

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))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ВИСОКОЯКІСНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ»

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи РТ-23мс
спеціальності 172 – Електронні комунікації та
радіотехніка, ОП- Радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

В.Кравчук Кравчук В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., проф., каф. ІРТС

А.О.Семенов Семенов А.О.
(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

Рецензент: д.т.н., доц., професор каф. ІКСТ

Д.В.Михалевський Михалевський Д.В.
(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

О.В.Осадчук Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«13» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність – 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
 Олександр ОСАДЧУК
2023 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кравчуку Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Високоякісний підсилювач звукової частоти з дистанційним керуванням»

керівник роботи Семенов Андрій Олександрович, д.т.н., проф., проф., каф. ІРТС

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “20”03 2025 року № 97

2. Строк подання студентом роботи 10 06 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: коефіцієнт нелінійних спотворень на номінальній потужності 0,1%, номінальна потужність 60 Вт, мінімальний опір навантаження 4 Ом, нерівномірність АЧХ в робочому діапазоні 1 дБ, робочий діапазон частот 20 Гц – 30 кГц, відношення сигнал/шум 92 дБ, рівень номінального вхідного сигналу лінійного входу 10 0мВ, чутливість мікрофонного входу 1 мВ.

4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасних досягнень у техніці високоякісного звуковідтворення. Розрахунок структурної схеми пристрою. Електричний розрахунок. Комп'ютерне моделювання. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема електрична принципова блоку дистанційного прийому та керування. Узагальнена структурна схема підсилювача. Структурні схеми вузлів Каналів 1 і 2. Повна структурна схема високоякісного підсилювача потужності стерео. Схема електрична принципова МП. Схема електрична принципова каналного підсилювача. Структурна схема аудіопроцесора. АЧХ та ФЧХ підсилювача при подачі на вхід 1 мВ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., проф., професор каф. ІРТС Семенов А.О.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, доцент, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БКР	14.02.2025-28.02.2025	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2025-19.03.2025	
3.	Розробка завдання на БКР. Затвердження теми.	20.03.2025-25.03.2025	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	26.03.2025-06.05.2025	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2025-18.05.2025	
6.	Розробка ілюстративної частини БКР	19.05.2025-22.05.2025	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2025-25.05.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	26.05.2025-05.06.2025	
9.	Нормоконтроль	07.06.2025-10.06.2025	
10.	Попередній захист БКР, доопрацювання, рецензування БКР	11.06.2025-15.06.2025	
11.	Захист БДР ЕК	16.06.2025-17.06.2025	

Студент


(підпис)

Кравчук В.С.

Керівник роботи


(підпис)

Семенов А.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.375

Кравчук В. С. Високоякісний підсилювач звукової частоти з дистанційним керуванням. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – 90 с. Українською мовою. Бібліогр.: 39. назв; Рис.: 26, Табл. 7.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано розроблення та дослідження стерео підсилювача потужності звукової частоти з дистанційним керуванням, видів технологічних можливостей удосконалення схеми технічних та параметричних особливостей пристрою. Також, розглянуто загальний принцип роботи системи дистанційного керування підсилювачем. Обґрунтований вибір структурної схеми пристрою. Виконані електричні розрахунки основних каскадів пристрою. Наведено результати електричного розрахунку каскаду попереднього підсилення, каскаду темброблоку, вихідного підсилювача потужності звукової частоти. Здійснено комп'ютерне схемотехнічне моделювання підсилювача та блоку керування.

Ключові слова: підсилювач потужності, звукова частота, стерео, високоякісний, спотворення, амплітудно-частотна характеристика.

ABSTRACT

Kravchuk V. S. High-quality audio frequency amplifier with remote control. Bachelor's qualification work: VNTU, 2025. 90 p. In Ukrainian. Bibliography: 39 titles; Figures: 26, Table 7.

In the bachelor's thesis, the author developed and studied a stereo audio frequency power amplifier with remote control, types of technological possibilities for improving the circuitry and parametric features of the device. Also, the general principle of operation of the remote control system of the amplifier is considered. The choice of the structural scheme of the device is substantiated. Electrical calculations of the main stages of the device are performed. The results of the electrical calculation of the preamplification stage, the tone block stage, and the audio frequency output power amplifier are presented. The computer circuit and technical modelling of the amplifier and the control unit is carried out.

Keywords: power amplifier, audio frequency, stereo, high quality, distortion, frequency response.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ У ТЕХНІЦІ	
ВИСОКОЯКІСНОГО ЗВУКОВІДТВОРЕННЯ	12
1.1 Суть технічної задачі.....	12
1.2 Способи вирішення технічної задачі	13
1.3 Огляд класів підсилення каскадів	15
1.4 Аналіз сучасних технічних засобів техніки високоякісного звуківідтворення	17
2 РАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ	20
2.1 Обґрунтування вибору компонентів і розроблення загальної структурної схеми	20
2.2 Вибір елементної бази	25
2.3 Розроблення повної структурної схеми	26
3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК	29
3.1 Електричний розрахунок мікрофонного підсилювача та канального підсилювача	29
3.2 Розрахунок регулятора панорами.....	35
3.3 Розрахунок попереднього підсилювача	36
3.4 Розрахунок блоку дистанційного керування	39
3.5 Розрахунок блоку живлення	44
3.6 Розрахунок вихідного підсилювача	54
4 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	57
4.1 Математична модель схеми за допомогою ЕОМ.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи.....	63
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	67
5.3 Пожежна безпека.....	72

ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал.....	80
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) кваліфікаційної роботи.....	88

ВСТУП

Актуальність теми.

На сучасному етапі розвитку радіотехніки і звукотехніки підсилювачі звукових частот будуються на цифрових елементах, які проводять цифрову обробку звукового сигналу, але їх недоліком є неприродність звуку, тому в наш час ще досить широко застосовуються електронні лампи (в найбільш якісних та потужних підсилювачах звукових частот). Основним недоліком таких підсилювачів є досить висока ціна та низький коефіцієнт корисної дії (ККД), адже вихідний каскад працює в режимі класу А для отримання мінімального коефіцієнту нелінійних спотворень[1]. Альтернативою електронних ламп є застосування напівпровідникових транзисторів, що дешевші від ламп. Так, біполярні транзистори мають високий коефіцієнт підсилення за напругою, низький вхідний опір, але вносять частотні спотворення в області високих частот звукового діапазону та нелінійні спотворення. Запобігти цьому, аби покращити параметри, можливо при застосуванні досить складних схем корекції та схемних рішень, але складність їх побудови і точний підбір елементів обмежують їх використання.

Проміжною ланкою між електронними лампами та біполярними транзисторами є польові або уніполярні транзистори і мікросхеми на їх основі. На відміну від біполярних транзисторів ефект керування струмом у польових транзисторах досягається не дифузією носіїв заряду, а під дією електричного поля. Це означає, що в ідеальному випадку ефект керування струмом досягається без втрат енергії (вхідний струм дорівнює керуючому струму, і обидва майже дорівнюють нулю). Нарівні з високоомним входом, який мають польові транзистори, для звукотехніки досить важливі такі їх характеристики, як великий лінійний діапазон зміни вхідної напруги, а також здатність потужних транзисторів працювати на відносно високих частотах одиничного підсилення.

Аналіз сучасного стану за тематикою роботи.

В звукотехніці використовуються здебільшого кремнієві польові транзистори, їхніми перевагами є близькість характеристик до електронних ламп, а також низьке споживання струму, що дозволяє використовувати польові транзистори як підсилювальні елементи в каскадах як кінцевого, так і попереднього підсилення[2].

При використанні польових транзисторів у каскадах кінцевого підсилення струм, що споживається від джерела, значно менший, ніж при застосуванні біполярних транзисторів.

Підвищення попиту на високоякісні пристрої підсилення звукових частот є наслідком розробки кращих за параметрами та дешевших за ціною підсилювачів. Сучасний підсилювач має відтворювати діапазон звукових частот (20...20000) Гц, забезпечувати низький коефіцієнт нелінійних спотворень, необхідну потужність при оптимальному коефіцієнті корисної дії (максимально можливому також, за можливістю, мати цифрове керування).

Крім технічних проблем звукотехніки існують також суб'єктивні проблеми, що залежать від особливостей сприймання людиною звукових хвиль: рівня звуку та діапазону частот.

В області техніки високоякісного звуковідтворення є ряд проблем що поки не вирішенні на сучасному рівні розвитку:

- існують системи, які за якістю звуковідтворення цілком задовольняють споживачів (як аматорів, так і професіоналів), але вартість таких систем значна і недоступна багатьом бажаючим;
- при незначному покращенні якості вартість систем зростає значно більше. Ця невідповідність змушує виробників шукати компроміс між якістю і ціною;
- особливості конструкції промислових зразків підсилювачів містять в собі протиріччя, які компромісно вирішуються конструкторами;

- в останні роки увага приділяється розробці нових принципів побудови підсилювачів звукової частоти, що дають можливість розв'язати існуючі конструктивні та економічні протиріччя.

Метою роботи є розроблення та дослідження високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням.

Об'єктом дослідження є процес перетворення електричних сигналів у сигнали звукової частоти в каскадах високоякісного стерео-підсилювача.

Предмет дослідження – електричні та часові параметри і характеристики сигналів звукової частоти в каскадах високоякісного стерео-підсилювача.

Для досягнення поставленої мети в бакалаврській кваліфікаційній роботі будуть розв'язані такі задачі:

- здійснити аналіз сучасних досягнень у техніці високоякісного звуковідтворення;
- обрати компоненту базу та розробити структурну схему пристрою;
- зробити електричні розрахунки блоків структурної схеми пристрою;
- здійснити електричні розрахунки каскадів підсилювача;
- здійснити комп'ютерне моделювання каскадів пристрою;
- виконати розділ безпеки життєдіяльності.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні: елементів теорії електричних кіл і сигналів, теорії аналогових електронних пристроїв і аналогової схемотехніки, теорії комп'ютерного моделювання радіотехнічних пристроїв.

