{ пФ}$ );

$C_{ВИХ.КПП}$  – вихідна ємність відповідного каскаду ( $C_{ВИХ.КПП} = 6 \text{ пФ}$ )

$$C_{0.КПП} = 2 \cdot 10^{-12} + 10 \cdot 10^{-12} + 6 \cdot 10^{-12} = 18 \cdot 10^{-12} \text{ (Ф)}.$$

$R_{Н.ЕКВ}$  - еквівалентний опір каскаду, що визначається паралельним з'єднанням опору колекторного кола та навантаження каскаду, яким є вхідний опір наступного каскаду.

Отже, маємо

$$R_{Н.ЕКВ.КПП} = \frac{R_3 \cdot R_{ВХ.ККП}}{R_3 + R_{ВХ.ККП}} \text{ [Ом]},$$

$$R_{Н.ЕКВ.КПП} = \frac{10^3 \cdot 1,05 \cdot 10^3}{10^3 + 1,05 \cdot 10^3} = 512,2 \text{ (Ом)};$$

$$R_{Н.ЕКВ.КПП} = \frac{R_{10} \cdot R_{ВХ.КIH}}{R_{10} + R_{ВХ.КIH}} \text{ [Ом]},$$

$$R_{Н.ЕКВ.КПП} = \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3} = 1,27 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}.$$

Тоді знайдемо сталі часу затримки каскадів

$$\tau_{В.КПП} = 18 \cdot 10^{-12} \cdot 512,2 = 9,22 \cdot 10^{-9} \text{ (с)},$$

$$\tau_{В.ККП} = 9,5 \cdot 10^{-12} \cdot 1,27 \cdot 10^3 = 12,2 \cdot 10^{-9} \text{ (с)}.$$

Отже, значення коефіцієнта частотних спотворень в області ВЧ для КПП та ККП, відповідно

$$M_{B.KIII} = \sqrt{1 + (2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 9,22 \cdot 10^{-9})^2} = 1,079 \text{ (раз)},$$

$$M_{B.KIII} = 0,66 \text{ (дБ)};$$

$$M_{B.KKP} = \sqrt{1 + (2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 12,2 \cdot 10^{-9})^2} = 1,132 \text{ (раз)},$$

$$M_{B.KKP} = 1,077 \text{ (дБ)}.$$

Отже, результуючі частотні спотворення в області ВЧ всього пристрою будуть

$$M_B = M_{B.KIII} + M_{B.KKP} \text{ [дБ]},$$

$$M_B = 0,66 + 1,077 = 1,737 \text{ (дБ)}.$$

Розрахуємо частотні спотворення пристрою в області НЧ.

Для цього скористаємось формулою

$$M_H = \sqrt{1 + \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot F_H \cdot \tau_H)^2}}.$$

Для резистивного каскаду

$$\tau_{H.KKP} = C_2 \cdot R_{BX.KKP} \text{ [с]},$$

$$\tau_{H.KKP} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05 \cdot 10^3 = 11 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

Для підсилювача радіочастоти аналогічно

$$\tau_{H.KIII} = C_1 \cdot R_{BX.KIII},$$

$$\tau_{H.KIII} = 47 \cdot 10^{-6} \cdot 251,8 \cdot 10^3 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

Отже, розрахуємо частотні спотворення каскадів в області НЧ

$$M_{H.KKII} = \sqrt{1 + \frac{1}{(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 11 \cdot 10^{-3})^2}} = 1,045 \text{ (раз)},$$

$$M_{H.KKII} = 0,382 \text{ (дБ)};$$

$$M_{H.KIII} = \sqrt{1 + \frac{1}{(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 12 \cdot 10^{-3})^2}} = 1,036 \text{ (раз)},$$

$$M_{H.KIII} = 0,307 \text{ (дБ)}.$$

Частотні спотворення в області НЧ всього пристрою визначаються таким чином

$$M_H = M_{H.KKII} + M_{H.KIII} \text{ [дБ]},$$

$$M_H = 0,382 + 0,307 = 0,689 \text{ (дБ)}.$$

Для даного розрахунку використаємо метод п'яти ординат. Для цього на вихідній характеристиці  $I_K = f(U_{KE})$  при відомій динамічній характеристиці визначимо  $I_{K.MIH}$ , що відповідає мінімальному колекторному струму,  $I_{K.MAKC}$  - максимальному, а також проміжні  $I_{K_1}$  та  $I_{K_2}$  значення колекторного струму і відповідні їм значення базових струмів:  $I_{B.MIH}$ ,  $I_{B.MAX}$ ,  $I_{B_1}$ ,  $I_{B_2}$ . Одержані значення занесемо до таблиці 3.1.

Далі на вхідній характеристиці транзистора КТ368А при  $U_{ке} > 0$  визначимо значення напруг зміщення:  $U_{BE.МІН}$ ,  $U_{BE.МАКС}$ ,  $U_{BE_1}$ ,  $U_{BE_2}$ . Одержані значення також занесемо до таблиці 3.1.

Тепер розрахуємо напруги еквівалентного генератора  $E_{Г} = I_{Б}R_{Г} + U_{BE}$  [4], що відповідають струмам бази та напругам зміщення ( $R_{Г} \approx 0,3R_{БХ.ВТ2} = 0,3 \cdot 333 = 100$  Ом). Одержані значення занесемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Точки для побудови наскрізної характеристики

Точка харак.	МАКС	1	2	МІН
$I_{К}$ , мА	1,2	1,85	3,15	3,8
$I_{Б}$ , мкА	0,01	63,75	191,25	254,4
$U_{BE}$ , В	0,075	0,2875	0,7125	0,925
$E_{Г}$ , В	0,1949	0,4723	1,0272	1,3046

За даними таблиці 3.1 будемо наскрізну характеристику  $I_{К} = f(E_{Г})$  (дивись рисунок 3.9).

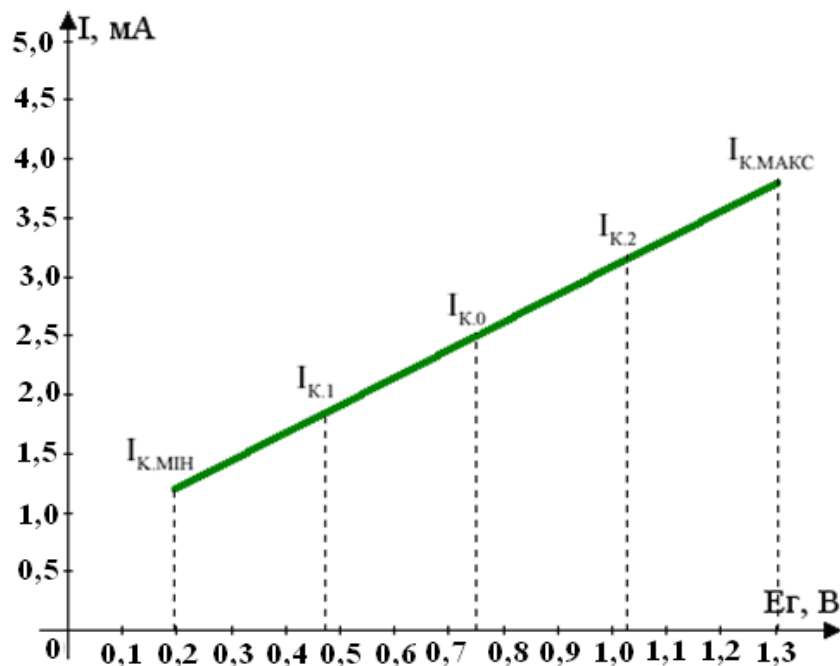


Рисунок 3.9 – Графік наскрізної характеристики резистивного підсилювача



На наскрізній характеристиці відстань по осі абсцис від  $E_{Г.МИН}$  до  $E_{Г.МАКС}$  ділимо на чотири рівних відрізки і визначаємо додаткові значення колекторних струмів  $I_0 = 1,265$  мА,  $I_1 = 1,85$  мА,  $I_2 = 3,15$  мА.

Далі за методом п'яти ординат визначаємо п'ять значень струму: амплітуди 1,2,3, і 4-ї гармонік колекторного струму і середньої складової

$$I_{1M} = \frac{I_{МАКС} - I_{МИН} + I_1 - I_2}{3} \text{ [A]},$$

$$I_{1M} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-3} + 1,85 \cdot 10^{-3} - 3,15 \cdot 10^{-3}}{3} = 0,4333 \cdot 10^{-3} \text{ (A)};$$

$$I_{2M} = \frac{I_{МАКС} + I_{МИН} - 2I_0}{4} \text{ [A]},$$

$$I_{2M} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 1,265 \cdot 10^{-3}}{4} = 0,6175 \cdot 10^{-3} \text{ (A)};$$

$$I_{3M} = \frac{I_{МАКС} - I_{МИН} - 2(I_1 - I_2)}{6} \text{ [A]},$$

$$I_{3M} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-3} - 2(1,85 \cdot 10^{-3} - 3,15 \cdot 10^{-3})}{6} = 0,2383 \cdot 10^{-3} \text{ (A)};$$

$$I_{4M} = \frac{I_{МАКС} + I_{МИН} - 4(I_1 + I_2) + 6I_0}{12} \text{ [A]},$$

$$I_{4M} = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-3} - 4(1,85 + 3,15) \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 1,265 \cdot 10^{-3}}{12} = -0,6175 \cdot 10^{-3}$$

(A).

Розрахуємо коефіцієнт нелінійних спотворень для даної схеми

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{(I_{2M})^2 + I_{3M}^2 + (I_{4M})^2}}{I_{1M}},$$

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{(0,6175 \cdot 10^{-3})^2 + (0,2383 \cdot 10^{-3})^2 + (-0,6175 \cdot 10^{-3})^2}}{0,4333 \cdot 10^{-3}} = 0,011 = 1,1\%$$

Отже, в даному пункті розраховано номінали елементів пристрою, що забезпечують його режим, корекцію та регулювання рівня АЧХ. Для значень номіналів цих елементів було розраховано основні параметри, що характеризують роботу пристрою.

## 4 МОДЕЛЮВАННЯ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ

### 4.1 Вибір моделюючої програми

Серед багатьох існуючих систем моделювання варто зосередитися на таких професійних системах, як DesignLab, Alpac 7.1, Electronics Workbench 5.12 і OrCad.

ALPAC 7.1 використовується для проектування та моделювання схем і систем у часовій і частотній областях. Вони можуть включати цифрові та аналогові компоненти, включаючи обладнання мікрохвильового діапазону. Виконувати наступні типи розрахунків: режими постійного струму, частотні характеристики, спектральна щільність і співвідношення шумів, чутливість і оптимізація параметрів, перехідні процеси, спектри сигналів, аналіз періодичної картини, статистичний аналіз методом Монте-Карло. В принципі, цей набір досить стандартний. Але подібні розрахунки проводяться за допомогою декількох різних програм, тут їх можна використовувати в одній програмі. Ще однією важливою особливістю ALPAC є наявність значного набору бібліотек елементів схеми та окремих блоків для аналогових і цифрових систем зв'язку.

З точки зору функціонального складу ці бібліотеки мають переваги перед бібліотеками інших систем. Крім того, ALPAC містить підпрограми для розрахунку тривимірних електромагнітних полів у мікросмужкових структурах та інших пристроях НВЧ-діапазону. Останнє зауваження полягає в тому, що стандартні інтерфейсні плати IEEE-488 (GPIB, HP-IB) можна використовувати для введення результатів вимірювань і виведення контрольних сигналів, як у системі Lab View.

DesignLab 8.0 був інтегрованим програмним комплексом від Microsim Corporation для наскрізного проектування аналогових, цифрових і змішаних аналого-цифрових пристроїв, синтезу програмованих логічних пристроїв і аналогових фільтрів; розробка була припинена після злиття на

початку 1999 року. У співпраці з OrCAD Corporation проектування починається зі схем, моделювання та оптимізації, закінчується створенням керуючих файлів у форматі JEDEC для програмістів, розробкою друкованих плат і виведенням керуючих файлів для світлових плотерів і сверлильних станків.