Новизна одержаних результатів:

- 1) Отримав подальший розвиток метод каскадної побудови високоякісного підсилювача потужності сигналів звукової частоти.
- 2) Нова структурна та електрична схеми високоякісного підсилювача потужності сигналів звукової частоти з дистанційним керуванням.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел і додатків.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ У ТЕХНІЦІ ВИСОКОЯКІСНОГО ЗВУКОВІДТВОРЕННЯ

1.1 Суть технічної задачі

В сучасних ППЗЧ альтернативою електронних ламп є застосування напівпровідникових транзисторів, що дешевші від ламп. Так, біполярні транзистори мають високий коефіцієнт підсилення за напругою, низький вхідний опір, але вносять частотні спотворення в області високих частот звукового діапазону та нелінійні спотворення. Запобігти цьому, аби покращити параметри, можливо при застосуванні досить складних схем корекції та схемних рішень, але складність їх побудови і точний підбір елементів обмежують їх використання[4].

Проміжною ланкою між електронними лампами та біполярними транзисторами є польові або уніполярні транзистори і мікросхеми на їх основі. На відміну від біполярних транзисторів ефект керування струмом у польових транзисторах досягається не дифузією носіїв заряду, а під дією електричного поля. Це означає, що в ідеальному випадку ефект керування струмом досягається без втрат енергії (вхідний струм дорівнює керуючому струму, і обидва майже дорівнюють нулю) [5]. Нарівні з високоомним входом, який мають польові транзистори, для звукотехніки досить важливі такі їх характеристики, як великий лінійний діапазон зміни вхідної напруги, а також здатність потужних транзисторів працювати на відносно високих частотах одиничного підсилення.

В звукотехніці використовуються здебільшого кремнієві польові транзистори, їхніми перевагами є близькість характеристик до електронних ламп, а також низьке споживання струму, що дозволяє використовувати польові транзистори як підсилювальні елементи в каскадах як кінцевого, так і попереднього підсилення.

При використанні польових транзисторів у каскадах кінцевого підсилення струм, що споживається від джерела, значно менший, ніж при застосуванні біполярних транзисторів.

Підвищення попиту на високоякісні пристрої підсилення звукових частот є наслідком розробки кращих за параметрами та дешевших за ціною підсилювачів. Сучасний підсилювач має відтворювати діапазон звукових частот (20...20000) Гц, забезпечувати низький коефіцієнт нелінійних спотворень, необхідну потужність при оптимальному коефіцієнті корисної дії (максимально можливому також, за можливістю, мати цифрове керування).

Крім технічних проблем звукотехніки існують також суб'єктивні проблеми, що залежать від особливостей сприймання людиною звукових хвиль: рівня звуку та діапазону частот.

1.2 Способи вирішення технічної задачі

В наш час можна визначити декілька основних підходів до побудови підсилювача звукових частот:

- перший варіант характерний для апаратури класу High-End. Підсилювачі звукових частот (ПЗЧ) в більшості випадків будуються на електронних лампах за простими схемними рішеннями. Висока якість звуковідтворення досягається головним чином за рахунок оптимального вибору режимів активного елемента (як правило, АЕ працює в режимі класу А), а також застосування високоякісної дорогої елементної бази. Даний підхід має суттєві недоліки: підсилювачі дуже дорогі, споживають велику потужність, також низькими є об'єктивні показники;

- другий варіант характерний для апаратури Hi-Fi, що призначена для широкого кола споживачів[3]. Останні розробки побудовані за традиційними схемними рішеннями: двотактний вихідний каскад працює в режимі класів А або АВ, корекція нелінійних спотворень проводиться за допомогою введення від'ємного зворотного зв'язку (ВЗЗ). Даний підхід зумовлює ряд протирічних проблем, що виникають перед розробниками. Вирішенням цих проблем є

компроміс між покращенням і погіршенням різних параметрів і характеристик ПЗЧ;

- третій варіант передбачає альтернативні підходи, що дають можливість створити ПЗЧ з кращими техніко-економічними показниками, тобто отримати краще співвідношення між ціною і якістю. Основний недолік цього методу полягає у тому, що невідомо, чи окупляться затрати на нову розробку обраний шлях все оптимальним. Отже, будуючи сучасні підсилювачі, елементною базою яких ІМС можливо досягти необхідних результатів з мінімально можливими затратами.

При розробці нового пристрою виникають багато різноманітних проблем. Серед них і проблема як забезпечити вищі технічні показники при менших економічних затратах. Тобто збільшити привабливість пристрою на ринку, його конкурентоздатність[6].

Підвищити конкурентноспроможність пристрою можна наступними шляхами:

- внесення змін до конструкції або технології виготовлення виробу, внаслідок;

- внесення змін до схемотехніки пристрою виробу, внаслідок;

- вибір оптимальної елементної бази;

- вибір оптимальних допоміжних матеріалів, оптичного волокна та ін.;

- вибір постачальників допоміжних матеріалів та оптичного волокна, які пропонують найкращі співвідношення ціна/якість;

- вибір постачальників елементної бази, які пропонують найкращі співвідношення ціна/якість;

- запровадження нового алгоритму роботи пристрою, написання іншої програми керування;

- використання спеціальних схемотехнічних рішень, які дозволять забезпечити якнайкращі технічні параметри при найменшій кількості електронних компонентів;

- матеріалізації результатів, отриманих в ході проведення науково-дослідної роботи;
- автоматизації виробництва та (або) окремих операцій по виробництву, а також повна або часткова автоматизація по налаштуванню нового пристрою на виробництві;
- корегування схеми електричної пристрої, удосконалення пристрою протягом всього терміну її виготовлення, тобто підприємство має залишити за собою право корегування електричної принципової схеми пристрою, які б не погіршили, а навпаки покращили технічні та (або) техніко-експлуатаційні характеристики пристрою.

1.3 Огляд класів підсилення каскадів

Існує кілька класів підсилювачів, таких як клас А, В, АВ і D, кожен з яких має свої переваги і недоліки, які можуть бути важливими залежно від конкретного застосування. Розглянемо основні характеристики кожного з класів підсилювачів і фактори, які впливають на їх вибір.

Клас А підсилювачів є одним з найбільш старих і простих типів архітектур підсилювачів. У підсилювачах цього класу вихідні транзистори або лампи проводять струм постійно, незалежно від того, чи є вхідний сигнал, чи ні. Це забезпечує відсутність перехідних процесів і зменшує рівень спотворень на виході, що дає дуже високу якість звуку. Водночас, такий підсилювач працює при максимальному навантаженні практично весь час, що веде до значних теплових втрат і низького коефіцієнта корисної дії (ККД). Для підсилювачів класу А ККД зазвичай не перевищує 30-40%. Це означає, що більша частина споживаної енергії витрачається на генерацію тепла. Такі підсилювачі зазвичай використовуються в аудіофільських системах, де якість звуку є пріоритетною, а енергоефективність не так важлива. Однак, через великий тепловий розподіл і велику кількість енергії, що йде на обігрів, ці підсилювачі є менш практичними для більшості побутових застосувань.

Клас В підсилювачів є більш енергоефективним варіантом. У підсилювачах класу В кожен з транзисторів або ламп працює лише на одній половині циклу (половина хвилі сигналу), тобто тільки тоді, коли сигнал має відповідну полярність. Це дозволяє зменшити теплові втрати і підвищити коефіцієнт корисної дії, який може досягати 70-80%. Однак, головним недоліком таких підсилювачів є виникнення спотворень, особливо в точці перехрестя двох частин хвилі, що зменшує якість звуку. Внаслідок цього підсилювачі класу В рідко використовуються в аудіофільських системах, але знаходять застосування в ситуаціях, де важлива енергоефективність, а не абсолютна якість звуку, наприклад, у побутових аудіосистемах або деяких типах професійної апаратури.

Клас АВ підсилювачів є компромісом між класами А і В, комбінуючи переваги обох. У цьому класі транзистори або лампи працюють на частині циклу, як у класі В, але на невеликій ділянці всієї хвилі (відповідно до заданого порогу), що дозволяє уникнути спотворень на перехресті сигналу. Завдяки такій архітектурі, підсилювачі класу АВ мають високу ефективність (до 60-70%) і порівняно невеликі теплові втрати, при цьому зберігається висока якість звуку, яка ближча до класу А. Підсилювачі цього класу є одними з найпоширеніших у високоякісних аудіосистемах і професійних підсилювальних пристроях, оскільки вони дозволяють забезпечити хороший баланс між якістю звуку та енергоефективністю. Вони використовуються в багатьох аудіофільських підсилювачах, а також в автомобільних і портативних аудіосистемах.

Клас D підсилювачів, або цифрові підсилювачі, є найбільш енергоефективними серед існуючих типів підсилювачів. Вони працюють за принципом перетворення вхідного аналогового сигналу в цифрову форму, після чого він підсилюється та перетворюється назад в аналоговий сигнал для виведення на навантаження. ККД підсилювачів класу D може досягати 90% і вище, що робить їх дуже енергоефективними. Це дозволяє зменшити теплоутворення та збільшити термін служби компонентів, а також знижує

потребу в потужних охолоджувальних системах. Водночас, підсилювачі класу D можуть мати більшу складність у реалізації і забезпеченні високої якості звуку, оскільки цифрове підсилення сигналу може вводити деякі спотворення та шуми, хоча сучасні технології дозволяють зменшити ці ефекти. Ці підсилювачі широко використовуються в портативних аудіопристроях, автомобільних підсилювачах, а також у високоефективних аудіосистемах.

1.4 Аналіз сучасних технічних засобів техніки високоякісного звуковідтворення

На даний час техніка набула свого величезного розвитку, тому на ринку присутні дуже багато моделей подібної техніки [7]. Найзхожі по основним параметрам з розробляємим пристроєм є такі представники з представлених на ринку високоякісних стерео підсилювачів є Stanton M.203, Pioneer DJM-3000, Vestax PMC-06PRO, KORG KM-202, Yamaha MW10C, Numark DXM06, та багато інших [8]. Основні параметри цих пристроїв представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік аналогічних до розроблюваного пристрою приладів та їх основні показники та параметри

Параметри	Stanton M.203	Lehmann audio	Yamaha MV60C	Барк 001	Розроблюваний пристрій
Діапазон робочих частот, Гц	10..20000	20..20000	20..20000	20..25000	20..20000
Нерівномірність АЧХ, дБ	0,2	0,5	0,5	0,7	0,5
Дистанційне керування	Так	Ні	Так	Ні	Так
Кількість каналів моно/стерео	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1
Коефіцієнт нелінійних спотворень, %	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1
Мінімальний опір навантаження, Ом	4	2	2	4	4

Продовження таблиці 1.1 – Перелік аналогічних до розроблюваного пристрою приладів та їх основні показники та параметри

Номінальний рівень вих. сигналу, на канал, Вт	100	40	60	50	68
Наявність індикатора перевантаження	Загальн. по входу	Загальна по всім каналам	-	Загальна по входам	-
Відношення Сигнал/шум, дБ	89	85	84	80	92
Регулювання тембру	НЧ/СЧ/ ВЧ ± 12 дБ	-	НЧ/СЧ/ ВЧ ± 13 дБ	НЧ/СЧ/ ВЧ ± 12 дБ	НЧ/СЧ/ВЧ ± 12 дБ
Номінальний рівень вхідного сигналу, мВ	5; 200	3; 50;	3; 300.	1; 100;	1;100;

Даний підсилювач має дуже хороший показник відношення сигнал/шум, який є найвищий у розробленого підсилювача, в порівнянні з аналогічними. Недоліком даного підсилювача в порівнянні з іншими є відсутність індикаторів перевантаження та Причому по наявності регулювань розроблений підсилювач гірший за усі представлені в таблиці[9]. Перевагою розробленого підсилювача є широкий діапазон частот. У нашому випадку він є ширшим за аналогічний параметр і інших мікшерах. Нижня робоча частота складає 20 Гц, в той час як в інших продуктах вона складає 30 Гц. На високих частотах даний підсилювач теж кращий, маючи смугу до 30кГц, в той час як усі інші підсилювачі мають верхню робочу частоту 20 кГц. При цьому частотні спотворення, які вносить розроблений підсилювача крайніх робочих частотах, як по низьким частотам, так і по високим частотам є таким же як і конкуренти, тобто в усіх пристроях, включаючи розроблений цей параметр має однакову величину.

По кількості стереовходів даний підсилювач належить до лінійки самих простих мікшерів, тобто він має мінімальну як для сучасних мікшерів кількість входів, але не меншу, тобто по цьому параметру він такий же як мікшери Stanton M.203 та Vestax PMC-06PRO, але в той же час кількість стереовходів є меншою ніж у інших мікшерів, які представлені в таблиці.

Тобто по даному параметру він є середнім пристроєм. При цьому якщо розглядати кількість моно входів, то по даному параметру він є кращим за Stanton M.203, адже останій зовсім не має моно входів. При цьому його можна порівнювати лише з одним пристроєм, який має один моно вхід, це KORG KM-202. Порівнюючи по даному параметру даний пристрій з іншими можна зробити висновок, що кількість входів є малою, тобто це є явний недолік даного пристрою в порівнянні з більшістю сучасних мікшерів[10].

Мінімальний опір навантаження є найменшим у розробленому пристрої. Таким чином до розробленого підсилювача можна підключати пристрої з меншим вхідним опором, або одночасно подавати сигнал на декілька пристроїв, паралельне з'єднання вхідних опорів яких не приведе до виходу з ладу вихідного каскаду підсилювача. В інших мікшерах мінімальний опір навантаження є більшим за той, який є у розробленого, що є перевагою розробленого пристрою.

2 РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

2.1 Обґрунтування вибору компонентів і розроблення загальної структурної схеми

Проектування підсилювача починають з складання блок-схеми і вибору її елементів, виходячи з пред'явлених до підсилювача вимог[14]. Типова блок-схема підсилювача з вхідним і вихідним пристроями, попереднім і підсилювачами потужності зображена на рис. 2.1.

При виборі блок-схеми вирішують, чи потрібні в проектуваному підсилювачі вхідний і вихідний пристрої, підсилювач потужності, попередній підсилювач.

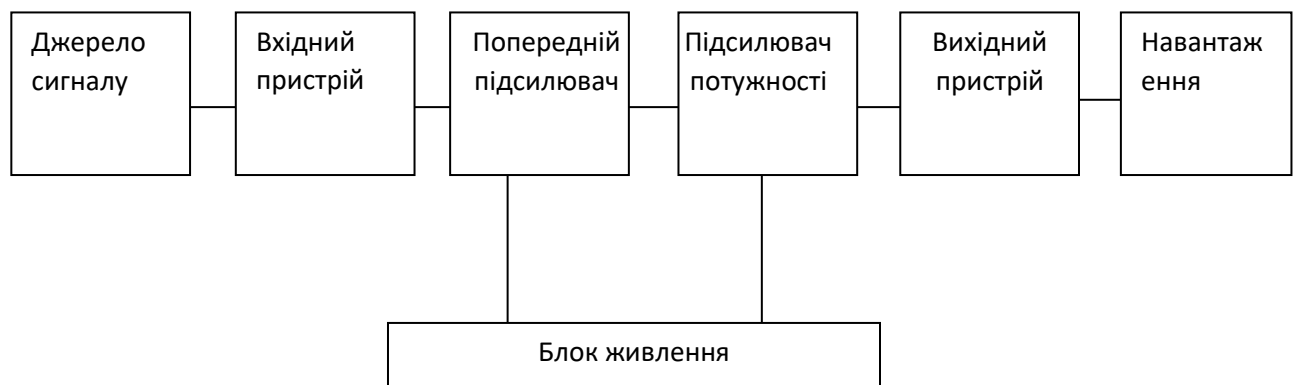


Рисунок 2.1 - Блок-схема підсилювача

При конструюванні високоякісних ППЗЧ також виникає проблема з дистанційним регулюванням рівня гучності. Функціонально ДП складається з п'яти пристроїв: пульта, фотоприймача, приймача-дешифратора, мікропроцесора, аудіопроцесора, жк-дисплея.

Після подачі живлення пристрій знаходиться в режимі очікування. Переклад з режиму очікування в робочий режим проводиться кнопкою, підключеної до висновку 11 мікроконтролера PIC16F628A (ця кнопка вбудована в енкодер).

Також можна включити / вимкнути кнопкою "Power" з пульта дистанційного керування. Потім проводиться плавне включення підсвічування і автоматично завантажуються попередні налаштування (гучності, тембрів і т.д.).

За замовчуванням пристрій знаходиться в режимі налаштування гучності. Для переходу в інший режим використовуються кнопки "next" і "prev" (наступний і попередній режими). Енкодер виробляє та чи інша налаштування. Якщо користувач не проявляє ніякої активності по налаштуванню протягом 10 сек, то темброблок автоматично зберігає параметри і переходить в режим гучності.

Кнопка "mute" (приглушення) зроблена окремо, тому що іноді потрібно швидко відключити звук і лазити по меню для такого випадку не завжди зручно.

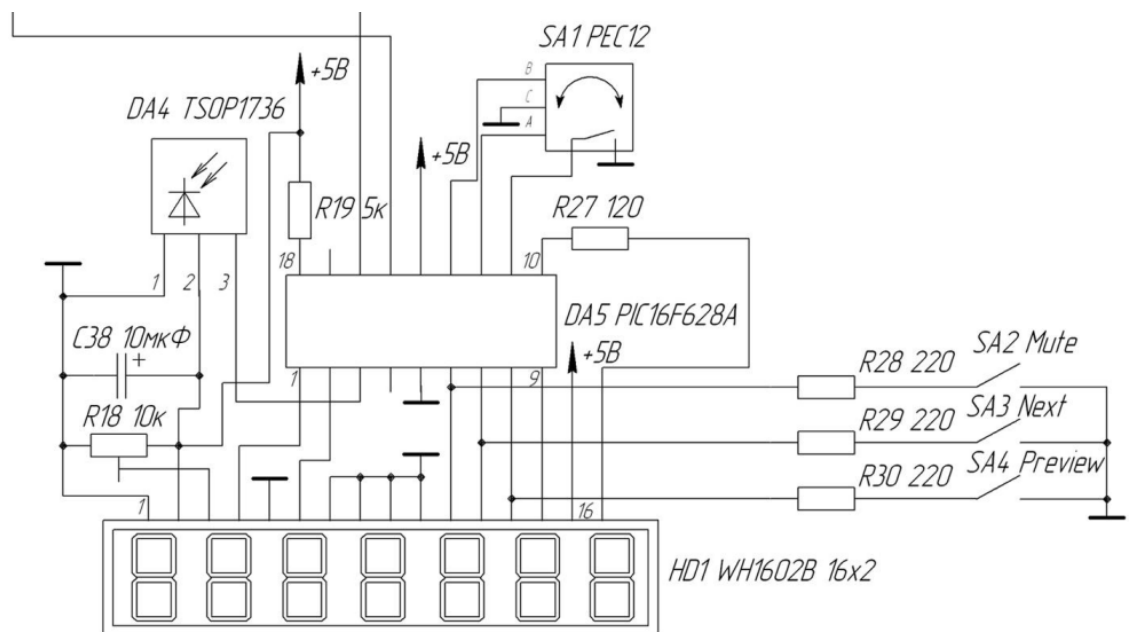


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова блоку дистанційного прийому та керування

Стан приглушення не блокує інші установки, тобто в цьому стані є можливість змінити всі налаштування і знову включити звук з новими налаштуваннями.