Система DesignLab є еволюцією системи центру дизайну попереднього покоління. Усі ці системи використовують відому програму моделювання Pspice. Якщо пакет Design Center забезпечує лише синтез програмованих логічних пристроїв типу PLD від Altera, AMD, Atmel, Cypress, IST, Lattice, Motorola, PLX, Philips, Texas Instruments, Toshiba та TriQuint, тоді DesignLab включає інтерфейс: процес проектування перепрограмовані логічні пристрої FPGA від Xilinx (з використанням програми XACT Step 6.0 як інструменту проектування). Результатом є система, яка дозволяє проектувати PLD і FPGA, моделювати їх та інші аналогові та цифрові компоненти на ПК, проектувати друковані плати та повторювати моделювання з урахуванням паразитів, властивих реальним конструкціям.

Electronics Workbench 5.12 – на відміну від інших програм моделювання схем, вимірювальне обладнання відображається на екрані з майже реалістичним керуванням. Користувачеві не потрібно вивчати абстрактні (нехай і не дуже складні) правила, з яких складається завдання моделювання. Досить розмістити на схемі двоканальний осцилограф і генератор сигналів - і програма зрозуміє, що потрібно аналізувати перехідні процеси. Якщо аналізатор частотних характеристик розміщено на схемі, режим постійного струму обчислюється, нелінійні компоненти лінеаризуються, а характеристики схеми обчислюються в частотній області. Діапазон частот аналізу, коефіцієнт підсилення і характер оцифровки даних (лінійний або логарифмічний масштаб) встановлюються на передній панелі за допомогою миші. Щоб почати симуляцію, просто натисніть перемикач. Після цього пристрій індикації цифрового вольтметра та амперметра буде зафіксовано в режимі постійного струму, а частотні характеристики (амплітудна

або фазова частота) будуть відображені на екрані вимірювача. На екрані осцилографа графік напруги відображатиметься безперервно, доки буферна пам'ять не буде заповнена, тоді ви можете перервати моделювання або скинути пам'ять до нуля та продовжити спостереження. Наприкінці 1998 року програма Electronics Workbench 5.3 була доповнена більш простою програмою для розробки макетів EWB друкованих плат (і, на відміну від Micro-Cap 6, не було передбачено інтерфейсів з іншими відомими друкованими платами САПР).

OrCad 9.1. Після кількох реорганізацій остання версія програми моделювання Pspice 9.2 є частиною OrCad, наскрізної системи проектування електронних пристроїв, розробленої Cadence Design Systems.

System View 4.5 – Програма System View – це конструктор, за допомогою якого зі стандартних «кубиків» будується функціональна система досліджуваної електронної системи. Виберіть необхідний функціональний модуль з каталогу бібліотеки, перенесіть його на діаграму мишкою та синтезуйте його параметри або задайте його значення вручну. Після підключення всіх функціональних модулів і підключення вимірювального обладнання встановіть параметри системи (довжину інтервалу спостереження, частоту дискретизації, параметри швидкого перетворення Фур'є) і виконайте моделювання. В окремому вікні ви можете переглянути та обробити результати аналізу. Обчислюйте перетворення Фур'є графіків, кореляційні та взаємні кореляційні функції, арифметичні та тригонометричні операції, статистичну обробку даних тощо.

У даному дипломному проекті обрано моделюючу програму Micro-Cap 9.0.

## 4.2 Моделювання вхідного підсилювача

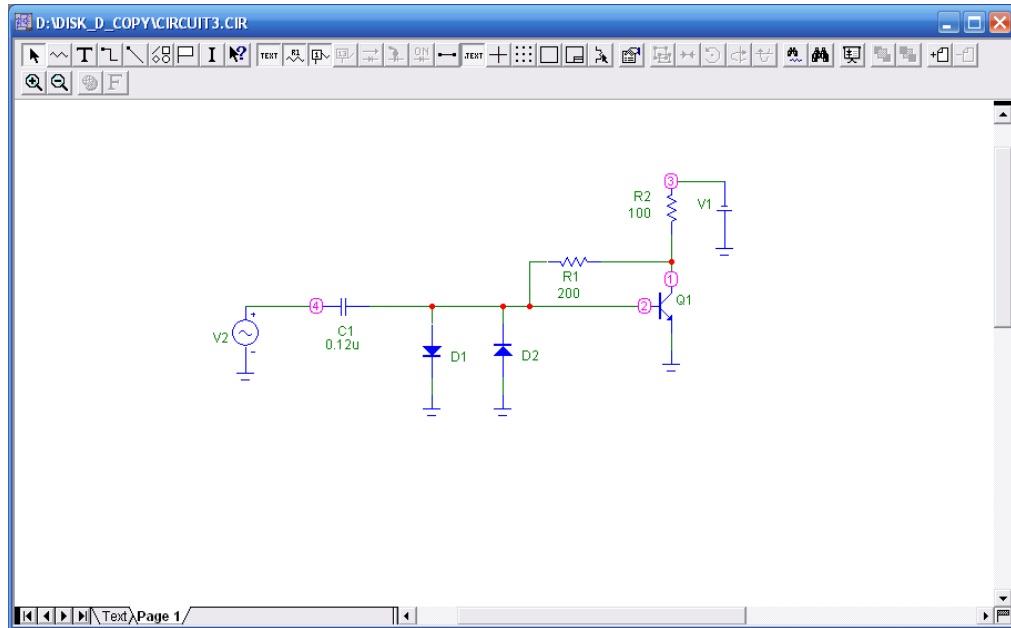


Рисунок 4.1 – Електрична схема вхідного підсилювача у Micro-Cap 9.0

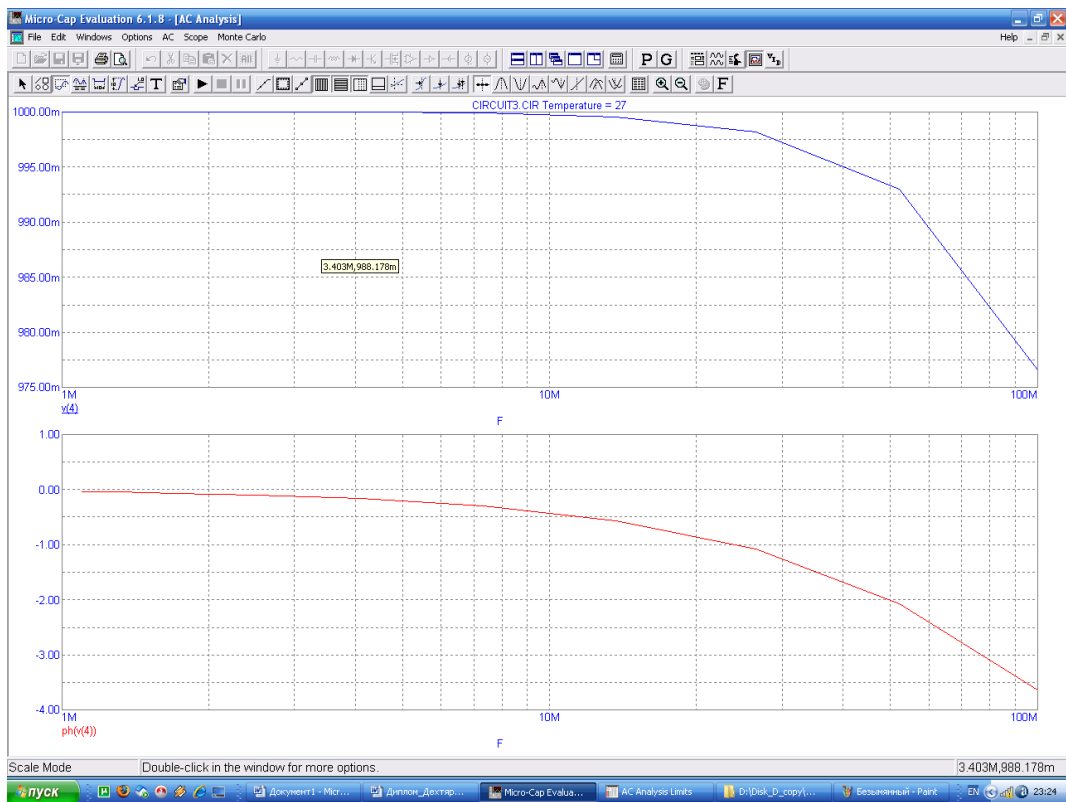


Рисунок 4.2 – АЧХ і ФЧХ вхідного підсилювача у Micro-Cap 9.0

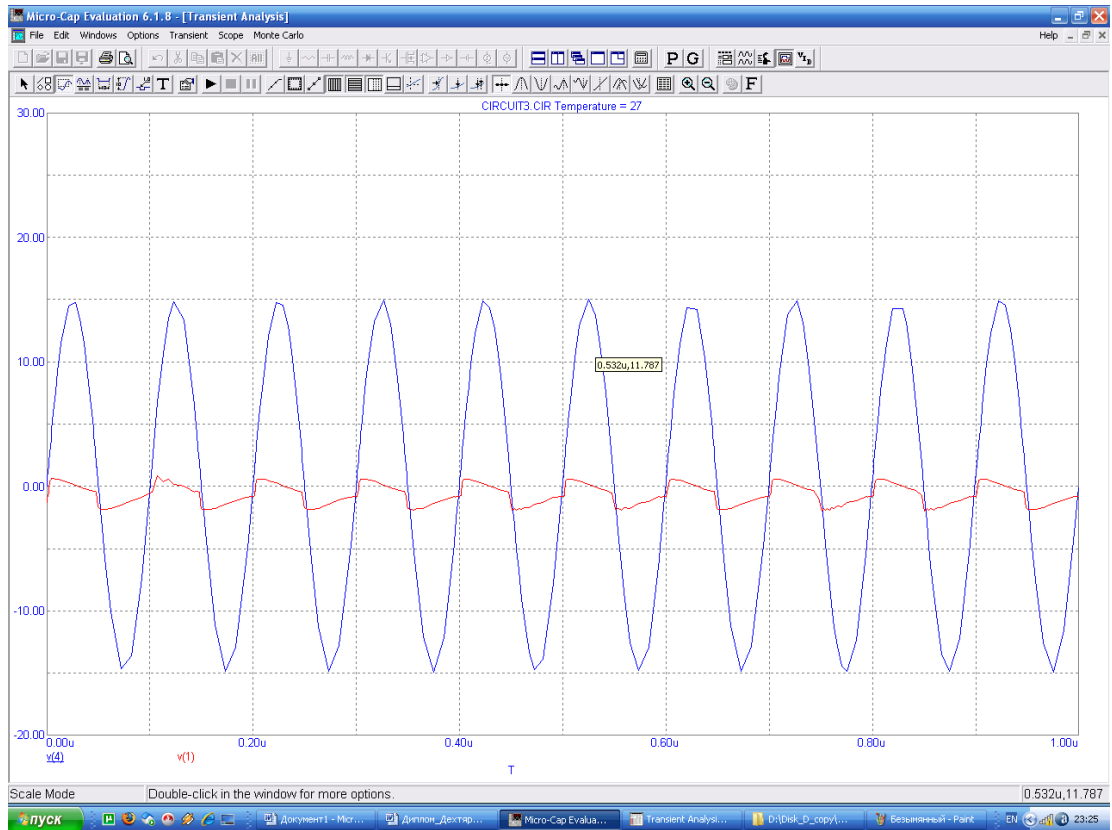


Рисунок 4.3 – Форма вхідного і вихідного сигналів

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

### 5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» є оціню-



вання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 5.1 [27].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає

Продовження таблиці 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінки

Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	5	4	5
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	2	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	4	4
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	2	3	2
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	4	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	5	5	5
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	5	5
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	5	4	5
12. Практична здійсненність (розробка документів)	5	5	4
Сума балів	44	43	43
Середньоарифметична сума балів $CB_c$	43,3		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 5.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 5.3 [27].