Всі налаштування можна зробити з пульта дистанційного керування. І пультом управляти набагато зручніше, ніж кнопками на пристрої. Основне завдання кнопок - включити, приглушити, зробити голосніше чи тихіше. А більше в повсякденному житті і не треба.

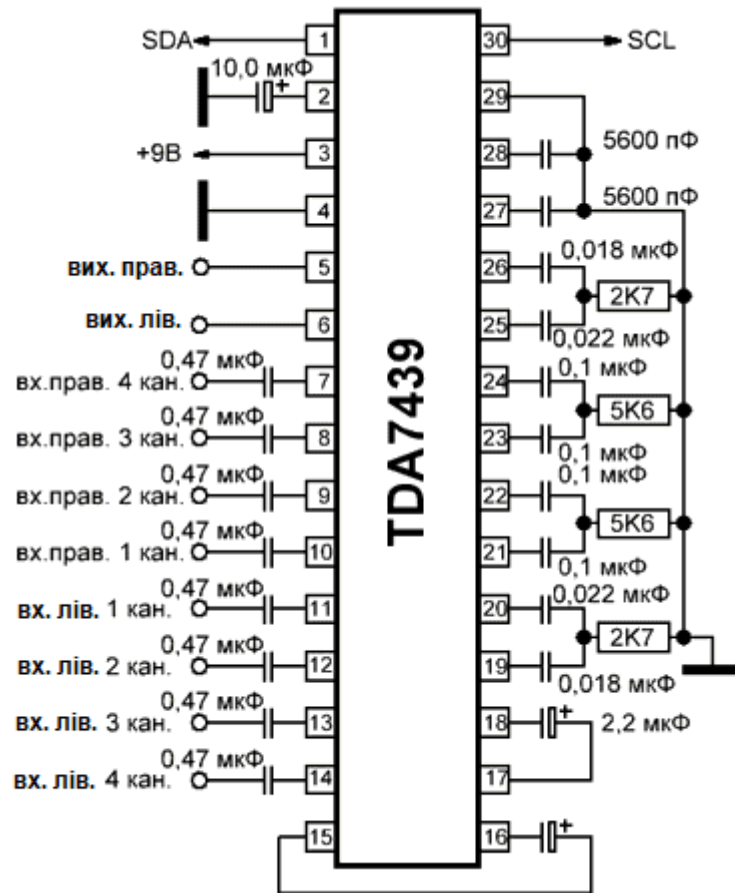


Рисунок 2.3 – Схема включення аудіопроектора типова з документації

Підсилювач, який розробляється має 2 входи. Один вхід монофонічний, мікрофонний вхід, один стереофонічний. Початково, для проектування структурної схеми пристрою необхідно визначити амплітуду напруги на вході та виході пристрою, після чого визначити коефіцієнт передачі пристрою, зробити висновок на рахунок класифікації пристрою до групи якості відтворення.

Згідно технічного завдання рівень вхідного сигналу для обох входів складає, $U_{вх1}=1\text{мВ}$, $U_{вх2}=100\text{мВ}$.

Так як вихідний підсилювальний тракт є загальним для обох входів і його чутливість є фіксована величина, то розрахунок коефіцієнта передачі проводим для каскадів попереднього підсилення.

Для визначення коефіцієнта передачі використовуємо наступний вираз:

$$K_i = \frac{U_{вих}}{U_{вх(i)}}, \quad (2.1)$$

де K_i – коефіцієнт передачі каскаду, в разях, відповідного входу; i – номер входу; $U_{вх(i)}$ – вхідна напруга відповідного входу.

$$K_1 = \frac{1,2}{0,001} = 1200 \text{ (раз)},$$

$$K_2 = \frac{0,1}{1,2} = 12 \text{ (раз)}.$$

Зважаючи, що коефіцієнти підсилення по першому та другому входу різко відрізняються, то для входу 1 необхідно використовувати додаткові каскади підсилення. Узагальнена структурна схема підсилювача представлена на рисунку 2.4.

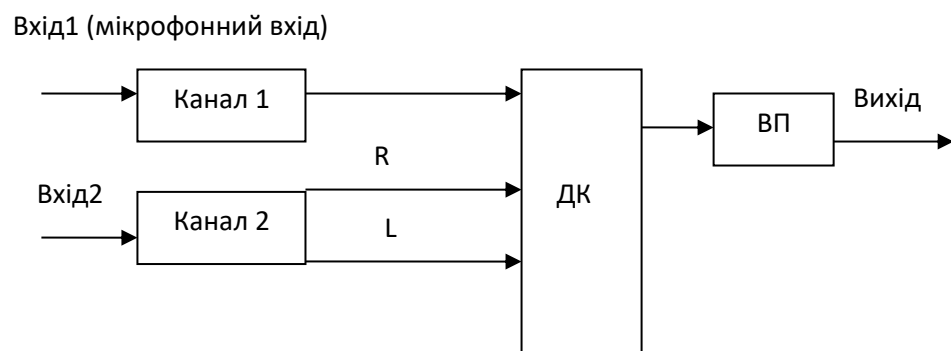
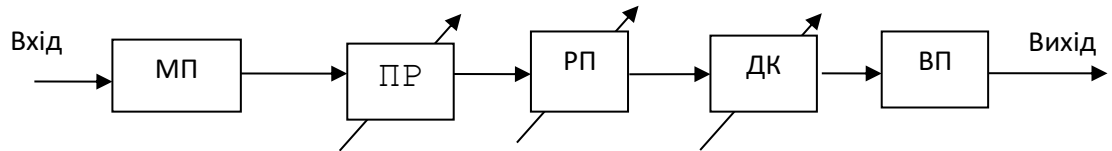


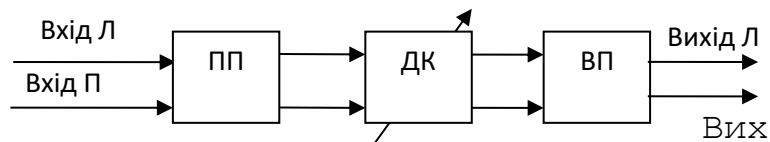
Рисунок 2.4 – Узагальнена структурна схема підсилювача

Структурна схема вузла Канал 1 представлена на рисунку 2.5



Рисунку 2.5 – Структурна схема вузла Канал 1

На рис. 2.5 використані такі позначення: МП- мікрофонний підсилювач; ПР- підсилювач регулятор; РП-регулятор панорами; ДК- дистанційне керування; ВП- вихідний підсилювач.



Рисунку 2.6 – Структурна схема вузла Канал 2

На рис. 2.6 використані такі позначення: ПП- попередній підсилювач; ДК- дистанційне керування; ВП- вихідний підсилювач.

Передбачаємо, що наш підсилювач має динамічний діапазон на рівні 45 дБ. У цьому випадку максимальна амплітуда сигналу на вході є у 177 разів більшою ніж мінімальний рівень сигналу, який заданий згідно ТЗ.

По входу 1 маємо двокаскадний підсилювач. Визначаємо номінальну вхідну напругу мікрофонного підсилювача:

$$U_{\text{вхном}} = \sqrt{U_{\text{вхmaxм}} * U_{\text{вхminм}}}, \quad (2.2)$$

де $U_{\text{вхmaxм}}$ – максимальна напруга на вході каскаду;

$U_{\text{вхminм}}$ – мінімальна напруга на вході каскаду.

$$U_{\text{вхном}} = \sqrt{177 * 1} = 13 \text{ (мВ)}.$$

Визначаємо номінальну вхідну напругу другого каскаду з регулятором чутливості, використовуючи, як і в попередньому випадку вираз 2.5, але застосовуємо його до другого активного каскаду

$$U_{вхном} = \sqrt{13 \cdot 1200} = 124 \text{ (мВ)}.$$

2.2 Вибір елементної бази

На сучасному етапі розвитку радіотехнічних схем великої популярності набрали операційні підсилювачі, це викликане простотою їх включення, високим коефіцієнтом підсилення, які вони забезпечують, універсальністю, високим вхідним опором, ціною, індивідуальними характеристиками. В даній роботі також, у ролі активних елементів обираємо операційні підсилювачі, які можуть забезпечити необхідні технічні данні. Отже, для каскаду попереднього підсилення стерео каналу обираємо LM4562 та JRC 5532 для мікрофонного підсилювача. Останній дещо гірший по параметрам аналогом LM4562 і аналогічне LM4562 розташування виводів, це дає можливість його заміни, покращивши шумові характеристики каскаду. Данні мікросхеми містить у своєму складі два операційних підсилювачі.

Вони мають наступні параметри:

LM4562[11]:

Коефіцієнт підсилення, при відкритому колі зворотнього зв'язку 125 дБ;

Частота одиничного підсилення $f_0 = 55 \text{ МГц}$;

Напруга живлення складає $U_{ж} = \pm 5 \dots \pm 18 \text{ В}$;

Рівень нелінійних спотворень 0,00009%;

Рівень сигнал/шум = не менше 95 дБ;

Напруга зміщення 0,1 мВ;

Максимальна вихідна напруга 14 В;

Максимальний вихідний струм 24 мА;

Максимальна вхідна напруга сигналу 0,7 В;

Розділення каналів 112 дБ.

JRC 5532[12]:

Коефіцієнт підсилення, при відкритому колі зворотнього зв'язку 100 дБ;

Частота одиничного підсилення $f_0 = 10$ МГц;

Напруга живлення складає $U_{ж} = \pm 3 \dots \pm 22$ В;

Рівень нелінійних спотворень 0,001%;

Рівень сигнал/шум = не менше 102 дБ;

Напруга зміщення 0,5 мВ;

Максимальна вихідна напруга 16 В;

Максимальний вихідний струм 16 мА;

Максимальна вхідна напруга сигналу 0,5 В;

Розділення каналів 110 дБ.