Таблиця 5.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $CB_c$ , розрахована на основі висновків експе-	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» становить 43,3 бала, що, відповідно до таблиці 4.3, свідчить про комерційну важли-

вість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

Одною із найважливіших частин стереофонічного тюнера є кодер, що формує потрібний стереофонічний сигнал. На сьогоднішній день відомі стереофонічні тюнери на основі дискретних елементів та спеціалізованих інтегральних схем. Кожна із вище згаданих основ має свої переваги і недоліки.

Поставлену задачу можна вирішити декількома способами. Розглянемо два найбільш реалістичних підходи до вирішення даної задачі.

1) Отже перша ідея основана на побудові пристрою з застосуванням дискретних елементів.

Застосування дискретних елементів дозволить побудувати не дорогий стереофонічний тюнер. Параметри такого пристрою будуть мати високі характеристики. Вартість такої елементної бази є невисокою, витрати на неї можна вважати виправданими, оскільки це дає змогу отримати пристрій високої якості і надійності. Дискретні елементи є найбільш завадо-незахищеними. Проте їхньою перевагою є невисока ціна. Наприклад при виході із ладу одного із каскаду його можна легко замінити, чого не можна зробити при схемі на ІМС.

2) Вище згадані недоліки компенсуються при побудові стереофонічного тюнеру на основі спеціалізованих інтегральних схем. А саме застосування мікросхем всесвітньо відомих виробників MAX та MOTOROLA дозволить досить легко розробити пристрій з найвищими характеристиками. Вартість такої елементної бази є досить високою, витрати на неї неможна вважати виправданими, виходячи з вище сказаного в попередньому пункті.

Вибір оптимального варіанта проводиться за рахунок підбору деталей та комплектуючих. Завдяки тому що від даного приладу не вимагається досить точних вихідних параметрів та надійності є можливість в використанні деталей з, відповідно, більшим розкидом параметрів та меншою надійністю.

Так, наприклад, резистори вибираються з параметрами, допуск на відхилення номінального опору яких становить  $\pm 10\%$ , тоді як в аналогічних резисторів допуск на відхилення становить  $0,5...1\%$ .

Використовувані в розробляемому приладі конденсатори великої ємності — електроліти, які розраховані на 2...3 роки роботи коштують в 1,5...2 рази дешевше, чим їх аналоги, які розраховані на більший термін служби. Конденсатори малої ємності використовуються металобумажні, які в свою чергу значно дешевші чим керамічні, але так само як резистори мають досить великий розкид параметрів.

Заміна дискретних елементів на інтегральні мікросхеми в даному приладі також дозволила значно знизити витрати на комплектуючі.

Отже виходячи з вище наведених даних, а також мети роботи приходимо до висновку, що найдоцільніше буде реалізовувати нову розробку на основі спеціалізованих мікросхем, тобто за основу буде покладено другий варіант реалізації. Така схема буде достатньо надійною, мати потрібні характеристики, а також мале енергоспоживання, що є основною умовою даної розробки.

Підводячи підсумки можна сказати, що розробка та виготовлення стереофонічного тюнеру з цифровою індикацією є необхідним та цілком виправданим, завдяки його технічним параметрам, ціні, габаритам які є кращими ніж у його аналога: ЛМПУ-120-24-05.

## 5.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Окрім комерційного аудиту розробки доцільно також розглянути технічний рівень якості розробки, розглянувши її основні технічні показники. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_{\mu}$ ) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [28]

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (5.1)$$

де  $k$  – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, який враховує питому вагу  $i$ -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт  $\alpha_i$  визначається експертним

способом і при цьому має виконуватись умова  $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$ ;

$\beta_i$  – відносне значення  $i$ -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення  $\beta_i$  для різних випадків розраховуємо за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (5.2)$$

де  $I_{ni}$  та  $I_{na}$  – чисельні значення конкретного  $i$ -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (5.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та розробки на основі

отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Діапазон частот	МГц	87,5..108	87,5..108	1	0,1
Чутливість	мкВ	3	1	3	0,4
Коефіцієнт нелінійних спотворень	%	1	0,5	2	0,3
Вихідна потужність	Вт	3	3	1	0,1
Напрацювання на відмову	год.	150000	170000	1,13	0,1

Узагальнений коефіцієнт якості ( $B_n$ ) для нового технічного рішення складе

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,1 + 1,13 \cdot 0,1 = 2,11.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,11 рази.

### 5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

### 5.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

#### Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [27]

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.4)$$

де  $k$  – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

$M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, (грн.);

$t_i$  – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p=21$  дні.

$$Z_o = 12400,00 \cdot 21 / 21 = 12400,00 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	12400,00	590,48	21	12400,00



## Продовження таблиці 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Інженер-розробник РЕА	11850,00	564,29	20	11285,71
Інженер-радіотехнік 1-ї категорії	11640,00	554,29	18	9977,14
Фахівець 2-ї категорії	6800,00	323,81	21	6800,00
Всього				40462,86

## Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» розраховуємо за формулою

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.5)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, (грн/год.);

$t_i$  – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.6)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo  $M_M=6700,00$  (грн.);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [27];

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих

об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 21$  дн;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

$$C_I = 6700,00 \cdot 1,50 \cdot 1,35 / (21 \cdot 8) = 80,76 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{pl} = 80,76 \cdot 0,80 = 64,61 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1. Монтаж макетної схеми	0,80	4	1,50	80,76	64,61
2. Наладка	0,20	6	2,00	107,68	21,54
3. Випробування схеми	0,10	4	1,50	80,76	8,08
4. Виготовлення друкованої плати	0,20	5	1,70	91,53	18,31
5. Виготовлення корпусу	0,45	3	1,35	72,68	32,71
6. Монтаж плати	0,05	4	1,50	80,76	4,04
7. Монтаж блоку живлення	0,10	3	1,35	72,68	7,27
8. Монтаж блоку управління	0,20	5	1,70	91,53	18,31
9. Складання пристрою	0,12	4	1,50	80,76	9,69
Всього					184,53

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.7)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (40462,86 + 184,53) \cdot 11 / 100\% = 4471,21 \text{ (грн.)}.$$

### 5.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (5.8)$$

де  $H_{\text{зн}}$  – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (40462,86 + 184,53 + 4471,21) \cdot 22 / 100\% = 9926,09 \text{ (грн.)}.$$

### 5.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Стереофонічний тюнер з цифровою індикацією».

Витрати на матеріали ( $M$ ), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\epsilon j}, \quad (5.9)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, (грн/кг.);

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ );

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{\epsilon j}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, (грн/кг.).

$$M_1 = 3,0 \cdot 212,00 \cdot 1,05 - 0 \cdot 0 = 667,80 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Багатофункціональний білий офісний папір	212,00	3,0	0	0	667,80
Папір для записів	101,00	3,0	0	0	318,15
Органайзер офісний	185,00	2,0	0	0	388,50
Набір офісний	195,90	3,0	0	0	617,09
Картридж для принтера	2140,00	1,0	0	0	2247,00
Провід	16,50	0,1	0	0	1,73
Припой ПОС-61	650,00	0,0100	0	0	6,83
Флюс ФКСП ОСТ	450,00	0,0100	0	0	4,73
Спирт технічний	150,00	0,1000	0	0	15,75
Всього					4267,57

### 5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі ( $K_6$ ), які використовують при проведенні НДР на тему «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (5.10)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.;

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду, (грн.);

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ ).

$$K_6 = 30 \cdot 2,40 \cdot 1,1 = 79,20 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Резистор MF-50	30	2,40	79,20
Мікросхема LM358	1	45,00	49,50
Мікросхема СХА1538	1	92,00	101,20
Мікросхема SAA1057	1	38,00	41,80
Мікросхема АТtiny2313	1	140,00	154,00
Мікросхема 7809	1	15,00	16,50
Мікросхема 7805	1	9,80	10,78
Індикатор НТ1611	1	210,00	231,00
Конденсатор КМ-66-М33	3	3,50	11,55
Конденсатор КМ-66-М470	7	6,20	47,74
Конденсатор К73-17-Н30	3	9,00	29,70
Конденсатор ЕСАР -4,7мкФ	4	3,40	14,96
Конденсатор ЕСАР -100мкФ	2	5,00	11,00
Транзистор 2SC251	2	12,00	26,40
Варикап МА46600D	3	22,00	72,60
Фільтр SFF10,7	2	18,00	39,60

## Продовження таблиці 5.8 – Витрати на комплектуючі

Фільтр CDA10,8	1	6,00	6,60
Світлодіод HLMP1600	2	12,00	26,40
НС-49S-4 МГц	1	17,80	19,58
Котушка індуктивності	1	5,00	5,50
Всього			995,61

## 5.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (5.11)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.}i}$  – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ );

$k$  – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 6800,00 \cdot 1 \cdot 1,05 = 7140,00 \text{ (грн.)}.$$

Отримані результати зведемо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Блок живлення універсальний лабораторний	1	6800,00	7140,00
Генератор сигналів	1	12340,00	12957,00
Всього			20097,00

### 5.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою

$$V_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (5.12)$$

де  $C_{\text{инрг}}$  – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$  – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

$$V_{\text{прог}} = 8300,00 \cdot 1 \cdot 1,05 = 8715,00 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Прикладний пакет проектування РЕА	1	8300,00	8715,00
Всього			8715,00

### 5.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_г} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.13)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, (грн.);

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_г$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (56800,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 1577,78 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.11.



Таблиця 5.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Обчислювальний комплекс та комп'ютеризована система проектування	56800,00	3	1	1577,78
Обчислювально-графічна система моделювання	28600,00	3	1	794,44
Робоче місце розробника РЕА	9350,00	5	1	155,83
Пристрій графічного виводу інформації	8320,00	4	1	173,33
Блок живлення універсальний лабораторний	7140,00	5	1	119,00
Генератор сигналів	12957,00	4	1	269,94
Оргтехніка	8100,00	5	1	135,00
Лабораторія досліджень	396000,00	25	1	1320,00
Всього				4545,33

### 5.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховуємо за формулою

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (5.14)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі роботи, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, (грн.); (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo  $C_e = 7,50$  (грн.);

$K_{eni}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{eni} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

$$B_e = 0,45 \cdot 160,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 540,00 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Обчислювальний комплекс та комп'ютеризована система проектування	0,45	160,0	540,00
Обчислювально-графічна система моделювання	0,35	160,0	420,00
Робоче місце розробника РЕА	0,05	160,0	60,00
Пристрій графічного виводу інформації	0,20	4,5	6,75
Блок живлення універсальний лабораторний	0,45	65,0	219,38
Генератор сигналів	0,11	65,0	53,63
Оргтехніка	0,55	2,3	9,49
Всього			1309,24

### 5.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» належать витрати на відряджен-

ня штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (5.15)$$

де  $H_{cv}$  – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо  $H_{cv} = 20\%$ .

$$B_{cv} = (40462,86 + 184,53) \cdot 20 / 100\% = 8129,48 \text{ (грн.)}$$

5.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (5.16)$$

де  $H_{cn}$  – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», приймемо  $H_{cn} = 37\%$ .

$$B_{cn} = (40462,86 + 184,53) \cdot 37 / 100\% = 15039,53 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$I_g = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ig}}{100\%}, \quad (5.17)$$

де  $H_{ig}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo  $H_{ig} = 70\%$ .

$$I_g = (40462,86 + 184,53) \cdot 70 / 100\% = 28453,17 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.18)$$

де  $H_{нзв}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo  $H_{нзв} = 120\%$ .

$$B_{нзв} = (40462,86 + 184,53) \cdot 120 / 100\% = 48776,87 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + K_g + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сн} + I_g + B_{нзв}. \quad (5.19)$$

$$B_{заг} = 40462,86 + 184,53 + 4471,21 + 9926,09 + 4267,57 + 995,61 + 20097,00 + 8715,00 + 4545,33 + 1309,24 + 8129,48 + 15039,53 + 28453,17 + 48776,87 = 195373,50 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати  $ZB$  на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.20)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo  $\eta=0,9$ .

$$ZB = 195373,50 / 0,9 = 217081,66 \text{ (грн.)}$$

#### 5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

$\Delta N$  – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	1000	1100	900	750

$N$  – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 10000 осіб;

$C_o$  – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 1500,00 (грн.);

$\pm \Delta C_o$  – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 69,50 (грн.).

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta \Pi_i$  для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [27]

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (5.21)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту). Прийmemo  $\rho = 30\%$ ;

$\mathcal{G}$  – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році  $\mathcal{G} = 18\%$ ;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_1 &= (69,50 \cdot 10000,00 + 1569,50 \cdot 1000) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18/100\%) = \\ &= 462365,61 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_2 &= (69,50 \cdot 10000,00 + 1569,50 \cdot 2100) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18/100\%) = \\ &= 814872,17 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_3 &= (69,50 \cdot 10000,00 + 1569,50 \cdot 3000) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18/100\%) = \\ &= 1103286,63 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_4 &= (69,50 \cdot 10000,00 + 1569,50 \cdot 3750) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,18/100\%) = \\ &= 1343632,01 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків  $ПП$ , що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.22)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

$T$  – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні,  $\tau=0,4$ ;

$t$  – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \Pi\Pi &= 462365,61/(1+0,4)^1 + 814872,17/(1+0,4)^2 + 1103286,63/(1+0,4)^3 + \\ &+ 1343632,01/(1+0,4)^4 = 330261,15 + 415751,11 + 402072,39 + 349758,44 = \\ &= 1497843,08 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ, \quad (5.23)$$

де  $k_{инв}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо  $k_{инв}=2$ ;

$ЗВ$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 217081,66 (грн.).

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ = 2 \cdot 217081,66 = 434163,32 \text{ (грн.)}$$



Абсолютний економічний ефект  $E_{абс}$  для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (5.24)$$

де  $ПП$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 1497843,08 (грн.);

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 434163,32 (грн.).

$$E_{абс} = ПП - PV = 1497843,08 - 434163,32 = 1063679,76 \text{ (грн.)}.$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_g$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки

$$E_g = T_{жс} \sqrt[1]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (5.25)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 1063679,76 грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 434163,32 (грн.);

$T_{жс}$  – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_g = T_{жс} \sqrt[1]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 1063679,76/434163,32)^{1/4} - 1 = 0,36.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій

$\tau_{\text{мін}}$

$$\tau_{\text{мін}} = d + f, \quad (5.26)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні  $d = 0,12$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,4.

$\tau_{\text{мін}} = 0,12 + 0,4 = 0,52 < 0,36$  свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_{\text{в}}$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» доцільно.

Період окупності інвестицій  $T_{\text{ок}}$  які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_{\text{в}}}, \quad (5.27)$$

де  $E_{\text{в}}$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{\text{ок}} = 1 / 0,36 = 2,76 \text{ р.}$$

$T_{\text{ок}} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

## 5.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією» становить 43,3 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,11 рази.

Також термін окупності становить 2,76 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Стерефонічний тюнер з цифровою індикацією».

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці є найважливішим елементом соціальної політики сучасної держави. Без дотримання законів з охорони праці, а також без модернізації заходів щодо забезпечення безпечних умов праці на підприємствах неможливо досягти ефективного розвитку промисловості. У країнах Європейського союзу піднімається питання про культуру охорони праці, яка є одним з головних елементів управління підприємством. Досвід світових компаній показує, що керівники вищої ланки охорону праці вважають одним з головних пріоритетів.

Дотримання принципів охорони праці дозволяє вирішити цілий ряд завдань, серед яких: - гарантований захист співробітників підприємства від шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на їх здоров'я, зниження витрат на забезпечення виробничого процесу, виключення економічних збитків через втрату робочого часу, виключення фінансових санкцій контролюючих органів, підвищення продуктивності і якості праці тощо.

Розробка стерефонічного тюнера з цифровою індикацією відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На працівника, відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [29]:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

У відповідності до визначених факторів розробляємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи, а також з гігієни праці та виробничої санітарії.

## 6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

### 6.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Під час проведення будь-яких робіт, де обробка отриманих даних здійснюється за допомогою комп'ютерів, потрібно дотримуватися гігієнічних норм, правил і вимог техніки безпеки при роботі з персональним комп'ютером (ПК). Важливим є правильне розташування всіх елементів робочого місця, з урахуванням фізичних, антропометричних та психологічних особливостей користувача, а також специфіки виконаних робіт. Основні вимоги до організації робочого місця включають оптимальне розміщення обладнання, врахування робочого простору, необхідного для виконання всіх інших операцій та рухів. При аналізі умов праці на робочому місці важливо оцінити відповідність параметрів вимогам НПАОП 0.00-7.15-18 та відповідність параметрів мікроклімату вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [30].

У досліджуваному приміщенні розташовані чотири робочих місця, забезпечені комп'ютерами.

Визначаємо параметри приміщення:

1) площа приміщення становить  $30,8 \text{ м}^2$ , що в розрахунку на одного працівника становить  $7,7 \text{ м}^2$ . Даний показник відповідає нормі щодо площі приміщення на одного працівника відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 [31];

2) об'єм приміщення становить  $107,8 \text{ м}^3$ , що в розрахунку на одного працівника становить  $26,9 \text{ м}^3$ . Даний показник відповідає нормі щодо площі приміщення на одного працівника відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18.

Робочі місця з персональними комп'ютерами слід так розташовувати відносно світлових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримуватись таких відстаней між їх бічними поверхнями – 1,2м, відстань від тильної поверхні однієї машини до екрана іншої – 2,5м.

Конструкція робочого столу має відповідати вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота поверхні робочого столу з комп'ютером має регулюватися в межах 680-800мм, а ширині і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, за кутом нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння, поверхня сидіння має бути плоскою, передній край -заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися. Крок регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових 2-5°. Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400...500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм. Кут нахилу сидіння – до 15° вперед і до 5° назад. Висота спинки стільця має становити 300±20мм, ширина – не менше ніж 380мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в меж 1-30° від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм.

Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж 250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм.

Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним покриттям, що легко очиститься і не електризується.

Екран ПК має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, яка становить 600-700мм, але не ближче ніж за 700мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування екрана має забезпечувати зручність зорового споглядання у вертикальній площині під кутом 30° до нормалі. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15°. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Ці аспекти допомагають створити комфортні та ефективні умови для користувачів ПК, зменшуючи ймовірність виникнення стресу та фізичного дискомфорту.

### 6.1.2 Електробезпека приміщення

Згідно з Правилами електробезпеки (ПУЕ), приміщення, в яких працюють з екранними пристроями, віднесені до категорії приміщень без підвищеної небезпеки уражень людини електричним струмом. Норми електробезпеки і пожежної безпеки для таких приміщень викладені в Національних правилах пожежної та електробезпеки (НПАОП 0.00-7.15-18). Вони вимагають, щоб всі компоненти, пов'язані з ПК і їх обслуговуванням, ремонтом і налаштуваннями, а також всі електричні проводи і кабелі, відповідали стандартам електробезпеки та малого обладнання для захисту від короткого замикання.

Для запобігання уражень електричним струмом під час роботи з комп'ютером слід встановити додаткові захисні пристрої, що забезпечують не-

доступність струмопровідних частин для дотику; з метою зменшення небезпеки можна використовувати розділовий трансформатор для розв'язки з основною мережею, і обов'язковим у всіх випадках є наявність захисного заземлення або занулення (захисного відключення) електрообладнання. Для якісної роботи комп'ютерів створюється окремий заземлюючий контур.

Під час роботи з електроустановками поряд з безумовним дотриманням певних організаційних заходів, встановлених ПЕ і ПТБ електроустановок споживачів, слід суворо виконувати всі технічні заходи, що забезпечують безпеку робіт зі зняттям напруги, а саме: відключення обладнання на ділянці, виділеній для виконання робіт, та вжиття заходів проти помилкового чи самовільного включення; огорожу при необхідності робочих місць і залишилися під напругою струмоведучих частин; вивішування попереджувальних плакатів і знаків безпеки; перевірка відсутності напруги тощо.

При виконанні електромонтажних і ремонтних робіт необхідно також всі види обслуговування ПК проводити одночасно не менше ніж двом фахівцям, щоб в разі електротравми було кому відключити струм і надати першу долікарську допомогу. При цьому налаштувальник повинен знаходитися на гумовому килимку і перевіряти електричну схему, не торкаючись корпусу і струмоведучих ланцюгів.

Додатково, в приміщенні встановлена система автоматичної пожежної сигналізації та система пожежогасіння відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014 [33]. Це передбачає використання вогнестійких кабелів у системах живлення та забезпечення автоматичного спрацювання системи оповіщення та управління евакуацією людей у випадку пожежі.



## 6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 6.2.1 Мікроклімат

Протягом робочого дня працівники знаходячись у виробничому приміщенні, здійснюючи свою трудову діяльність піддаються впливу мікроклімату робочої зони, тобто умовам внутрішнього середовища приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Для категорії 1а, до якої відноситься розробка стерефонічного тюнера з цифровою індикацією, параметри мікроклімату регулюються відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 і наведені в таблиці 6.1. Такі параметри повинні забезпечити комфортні умови для виконання поставлених завдань [34].

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для досягнення параметрів мікроклімату, що відповідають нормативам, у приміщенні передбачено наступні заходи: встановлено централізовану парову систему опалення, обладнано системи припливно-витяжної вентиляції та здійснюється систематичне вологе прибирання для забезпечення чистоти та зволоженості повітря в приміщенні

## 6.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час виконання роботи в повітрі робочої зони можлива поява шкідливих речовин. Шкідливими називаються речовини, що при контакті з організмом можуть викликати захворювання чи відхилення від нормального стану здоров'я, що виявляються сучасними методами як у процесі контакту з ними, так і у віддалений термін, в тому числі і в наступних поколіннях.

У досліджуваному приміщенні може бути декілька можливих джерел забруднення повітря, включаючи офісну техніку та зовнішні фактори, такі як пил. Для забезпечення нормальних умов роботи важливо дотримуватися вимог до якості повітря, які визначені в ДСН 3.3.6.042-99. Запиленість повітря не також повинна перевищувати встановлені норми (табл.6.2) [35].

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> )	3	1	4
Пил нетоксичний	10	4	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, обладнаному ПК, також повинні відповідати встановленим допустимим нормам (див. таблицю 6.3). Дотримання цих вимог сприяє збереженню якості повітря та забезпечує нормальну роботу обчислювальної техніки і працівників.

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup>	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для підтримання якості повітря в робочій зоні проводиться видалення шкідливих речовин, що можуть потрапляти в повітря, завдяки механічній вентиляції. Запиленість приміщення також зменшується завдяки регулярному вологому прибиранню.

### 6.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення приміщень і робочих місць – один з найважливіших елементів сприятливих умов праці. При правильному освітленні підвищується продуктивність праці, покращуються умови безпеки, зменшується втомленість. Недостатнє освітлення сприяє передчасному стомленню, погіршує: увагу працюючого, продуктивність праці, якісні показники, і може стати причиною нещасного випадку.

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 в приміщенні, де здійснюється робота за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для роботи зазначені у таблиці 6.4:

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО,			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 - 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Природне освітлення в досліджуваному приміщенні, де здійснювалася розробка стерефонічного тунера з цифровою індикацією, забезпечується завдяки вікнам, спрямованим на північний схід. Штучне освітлення реалізоване за допомогою системи загального рівномірного освітлення, в основному за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛБ. Підтримання нормованих рівнів освітленості здійснюється завдяки регулярному технічному обслуговуванню (очищення вікон двічі на рік, очищення від пилу лампи раз на два місяці), а також систематичну заміні перегорілих світильників.