2.3 Розроблення повної структурної схеми

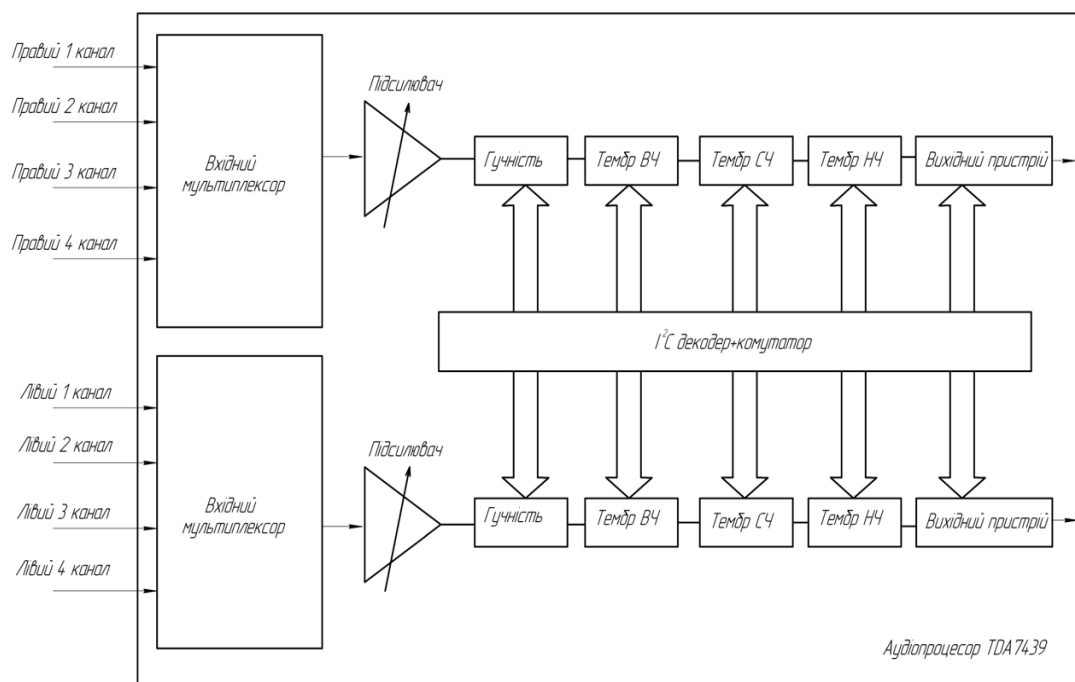
Розподіляємо частотні спотворення та коефіцієнти підсилення по каскадах розроблюваного підсилювального тракту.

Таблиця 2.1 – Результат розподілу коефіцієнта передачі

Вхід	Назва вузла	Коефіцієнт K_i
Мікрофонний, перший	МП	49
	ПР	49
	РП	0,5
	Σ	1200
	ВП	8
Другий, стереофонічний	ПП	12
	ВП	8
Усього		1208 (по першому); 20 (по другому).

Таблиця 2.3 – Результат розподілу частотних спотворень

Вхід	Назва вузла	Частотні спотворення на високих частотах, дБ
Мікрофонний, перший	МП	0,25
	ПР	0,25
	РП	0
	ДК	0,5
	Σ	1
	ВП	1
	ВРЕ	0
Другий, стереофонічний	ПП	0,5
	ДК	0,5
	Σ	1
	ВП	1
	ВРЕ	0
Усього		2 (По всім входам)



Рисунку 2.7 – Повна структурна схема високоякісного підсилювача потужності стерео

3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

3.1 Електричний розрахунок мікрофонного підсилювача та канального підсилювача

Практична принципова схема мікрофонного підсилювача з несиметричним входом представлена на рисунку 3.1.

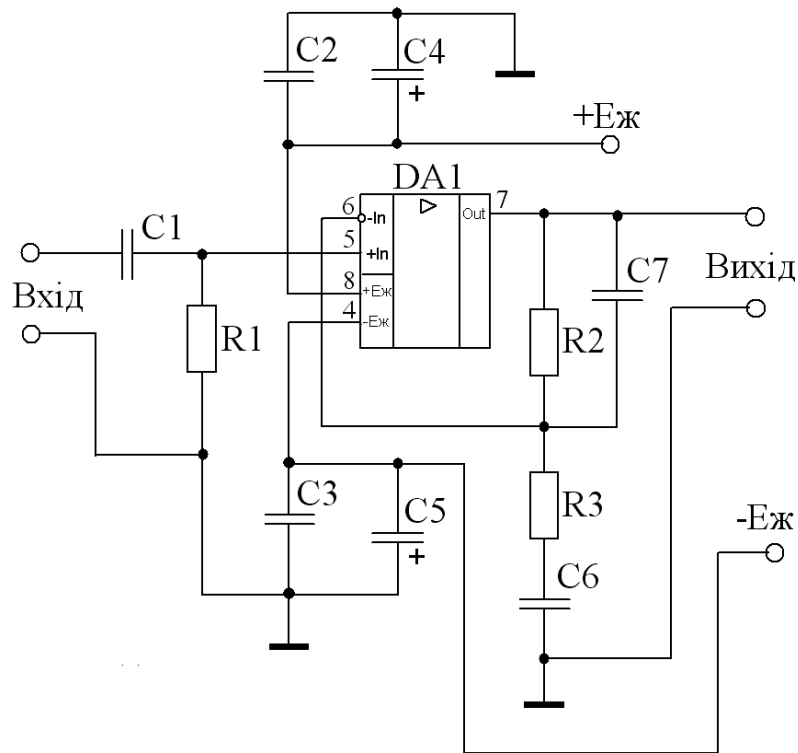


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова МП

Даний блок не має регулювання чутливості, а тому не містить у своєму складі змінних резисторів.

Канальний підсилювач мікрофонного тракту (П) забезпечує основне підсилення сигналу з мікрофону. Також в цьому каскаді має регулюватись чутливість входу, тобто регулюється коефіцієнт підсилення цього каскаду. Його практична принципова схема представлена на рисунку 3.2.

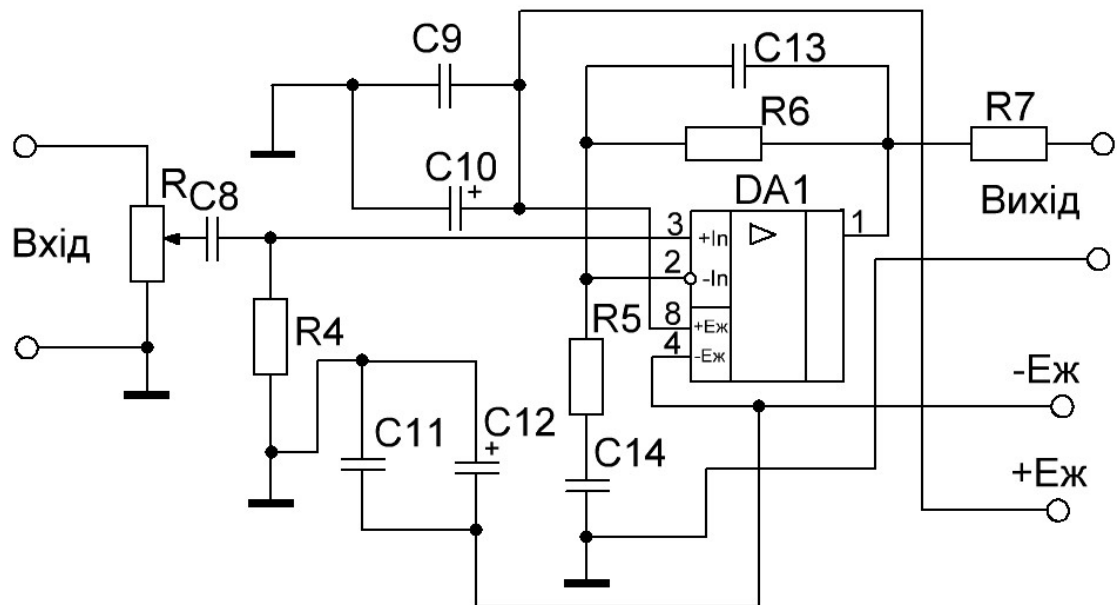


Рисунок 3.2 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

Далі приводимо вхідні данні для розрахунку мікрофонного підсилювача та каналного підсилювача:

- Напруга живлення $E_{ж} = \pm 15\text{В}$;
- Діапазон робочих частот 20 Гц...30 кГц;
- Активний елемент мікросхема JRC5532;
- Глибина регулювання чутливості ≥ 40 дБ;
- Коефіцієнт підсилення каскаду МП 49;
- Коефіцієнт підсилення П мікрофонного тракту 49;
- Вхідний опір каскаду МП 56кОм;
- Частотні спотворення каскаду МП на низькій частоті 0,25 дБ;
- Частотні спотворення каскаду П мікрофонного тракту на низькій частоті мають складати 0,25 дБ;
- Частотні спотворення каскаду МП на високій частоті 0,25 дБ;
- Частотні спотворення каскаду П мікрофонного тракту на високій частоті мають складати 0,25 дБ;

У зв'язку з тим, що вхідний опір операційного підсилювача складає дуже велику величину його можна не враховувати, а це означає, що вхідний

опір каскаду визначається резистором R_1 . Виходячи з цього маємо наступний вираз

$$R_1 = R_{\text{вх}} = 56 \text{ кОм.}$$

Далі обираємо опір R_2 . Для забезпечення балансування схеми обираємо його таким же як і опір R_1 , тобто

$$R_2 = R_1 = 56 \text{ кОм.}$$

Визначаємо номінал резистора R_3

$$R_3 = \frac{R_1}{K_{\text{max}} - 1}, \quad (3.1)$$

де K_{max} – коефіцієнт підсилення каскаду МП.

$$R_3 = \frac{56}{49 - 1} = 1,16 \text{ (кОм).}$$

Обираємо резистор R_3 типу С2-23, номіналом 1,2 кОм.