#### 6.2.4 Виробничий шум

У сучасному виробництві шум часто стає причиною зниження працездатності, підвищення рівня загальної і професійної захворюваності, частоти виробничих травм. Трудові процеси, пов'язані з впливом шуму, нерідко вимагають вимушеного положення тіла, напруження окремих груп м'язів, підвищеної уваги, нервово-емоційного напруження, вони також можуть

поєднуватися з впливом вібрації, пилу, токсичних речовин, несприятливих метеорологічних умов, інфра й ультразвуку, випромінювання тощо. Ці обтяжливі чинники істотно впливають не тільки на терміни розвитку змін, зумовлених впливом шуму, а й на клінічну картину захворювання.

Джерелами шуму під час дослідження та розробки стерефонічного тюнера з цифровою індикацією є персональні комп'ютери та обладнання, яке знаходиться в приміщенні. Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку LA для даного приміщення наведені у таблиці 6.5 [35].

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання звукопоглинаючих матеріалів.

### 6.2.5 Виробничі випромінювання

Під час розробки стерефонічного тюнера з цифровою індикацією на працівника діє електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що створюється ПК. Результатом дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні є загальна слабкість, підвищена втома, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції. Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, підш-

лункової залози. Погіршуються харчові та статеві рефлексії, діяльність серцево-судинної системи, фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, змінюється склад крові, зафіксовані зміни на рівні клітин. Систематична дія ЕМП високої та надвисокої частоти на організм людини викликає підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло наносить шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини. Професійні захворювання виникають у працівників при тривалому та інтенсивному опроміненні.

ЕМВ через свою негативну дію на генофонд і здоров'я людини підлягають гігієнічному нормуванню згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань наведені в табл. 6.6 [36].

Таблиця 6.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів	20кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для забезпечення безпеки від впливу електромагнітних випромінювань здійснюються різні заходи на рівні організації робочого процесу, інженерної та медично-профілактичної діяльності. Для умов виконання роботи доцільними є раціональна організація робочих місць, оптимальне ро-

зміщення технологічного устаткування та розробка гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку.

### 6.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка психофізіологічних факторів під час розробки стерефонічного тунера з цифровою індикацією здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

– зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

– сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

– розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

– зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

– щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

– навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

–спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

–навантаження на голосовий апарат ( протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

– тривалість робочого дня – більше 8 год;

– змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи в умовах дії загрозливих факторів НС

#### 6.3.1 Дія світлового випромінювання на виробничі приміщення

Світлове випромінювання – це потік променистої енергії, який включає ультрафіолетові, інфрачервоні й видимі промені. Джерелом світлового випромінювання є світна сфера, яка складається з повітря і розжарених продуктів вибуху. Зі збільшенням світної сфери (при повітряному вибуху), температура на її поверхні знижується [37].

Уражаюча дія світлового випромінювання визначається світловим імпульсом.

Світлове випромінювання в залежності від властивостей матеріалів викликає їх оплавлення, обуглювання і займання, що веде до загоряння різних предметів і пожеж в населених пунктах.



Світлові промені на близьких відстанях – під невеликими кутами, практично паралельно поверхні землі. В цьому випадку світлове випромінювання проникає через вікна в кімнати і може запалити домашні предмети: килими, фіранки, оббивку меблів, книги та ін.

Під впливом світлового випромінювання і ударної хвилі в місті можуть виникати окремі, масові, суцільні пожежі або вогневі шторми, які є різновидом суцільних пожеж.

Велике значення має наявність горючих матеріалів навколо будівель. До матеріалів, здатним легко займатися від світлового випромінювання, відносяться толь, папір, солома, очерет, торф, деревина, нафтопродукти та інші матеріали. У містах і населених пунктах, де є велика кількість подібних матеріалів, можуть виникати масові пожежі від дії світлового випромінювання. Займання матеріалів під впливом світлового випромінювання залежить від їх властивостей, товщини і вмісту вологи.

За критерій стійкості роботи ОГД приймається таке максимальне значення світлового імпульсу, при якому окремі елементи виробничих приміщень можуть спалахнути, загорітися. Цим критерієм є  $U_{св.гр}$ , кДж/м<sup>2</sup>.

### 6.3.2 Оцінка стійкості виробничого приміщення в умовах дії світлового випромінювання

Очікувані на об'єкті:  $U_{max} = 1000$  кДж/м<sup>2</sup>. Щільність забудови території підприємства  $P = 18$  %. Двері та віконні рами виготовлені з дерева та пофарбовані в темний колір.

Встановлюємо ступінь вогнестійкості споруди – II (цегла).

Наявність горюче-змащувальних матеріалів та приміщень для зберігання автомобілів дозволяють встановити категорію виробництва за пожежною безпекою – В.

Встановлюємо елементи, які можуть загорітись: дах, двері, вікна.

Встановлюємо величини світлових імпульсів, при яких ці елементи можуть загорітись, дані заносимо в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Світлові імпульси, які викликають загорання матеріалів

Назва споруди, устаткування	Ступінь вогнестійкості	Категорія за пожежною небезпекою	Елементи цеху, їх характеристики	$U_{св.гр.1}$ кДж/м <sup>2</sup>	$U_{св.гр.2}$ кДж/м <sup>2</sup>
Виробниче приміщення	II		1. Дах залізобетонні плити, покриті руберойдом	590	250
			2. Двері – дерев'яні, пофарбовані в темний колір	250	
			3. Вікна – дерев'яні пофарбовані в темний колір	250	

За мінімальним значенням світлового імпульсу визначаємо границю стійкості ОГД до світового імпульсу:

$$U_{св.гр} = 250 \text{ кДж/м}^2.$$

Щільність забудови території ОГД:  $П = 18 \%$ .

На об'єкті очікується максимальний світловий імпульс  $U_{max} = 1000$  кДж/м<sup>2</sup>.

Границя стійкості об'єкта до дії світлового імпульсу  $U_{св.гр} = 250$  кДж/м<sup>2</sup>. Оскільки  $U_{св.гр} = 250 \text{ кДж/м}^2 < U_{max} = 1000 \text{ кДж/м}^2$ , то ОГД є нестійким до дії світлового імпульсу. Тому на об'єкті може виникнути пожежа.

Найбільш небезпечні об'єкти в пожежному відношенні: дах, перекритий руберойдом, а також двері, вікна, пофарбовані в темний колір та зроблені з дерева.

Можлива пожежна обстановка – окремі пожежі.

Доцільно підвищити граничну стійкість ОГД до 1000 кДж/м<sup>2</sup>.

### 6.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

Засоби з підвищення стійкості об'єкта: замінити покрівлю даху на азбоцементну, замінити дерев'яні віконні рами та двері на металеві, оббити двері сталлю по азбоцементній прокладці, провести профілактичні протипожежні заходи (збільшити кількість засобів пожежегасіння, своєчасно забирати виробниче сміття).

### 6.4 Висновки до розділу

Було досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження впливу світлового випромінювання на стійкість роботи виробничого приміщення можна сказати, що воно виявилось нестійким в роботі. Тому розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено та досліджено радіоприймач, який виконаний на ІМС СХА1238.

В розрахунковій частині здійснено розрахунок структурної схеми стерефонічного тюнера з цифровою індикацією, розроблена схема керування та індикації, розроблений алгоритм та програмне забезпечення роботи схеми керування. Проведено розрахунок каскадів стерефонічного тюнера з цифровою індикацією. Отримано результати комп'ютерного схематичного моделювання каскадів стерефонічного тюнера з цифровою індикацією.

Для підвищення чутливості застосований підсилювач радіочастоти на транзисторі BF597A. Для покращення вибірності застосовані два послідовно з'єднаних смугових фільтра. Для збільшення вихідного рівня НЧ використовується операційний підсилювач LM358, який використовується процесором для безшумної настройки на станцію. Для керування роботою приймача використовується мікроконтролер ATtiny2313 фірми Atmel і синтезатор частоти SAA1057, завдяки яким приймач має такі сервісні функції:

- 60 каналів довготривалої пам'яті;
- сканування каналів;
- запис в канал потрібної частоти;
- режим моно/стерео;
- індикація номера каналу та частоти на екрані РКІ дисплея;
- світлодіодна індикація настройки на станцію та наявність стереосигналу.

В технологічній частині розроблено топологію друкованої плати, виконано розрахунок надійності пристрою. Наведено технологічний процес настройки радіоприймача, приводиться методика пошуку несправностей. Розроблений дослідний зразок та отримано результати експериментальних

досліджень.

В економічній частині здійснено комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки. Розрахований узагальненого коефіцієнта якості розробки, а також здійснено розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором. Також розроблений розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У таблиці 1 наведено порівняльну характеристику параметрів приладу.

Таблиця 1 – Результати отримані при проектуванні

Параметр	Отримані в МКР		
	Згідно ІЗ	Розрахунок	Експеримент
Діапазон частот	87,5...108 МГц	87,5...108 МГц	87,5...108 МГц
Коефіцієнт частотних спотворень	1,0 дБ 2,5 дБ	1,4 дБ	1,4 дБ
Вибірність за сусіднім каналом	30 дБ	45 дБ	56 дБ
Вибірність за дзеркальним каналом	50 дБ	102 дБ	105 дБ
Співвідношення сигнал/шум	60 дБ	92,5 дБ	101,7 дБ
Чутливість тюнера	25 мкВ	12,5 мкВ	10,7 мкВ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенов А.О., Дектярьов А.Ю., Ольхович В.М., Педос М.А. Феритовий перетворювач енергії електромагнітних хвиль для селективних НВЧ ватметрів одномодової потужності. Збірник праць ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СППН-2023)», 15-17 листопада 2023, Вінниця, ВНТУ. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/spirn/spirn2023/paper/view/19232/15934>
2. DTA-107 Satellite modulator for PCI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dektec.com/products/PCI/DTA-107/>.
3. DTA-115 Multi-standard cable/terrestrial modulator for PCI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dektec.com/products/PCI/DTA115/> Apelsin.net. URL: <https://inet108.com/news/iptv-sovremennoe-televideniev-hd-kachestve.html> (дата звернення 27.05.2020)
4. Mwarel IPTV. URL: <https://iptvmiddleware.com/ru/iptv-ott/iptv-imminentfuture-television/> (дата звернення 02.06.2020)
5. Rozetka. URL: <https://rozetka.com.ua/promo/summertime/> (дата звернення 01.06.2020)
6. Prom. Ua. URL: <https://prom.ua/> (дата звернення 27.05.2020)
7. Головін Ю. О. Основи радіозв'язку : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Політехніка, 2021. 234 с.
8. Пахтусов В. В. Основи побудови засобів радіозв'язку : навч. посіб. Київ : ВІТІ, 2004. 292 с.
9. Омелянюк І. В. Цифрове ефірне телебачення. Практика, нові напрямки розвитку цифрового ефірного телебачення та створення цифрових ефірних телемереж : посібник для фахівців телебачення. Київ : ЗАО ТЕЛЕРАДІОКУР'ЄР, 2009. 192 с.

10. Ступак В. С., Долматов С. О. Основи радіочастотного контролю : практ. посіб. / за ред. Олійника В. Ф. Київ, 2004. 231 с.
11. Довгий С. О., Воробієнко П. П., Гуляєв К. Д. Сучасні телекомунікації : Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. 2-ге вид., доп. / за ред. Довгого С.О. Київ : Азимут-Україна, 2013. 608 с.
12. Про радіочастотний ресурс України: закон України від 24.06.2004 р. № 1876-IV із змінами та доповненнями.
13. ДСТУ 4184:2003. Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби. Класифікація. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. Київ, 2003. 50 с.
14. Радіотелекомунікаційні технології: радіопередавальні та радіоприймальні пристрої / О. В. Гайдук, П. В. Слободянюк, В. Л. Булгач та ін. Ніжин: «Аспект-Поліграф», 2007. 319 с.
15. Сукачев Е. А. Стільникові мережі радіозв'язку з рухомими об'єктами. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. 256 с.
16. Конахович Г. Ф. Системи радіозв'язку. Київ: НАУ, 2011. 311 с.
17. Смирнов В. П. Засоби приймання і оброблення інформації. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 75 с.
18. Єлізаренко А. О. Перспективні напрямки розвитку мереж технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті. Харків: УкрДАЗТ, 2019. 53 с.
19. Standard ETSI 102361-1 v1.4.5. Elektromagnetik compatibility and Radio spectrum Matters. Digital Mobile Radio (DMR) Systems. Part1. DMR AIR Interfase hrotocol. France. ETSI, 2007.
20. Ємельянов В. В. Конспект лекцій з дисципліни «Системи мобільного зв'язку», частина 2 «Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої» для студентів усіх форм навчання спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Упоряд. Ємельянов В.В. – Харків: ХНУРЕ, 2017 – 163 с.

21. Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник для ВНЗ /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 365 с.
22. Шинкарук О.М. Основи функціонування багатоканальних систем передачі інформації. навч. посібник для ВНЗ /О.М. Шинкарук, Ю.М. Бойко, І.І. Чесановський. – Х.: ХНУ, 2011. – 231 с.
23. Бабак В. П., Хандецький В. С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: підручник. – К.: Либідь, 1996. – 392 с.
24. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посібник / За ред.Ю. Л. Мазора, Є. А. Мачуського, В. І. Правди. – К. .: Вища шк., 1999. – 838с. : іл.
25. Математичні моделі та методи аналізу електронних кіл [Текст]: навч. посіб. / [Ю. Я. Бобало, Р. І. Желяк, М. Д. Кіселичник, Мандзій, Богдан Андрійович] ;за ред. Ю. Я. Бобала та Б. А. Мандзія ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів.політехніки, 2013. — 315.
26. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. Посібник За ред.Ю. Л. Мазора, Є. А. Мачуського, В. І. Правди. – К. .: Вища шк., 1999. – 838с. : іл.
27. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
28. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.
29. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14\\_nakazy\\_ta\\_rozpor\\_183575/248+58074-detail.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14_nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html)



30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
31. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.156~2014.pdf>
32. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Офіційний вісник України від 07.09.2009 - 2009 р., № 66.
33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
34. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php)
35. Правила улаштування електроустановок. Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
36. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=71028](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028)
37. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.


Додаток А  
(обов'язковий)

## ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА


### СТЕРЕФОНІЧНИЙ ТЮНЕР З ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-22м  
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіо-  
техніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Педос М.А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., каф. ІРТС

Осадчук Я.О.  
(прізвище та ініціали)

«14» 12 2023 р.