Розділовий конденсатор C_1 безпосередньо впливає на коефіцієнт частотних спотворень в області низьких частот. Необхідно забезпечити, щоб частотні спотворення, які вносить даний каскад складали 0,25 дБ. Виходячи з цього визначаємо номінал конденсатора C_1 .

$$C_1 = \frac{1}{2\pi F_H R_1 \sqrt{M_{H(MП)}^2 - 1}}, \quad (3.2)$$

де F_H – нижня гранична частота, задана згідно ІЗ;

M_H – частотні спотворення, у разях

$$C_1 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 56 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1,02^2 - 1}} = 2,8 \text{ (мкФ).}$$

Обираємо конденсатор C_1 типу К73-17 3,3мкФ 25 В [14]. Конденсатор C_6 не повинен вносити частотних спотворень.

$$C_6 = \frac{5 \dots 10}{2\pi F_H R_3}, \quad (3.3)$$

$$C_6 = \frac{8}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 212 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо конденсатор С6 типу К50-11 номіналом 220 мкФ[14].

Далі визначаємо спотворення, які вносить операційний підсилювач DA1 на частоті F_B .

Гранична частота, на якій спотворення ОП зростуть до 0,25 дБ визначається за наступним виразом

$$F_{ГП1} = \frac{f_{12} \cdot M_{H(МП)}}{K_1}, \quad (3.4)$$

$$F_{ГП1} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 1,02}{49} = 208,16 \text{ (кГц)}.$$

Спотворення, які створює сам ОП на частоті верхній робочій частоті визначається за наступним виразом

$$M_{B(ОП1)} = \sqrt{1 + \left(\frac{F_B}{F_{ГП1}} \right)^2}, \quad (3.5)$$

$$M_{B(ОП1)} = \sqrt{1 + \left(\frac{30 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} \right)^2} = 1.$$

Виходячи з результатів розрахунку можна сказати, що сам операційний підсилювач практично не вносить ніяких спотворень.

Для забезпечення необхідних частотних спотворень в області ВЧ використовується конденсатор С7, який ввімкнений паралельно до резистора R2.

$$\frac{M_{B1}}{M_{B(ОП1)}} = \sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot F_B \cdot R_2 \cdot C_7)^2}, \quad (3.6)$$

$$C_7 = \frac{\sqrt{\left(\frac{M_{B(МП)}}{M_{B(ОП)}}\right)^2 - 1}}{2 \cdot \pi \cdot F_B \cdot R_2}, \quad (3.7)$$

$$C_7 = \frac{\sqrt{\left(\frac{1,02}{1}\right)^2 - 1}}{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 56 \cdot 10^3} = \frac{0,2}{1,055 \cdot 10^{10}} = 0,2 \text{ (пФ)}.$$

Обираємо конденсатор C_7 типу К73-17 номіналом 12 пФ[14].

Тепер розраховуємо підсилювач П каналу мікрофонного підсилювача. В даному каскаді передбачене регулювання рівня вихідної напруги.

Визначаємо номінал резистора R_4 . Цей резистор визначає вхідний опір каскаду, тому маємо

$$R_4 = R_{вх} = 100 \text{ кОм}.$$

За відомим коефіцієнтом підсилення K_2 визначаємо номінал резистора R_6 . Так як він є змінним то і коефіцієнт підсилення буде залежати від його номіналу. Визначаємо його максимальний опір, при якому і забезпечується необхідний коефіцієнт підсилення в схемі. З іншого боку має забезпечуватись балансування в схемі [11], тому маємо наступний вираз

$$R_6 = R_4 = 100 \text{ кОм},$$

$$R_5 = \frac{R_4}{K_{\max} - 1}, \quad (3.8)$$

$$R_5 = \frac{100 \cdot 10^3}{49 - 1} = 2083 \text{ (Ом)}.$$

Отже, обираємо резистор R_5 типу С2-23, номіналом 2 кОм[14].

Тепер розраховуємо розділовий конденсатор C_8 . Він забезпечує відфільтровування постійної складової, але і призводить до частотних спотворень в області низьких частот [7].

$$C_8 = \frac{1}{2\pi F_H R_4 \sqrt{M_{H(II)}^2 - 1}}, \quad (3.9)$$

$$C_8 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 100 \cdot 10^3 \sqrt{1,02^2 - 1}} = 1,5 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо конденсатор типу К73-17 номіналом 1,5 мкФ[14].

Конденсатор С14 не повинен вносити суттєвих частотних спотворень.

$$C_{14} = \frac{5 \dots 10}{2\pi F_H R_5}, \quad (3.10)$$

$$C_{14} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 10^3} = 159 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо конденсатор С14 типу К50-11 [14] (неполярний), номінал якого 150 мкФ, 40 В.

Далі визначаємо які частотні спотворення вносить сам операційний підсилювач.

$$F_{Гр2} = \frac{f_{12} \cdot M_{H(III)}}{K_2}, \quad (3.11)$$

$$F_{Гр2} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 1,02}{49} = 208 \text{ (кГц)}.$$

Спотворення, які створює сам ОП на частоті верхній робочій частоті визначається за наступним виразом

$$M_{B(ОП2)} = \sqrt{1 + \left(\frac{F_B}{F_{Гр2}} \right)^2}, \quad (3.12)$$

$$M_{B(ОП2)} = \sqrt{1 + \left(\frac{30 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} \right)^2} = 1.$$

Виходячи з результатів розрахунку можна сказати, що сам операційний підсилювач практично не вносить ніяких спотворень.

Для забезпечення необхідних частотних спотворень в області високих частот в схемі використовується конденсатор C13, який ввімкнений паралельно до резистора R6.

$$C_{13} = \frac{\sqrt{\left(\frac{M_{B(II1)}}{M_{B(ОП2)}}\right)^2 - 1}}{2 \cdot \pi \cdot F_B \cdot R_6}, \quad (3.13)$$

$$C_{13} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1,02}{1}\right)^2 - 1}}{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^3} = \frac{0,2}{1,884 \cdot 10^{10}} = 0,2 \text{ (пФ)}.$$

Обираємо конденсатор C13 типу K73-17 номіналом 12 пФ[14].

Для запобігання можливому короткому замиканні виходу підсилювача використовуємо на виході низькоомний резистор R7.

Обираємо резистор R7 типу C2-23 [14] потужністю 0,5 Вт, опором 100 Ом.

3.2 Розрахунок регулятора панорами

Регулятор панорами забезпечує формування звукової картини, тобто дозволяє змінювати напрямок сприйняття звуку.

Вхідні данні для розрахунку:

- коефіцієнт передачі (у середньому положенні резистора R3), $K = 0,5$;
- мінімальний опір навантаження.

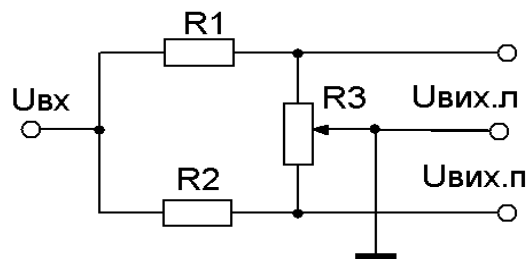


Рисунок 3.3 – Електрична принципова схема регулятора панорами

Опір резистора R3 повинен бути одного порядку або менше опору навантаження.

$$R_H \geq R_3. \quad (3.14)$$

Виходячи з цього обираємо номінал резистора R_3 рівний 5,6 кОм.

Обираємо змінний резистор СПЗ-33-5,6 кОм [14].

Знаходимо опір резисторів R_1 та R_2 .

$$R_1 = R_2 = R_3/2, \quad (3.15)$$

$$R_1 = R_2 = 5,6/2 = 2,8 \text{ (кОм)}.$$

Обираємо резистори R_1 , R_2 типу С2-23 потужністю 0,5 Вт, опором 2,7 кОм [14].

3.3 Розрахунок попереднього підсилювача

Попередній підсилювач призначений для якісного підсилення сигналу лінійного входу до рівня оптимальної роботи аудіопроцесора. Він має не великий коефіцієнт підсилення та не має вносити відчутних спотворень в сигнал. Також в цьому каскаді має регулюватись чутливість входу, тобто регулюється коефіцієнт підсилення цього каскаду. Його практична принципова схема представлена на рисунку 3.4.

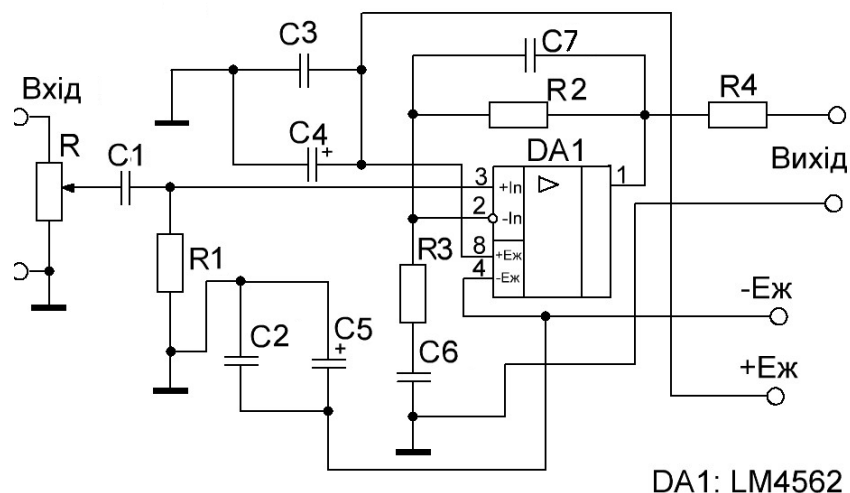


Рисунок 3.4 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

Далі приводимо вхідні данні для розрахунку мікрофонного підсилювача та канального підсилювача:

- Напруга живлення $E_{\text{ж}} = \pm 15\text{В}$;
- Діапазон робочих частот $20\text{ Гц} \dots 30\text{ кГц}$;
- Активний елемент мікросхема LM4562;
- Глибина регулювання чутливості $\geq 40\text{ дБ}$;
- Коефіцієнт підсилення каскаду ПП 12;
- Вхідний опір каскаду ПП 47кОм ;
- Частотні спотворення каскаду ПП на низькій частоті $0,25\text{ дБ}$;
- Частотні спотворення каскаду ПП тракту на високій частоті мають складати $0,25\text{ дБ}$;

У зв'язку з тим, що вхідний опір операційного підсилювача складає дуже велику величину його можна не враховувати, а це означає, що вхідний опір каскаду визначається резистором R_1 . Виходячи з цього маємо наступний вираз

$$R_1 = R_{\text{вх}} = 47\text{ кОм}.$$

За відомим коефіцієнтом підсилення K_2 визначаємо номінал резистора R_2 . Так як він є змінним то і коефіцієнт підсилення буде залежати від його номіналу. Визначаємо його максимальний опір, при якому і забезпечується необхідний коефіцієнт підсилення в схемі. З іншого боку має забезпечуватись балансування в схемі [11], тому маємо наступний вираз

$$R_2 = R_1 = 47\text{ кОм},$$

$$R_3 = \frac{R_2}{K_{\text{max}} - 1}, \quad (3.16)$$

$$R_3 = \frac{47 \cdot 10^3}{12 - 1} = 4272\text{ (Ом)}.$$

Отже, обираємо резистор R_3 типу С2-23, номіналом $4,3\text{ кОм}$ [14].