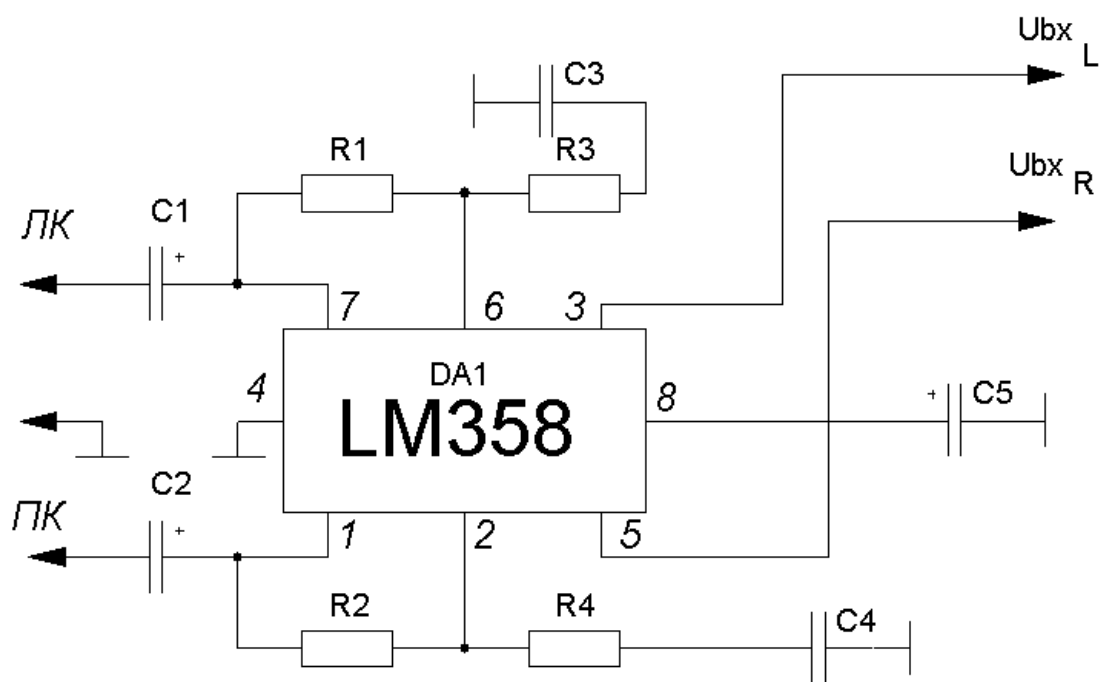


Рисунок 1 – Принципова схема ПЗЧ

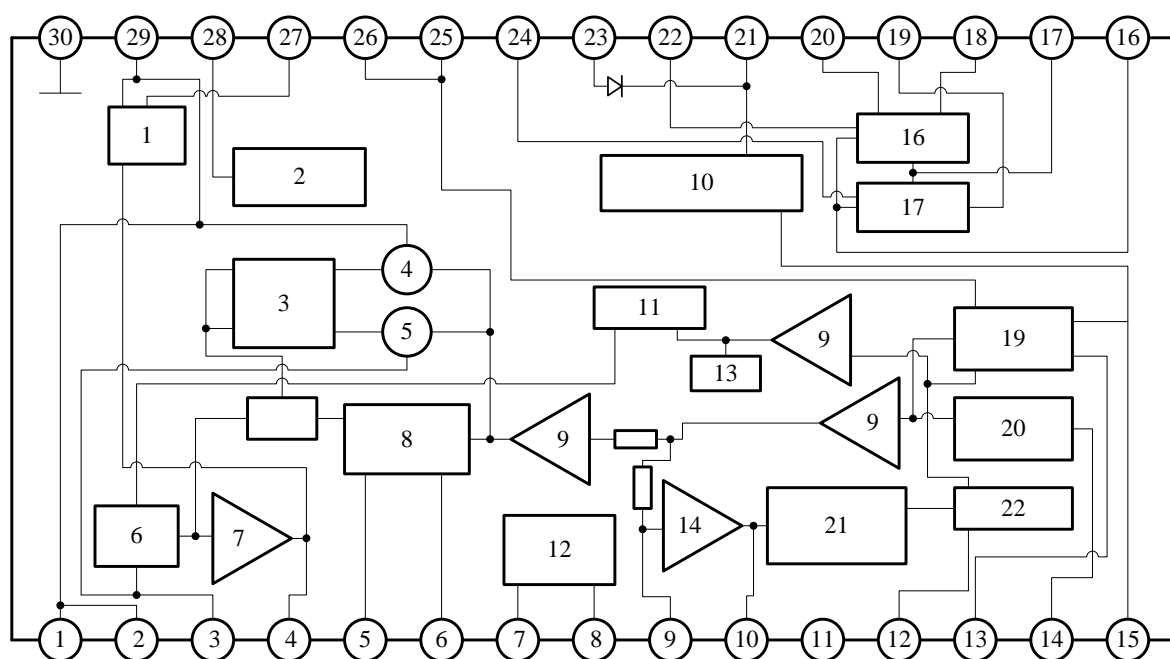


Рисунок 2 – Структурна схема мікросхеми CXA1538

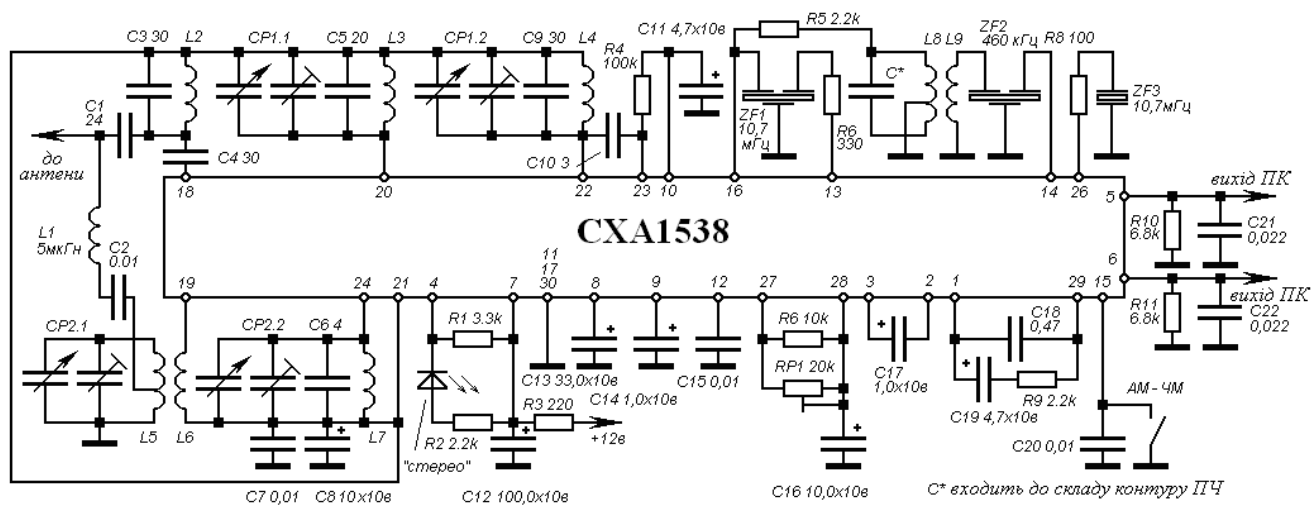


Рисунок 3 – Принципова електрична схема приймача  
на базі мікросхеми CXA1538

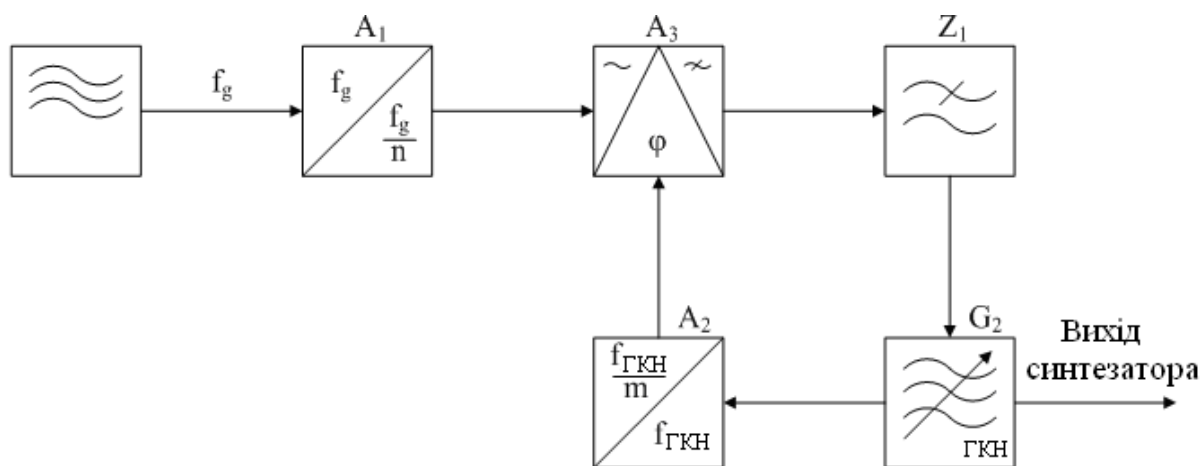


Рисунок 4 – Структурна схема цифрового синтезатора частоти

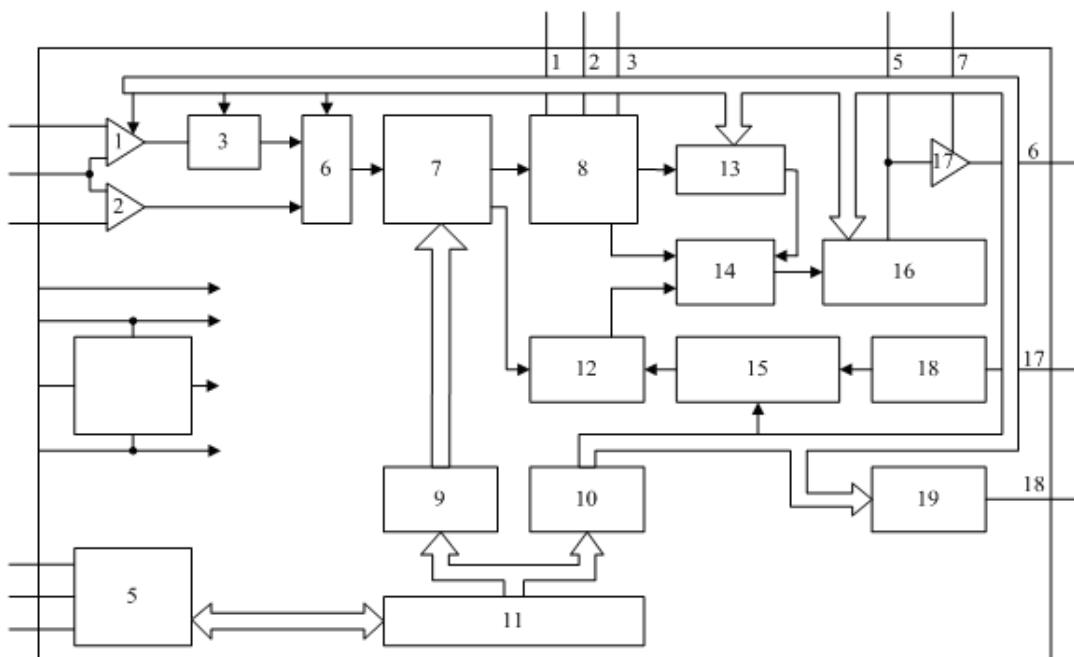


Рисунок 5 – Структурна схема мікросхеми SAA1057

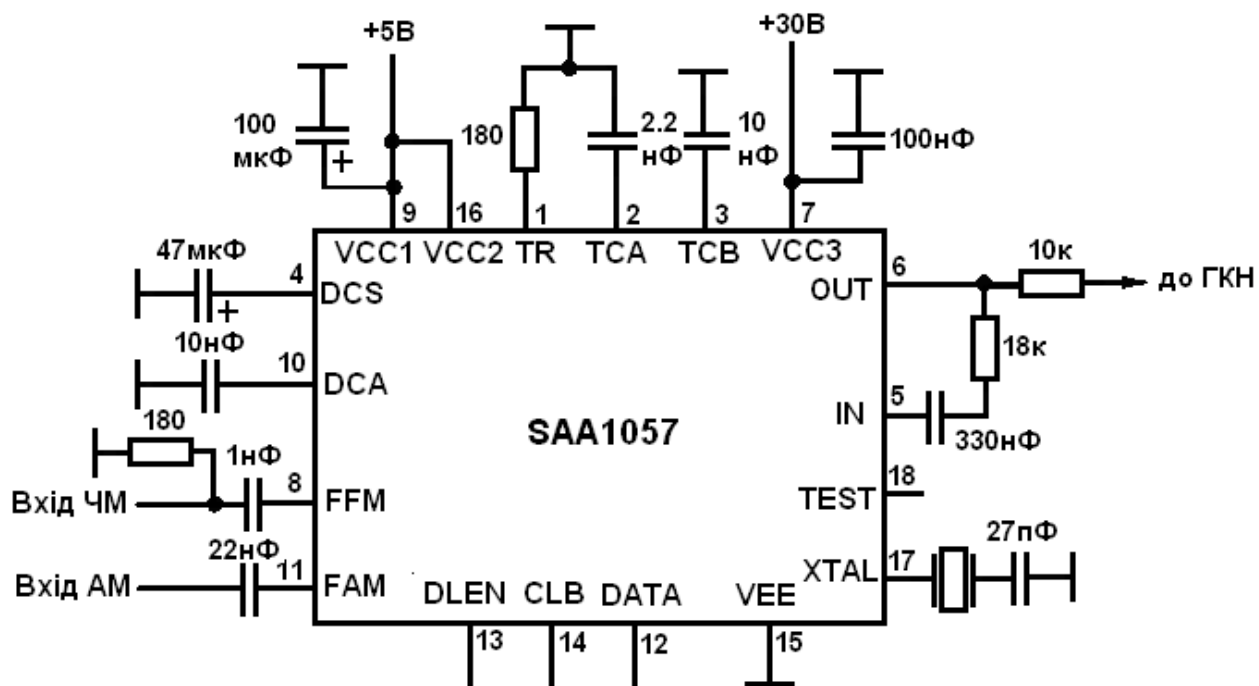


Рисунок 6 – Типова схема застосування мікросхеми SAA1057

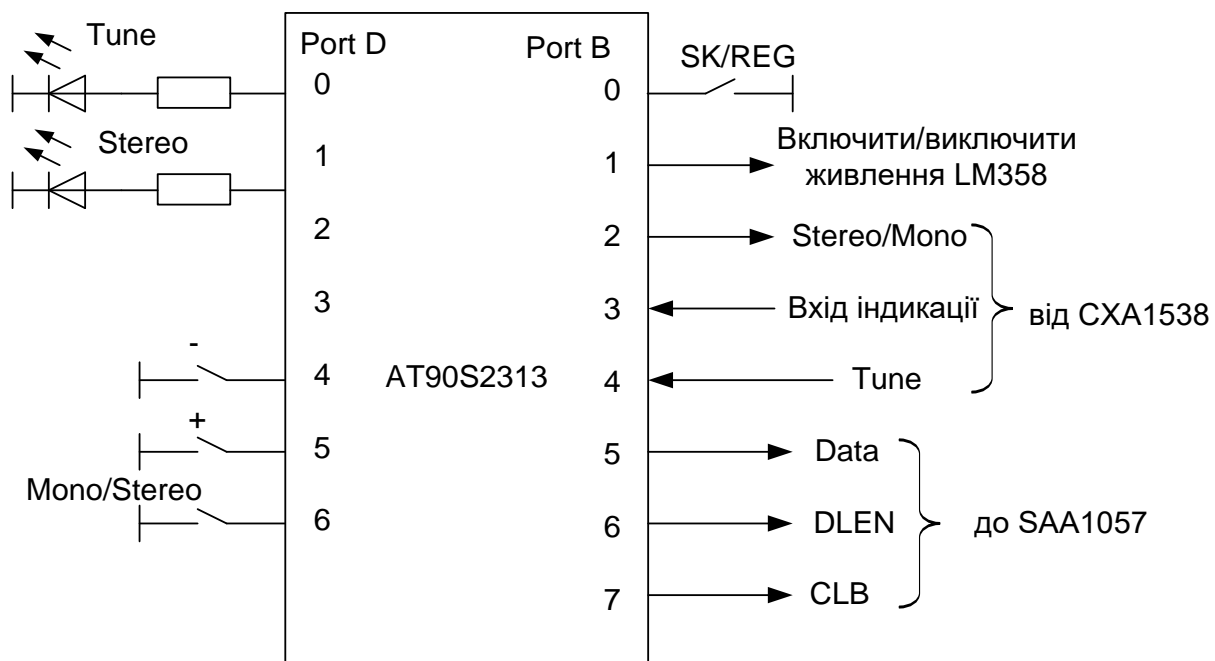


Рисунок 7 – Функціональна схема використання мікроконтролера  
ATTINY2313 у радіоприймачі

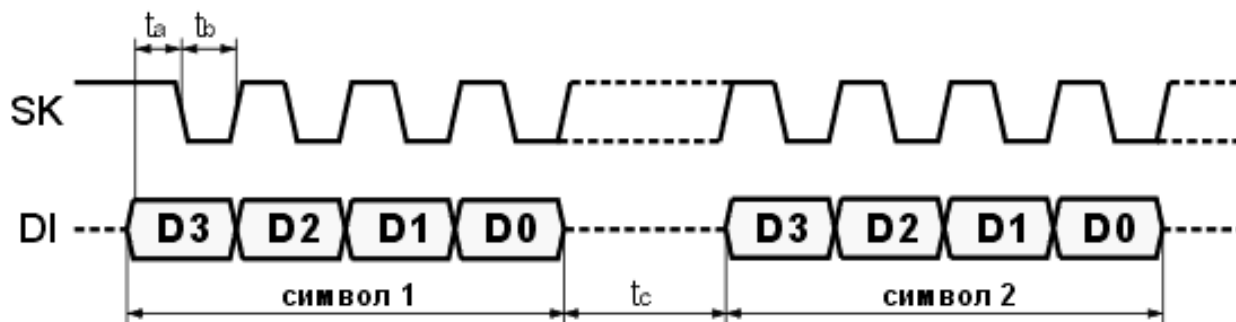


Рисунок 8 – Часова діаграма передачі даних

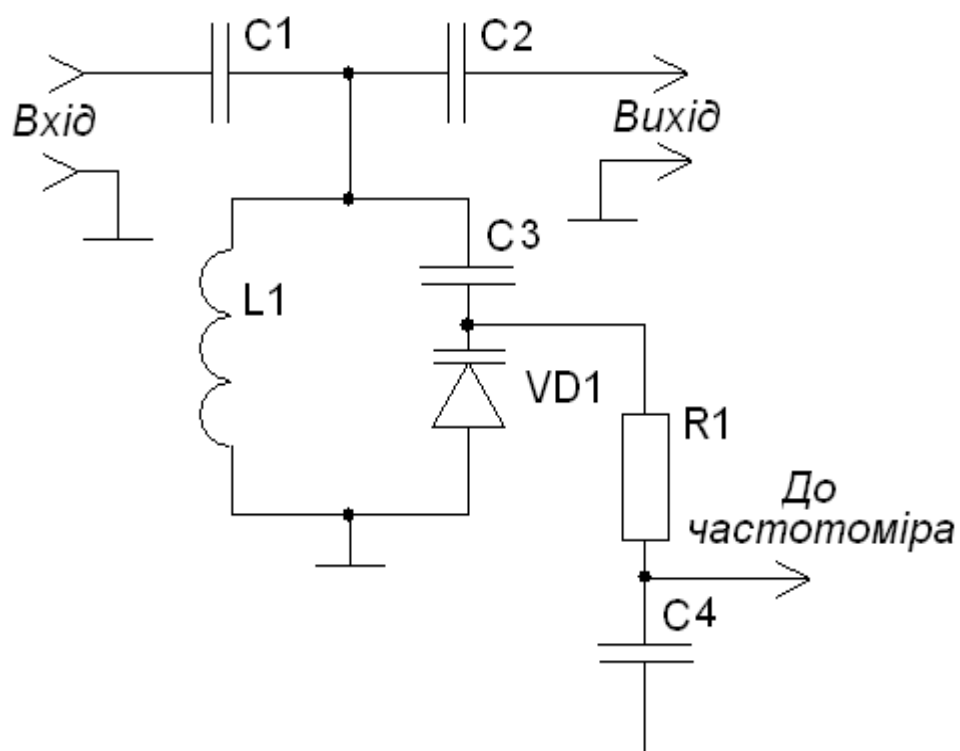
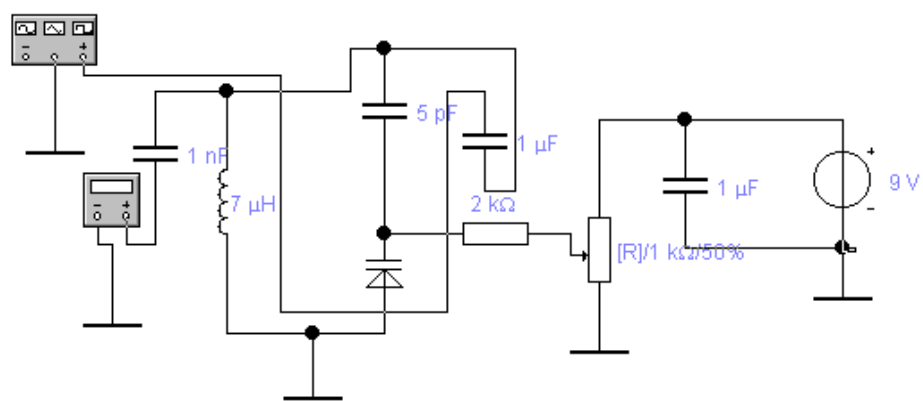
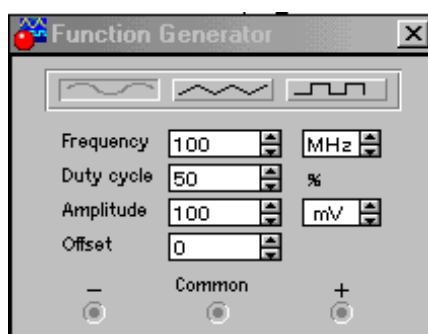


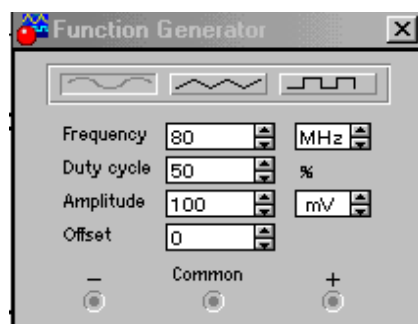
Рисунок 9 - Електрична схема вхідного кола



a)



б)



в)

Рисунок 10 – Результати моделювання: а) схема досліду в EWB;  
 б) визначення добротності контуру; в) дослідження роботи за діапазоном  
 робочих частот

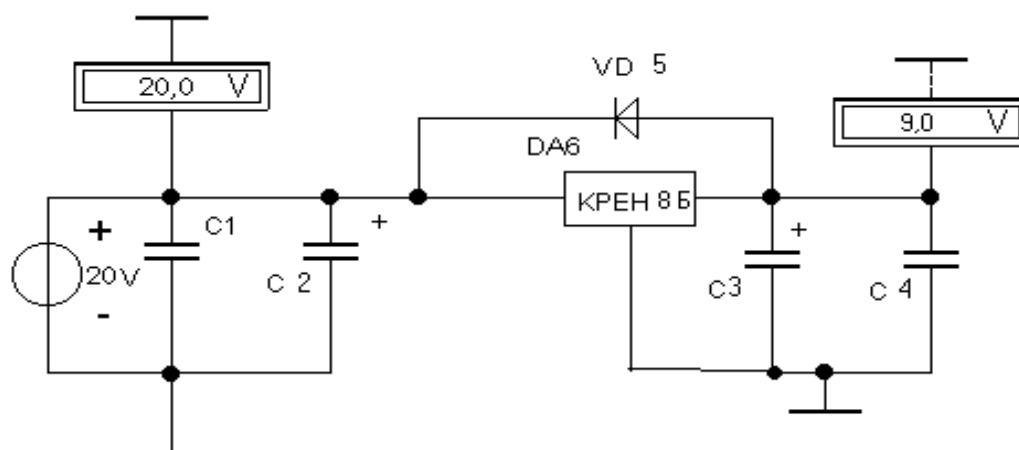


Рисунок 11 – Схема стабілізатора напруги, спроектована в EWB 5.0



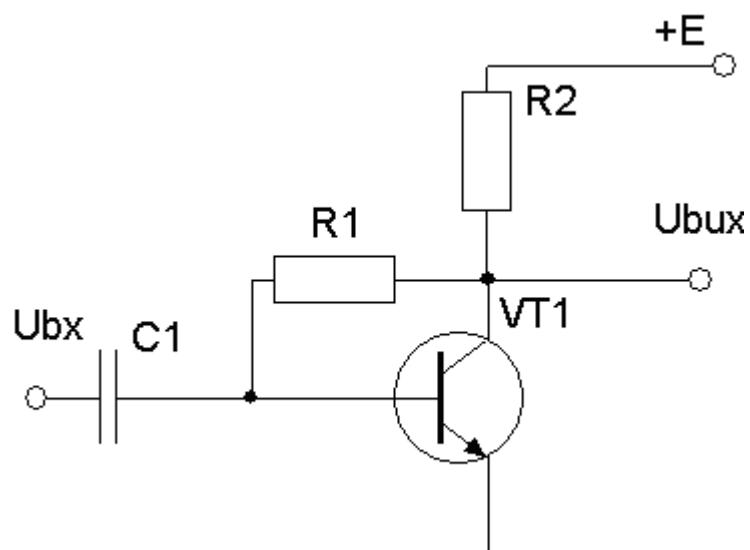


Рисунок 12 – Схема вхідного підсилювача

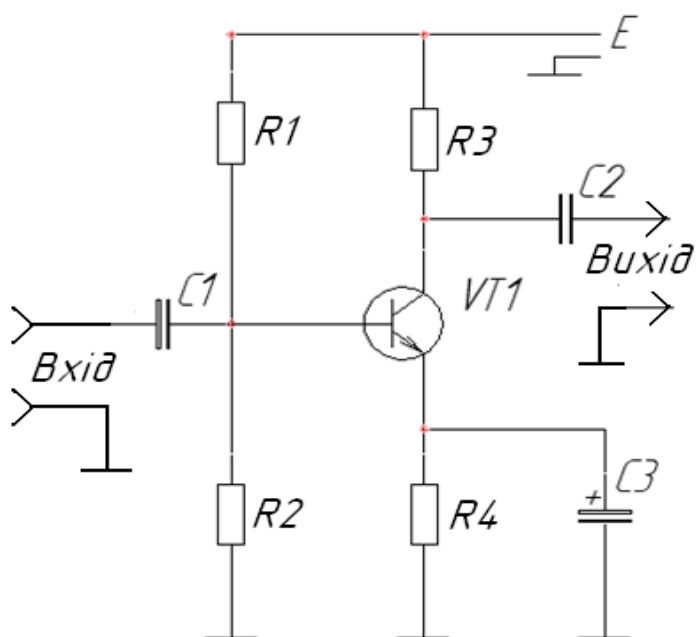


Рисунок 13 – Електрична схема резистивного підсилювача

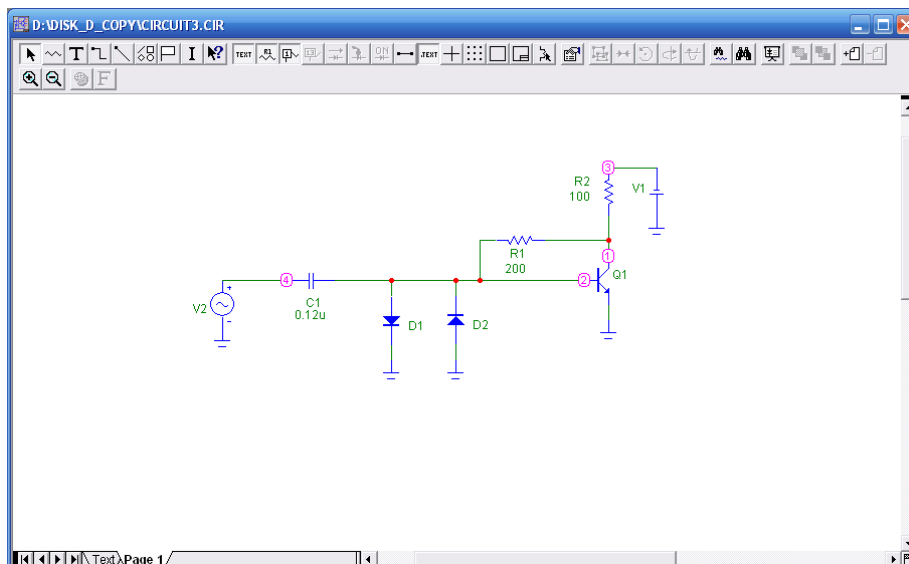


Рисунок 14 – Електрична схема вхідного підсилювача у Micro-Cap 6.0

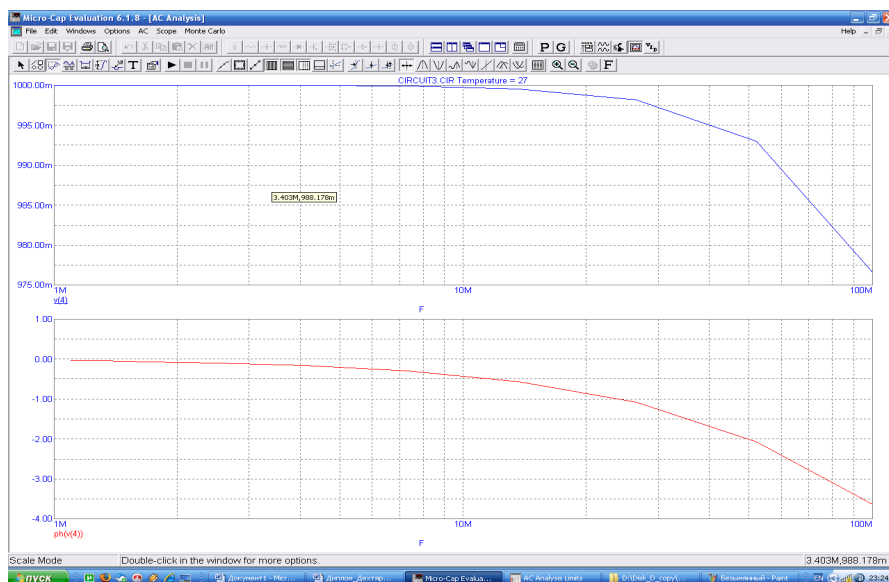


Рисунок 15 – АЧХ і ФЧХ вхідного підсилювача у Micro-Cap 6.0

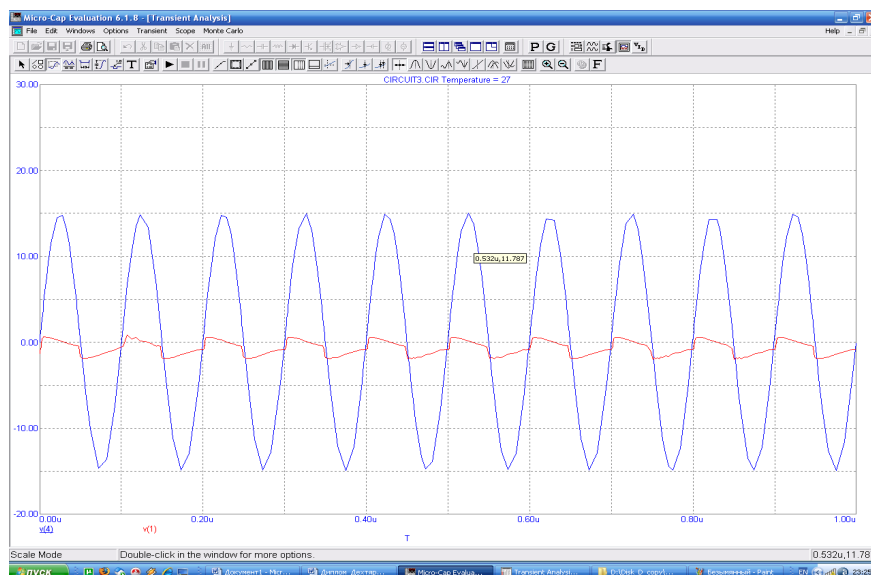


Рисунок 16 – Форма вхідного і вихідного сигналів

Додаток Б  
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ**

**СТЕРЕФОНІЧНИЙ ТЮНЕР З ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ**

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Стереофонічний тюнер з цифровою індикацією»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ІРТС  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unichesk**

Оригінальність 92,33% Схожість 7,67%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Звягін О.С.  
(прізвище, ініціали)

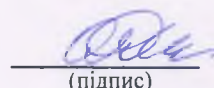
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Педос М. А.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Осадчук Я. О.  
(прізвище, ініціали)