Тепер розраховуємо розділовий конденсатор С1. Він забезпечує відфільтровування постійної складової, але і призводить до частотних спотворень в області низьких частот [7].

$$C_1 = \frac{1}{2\pi F_H R_4 \sqrt{M_{H(II)}^2 - 1}}, \quad (3.17)$$

$$C_1 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 47 \cdot 10^3 \sqrt{1,02^2 - 1}} = 3,3 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо конденсатор типу К73-17 номіналом 3,3 мкФ [14].

Конденсатор С6 не повинен вносити суттєвих частотних спотворень.

$$C_6 = \frac{5 \dots 10}{2\pi F_H R_3}, \quad (3.18)$$

$$C_6 = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 4,3 \cdot 10^3} = 74 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо конденсатор С6 типу К50-11 [14] (неполярний), номінал якого 82 мкФ, 40 В.

Далі визначаємо які частотні спотворення вносить сам операційний підсилювач.

$$F_{ГП2} = \frac{f_{12} \cdot M_{H(III)}}{K_2}, \quad (3.19)$$

$$F_{ГП2} = \frac{55 \cdot 10^6 \cdot 1,02}{12} = 4,6 \text{ (МГц)}.$$

Спотворення, які створює сам ОП на частоті верхній робочій частоті визначається за наступним виразом

$$M_{B(ОП2)} = \sqrt{1 + \left(\frac{F_B}{F_{ГП2}} \right)^2}, \quad (3.20)$$

$$M_{B(i\ 2)} = \sqrt{1 + \left(\frac{30 \cdot 10^3}{55 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

Виходячи з результатів розрахунку можна сказати, що сам операційний підсилювач практично не вносить ніяких спотворень.

Для забезпечення необхідних частотних спотворень в області високих частот в схемі використовується конденсатор C_7 , який ввімкнений паралельно до резистора R_2 .

$$C_7 = \frac{\sqrt{\left(\frac{M_{B(II)}}{M_{B(OP2)}} \right)^2 - 1}}{2 \cdot \pi \cdot F_B \cdot R_6}, \quad (3.21)$$

$$C_7 = \frac{\sqrt{\left(\frac{1,02}{1} \right)^2 - 1}}{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^3} = \frac{0,2}{8854,8 \cdot 10^6} = 0,2 \text{ (пФ)}.$$

Обираємо конденсатор C_7 типу K73-17 номіналом 12 пФ.

Для запобігання можливому короткому замиканні виходу підсилювача використовуємо на виході низькоомний резистор R_4 .

Обираємо резистор R_4 типу С2-23 [8] потужністю 0,5 Вт, опором 100 Ом.

3.4 Розрахунок блоку дистанційного керування

Розроблений темброблок володіє максимумом функціонала при мінімумі компонентів. Вони легкі в збірці, прості по конструкції і надійні в роботі. Блок Темброблок управляється трьома кнопками, енкодером і пультом дистанційного керування. Схема побудована на базі мікроконтролера PIC16F628A і аудіопроцесора TDA7439, керованої мікроконтролером за протоколом I2C. Індикація режиму роботи темброблока відбувається на дисплеї 16x2[16].

Темброблок керується будь-яким інфрачервоним телевізійним пультом дистанційного управління, що працює по протоколу RC-5, або безпосередньо кнопками, розташованими на передній панелі.

Після подачі живлення пристрій знаходиться в режимі очікування. Переклад з режиму очікування в робочий режим проводиться кнопкою, підключеної до виводу 11 мікроконтролера PIC16F628A (ця кнопка вбудована в енкодер). Також можна включити / вимкнути кнопкою "Power" з пульта дистанційного керування[17].

Потім проводиться плавне включення підсвічування і автоматично завантажуються попередні налаштування (гучності, тембрів і т.д.).

За замовчуванням пристрій знаходиться в режимі налаштування гучності.

Для переходу в інший режим використовуються кнопки "next" і "prev" (наступний і попередній режими). Енкодер виробляється та чи інша налаштування. Якщо користувач не проявляє ніякої активності по налаштуванню протягом 10 сек, то темброблок автоматично зберігає параметри і переходить в режим гучності.

Кнопка "mute" (приглушення) зроблена окремо, тому що іноді потрібно швидко відключити звук і лазити по меню для такого випадку не завжди зручно.

Стан приглушення не блокує інші установки, тобто в цьому стані ви можете змінити всі налаштування і знову включити звук з новими налаштуваннями.

Всі налаштування можна зробити з пульта дистанційного керування. І пультом управляти набагато зручніше, ніж кнопками на пристрої. Основне завдання кнопок - включити, приглушити, зробити голосніше чи тихіше.

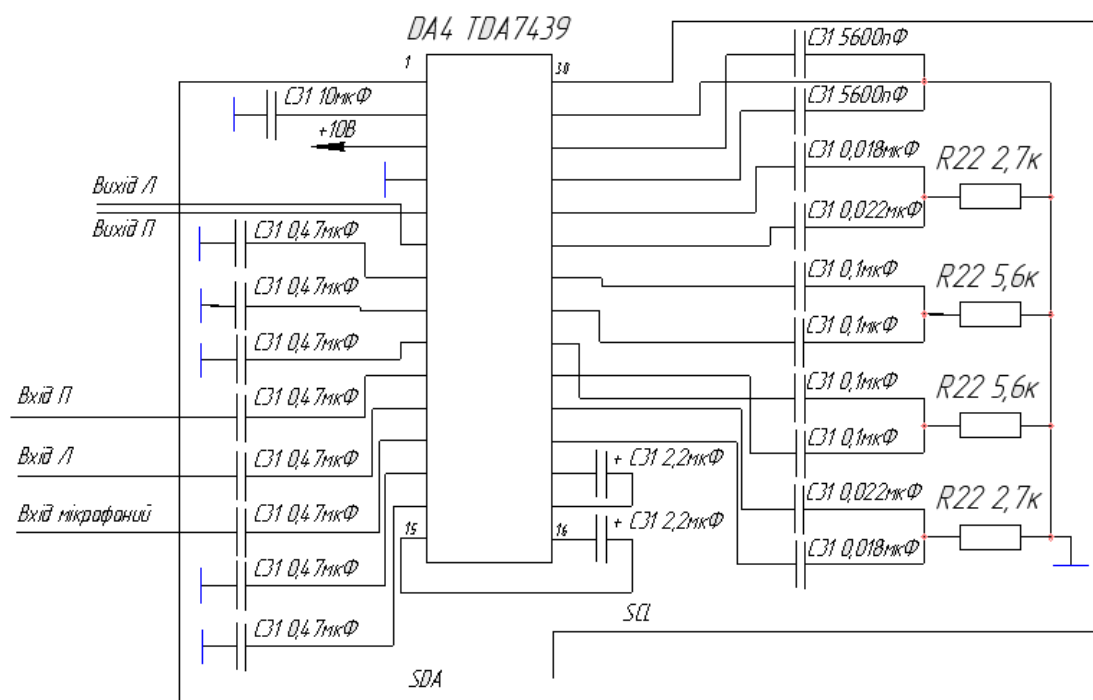


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова аудіопроцесора

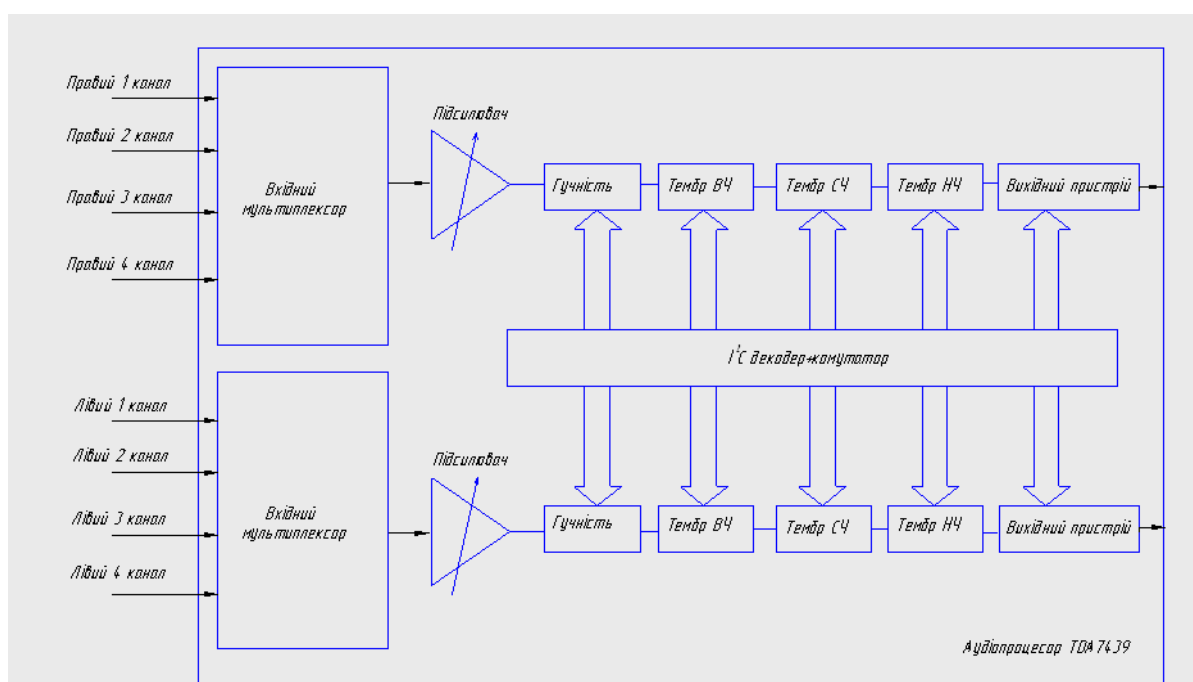


Рисунок 3.6 – Структурна схема аудіопроцесора

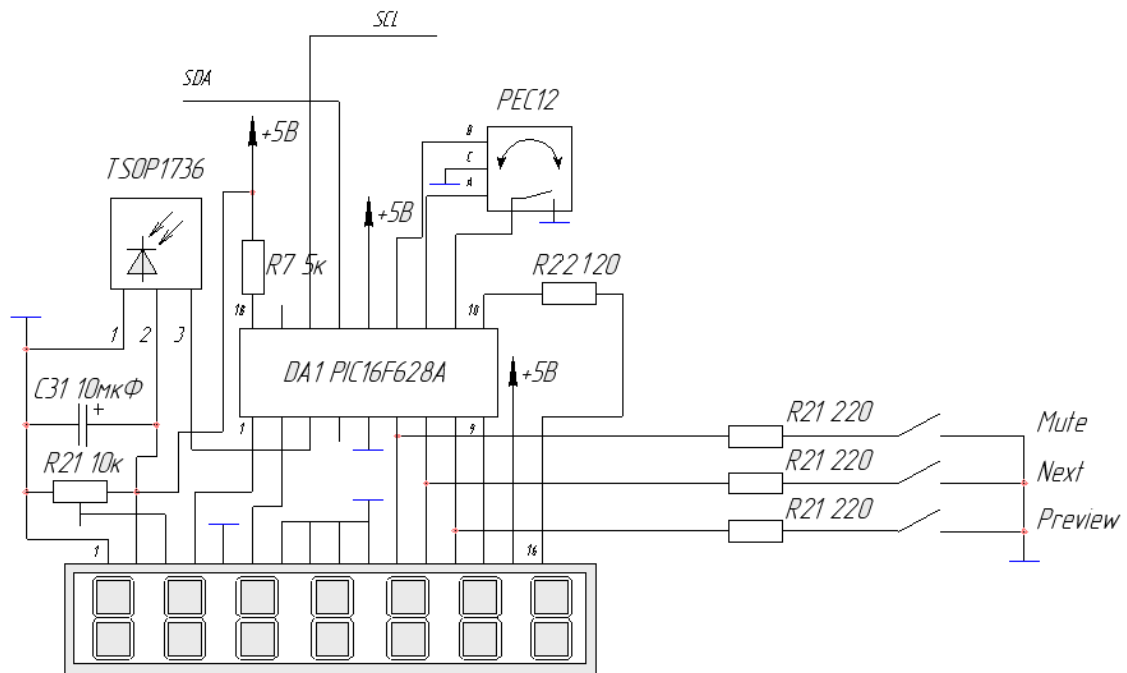


Рисунок 3.7 – Схема електрична принципова блоку дистанційного прийому та керування

Розрахуємо фільтри низьких, середній та високих частот для настройки тембру. В технічній документації мікросхеми аудіо процесора надається перелік рекомендованих номіналів елементів фільтрів, які зазвичай використовуються в аудіотехніці[18]. Розрахуємо частоти зрізу цих фільтрів для того щоб удостоверитись чи підходять ці параметри для нашого блоку тембрів. Частота зрізу обраховується за формулою

$$F_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R1 \cdot R2 \cdot C1 \cdot C2}} ,$$

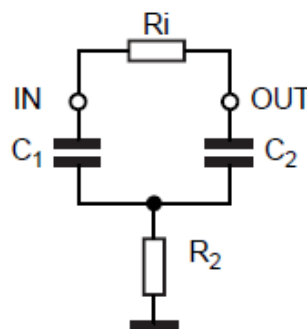


Рисунок 3.8 – Схема електрична принципова загальної конструкції НЧ та СЧ фільтрів

$$F_{0HЧ} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{44000 \cdot 5600 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}} = 101 (\text{Гц}),$$

$$F_{0CЧ} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{25000 \cdot 2700 \cdot 15 \cdot 10^{-9} \cdot 22 \cdot 10^{-9}}} = 1066 (\text{Гц}).$$

$$F_{0BЧ} = \frac{1}{R1 \cdot C1 \cdot C2} \quad (3.23)$$

$$F_{0BЧ} = \frac{1}{25000 \cdot 5600 \cdot 10^{-12} \cdot 5600 \cdot 10^{-12}} = 7142 (\text{Гц}).$$

Дані частоти та нищенаведені АЧХ задовільняють наші вимоги до блоку фільтрів для трьох полосного темброблоку.

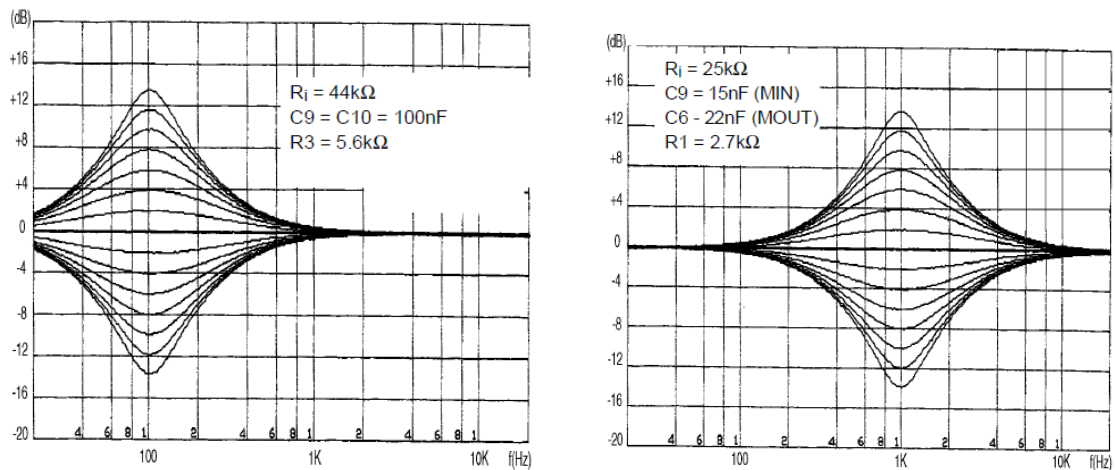


Рисунок 3.9 – Амплітудно-частотна характеристика НЧ та СЧ фільтра

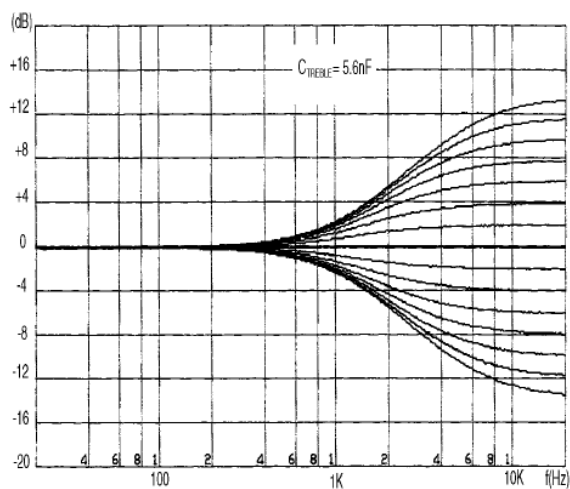


Рисунок 3.10 – Амплітудно-частотна характеристика ВЧ фільтра

3.5 Розрахунок блоку живлення

Основним джерелом живлення електронних пристроїв в даний час є випрямні пристрої, що перетворюють змінний струм у ток одного напрямку, званий випрямленою. Постійна напруга або струм, одержувані від випрямлячів, з різних причин можуть змінюватися, що може порушити нормальну роботу різних пристроїв, харчування яких здійснюється від випрямних пристроїв. Основними причинами нестабільності є зміна напруги мережі та зміну струму навантаження [19].

Для забезпечення постійної напруги на опорі навантаження застосовують стабілізатори напруги. Стабілізатором напруги називається пристрій, що підтримують автоматично і з необхідною точністю напруга на навантаженні при зміні дестабілізуючих факторів в обумовлених межах.

Не дивлячись на застосування згладжуючих фільтрів, напруга на опорі (згладжуючих фільтрів) навантаження випрямляча може змінюватися [20].

Це пояснюється тим, що згладжування пульсацій фільтром зменшується тільки змінна складова випрямленої напруги, а величина постійної складової може змінюватися і при коливаннях напруги мережі, і при зміні струму навантаження.

Існує два принципово різних методи стабілізації напруги: параметричний і компенсаційний. Сутність компенсаційного методу стабілізації зводиться до автоматичного регулювання вихідної напруги [21].

У компенсаційних стабілізаторах проводиться порівняння фактичної величини вхідної напруги з його заданою величиною і залежно від величини і знака неузгодженості між ними автоматично здійснюється коригуючий вплив на елементи стабілізатора, спрямоване на зменшення цього неузгодженості [22].

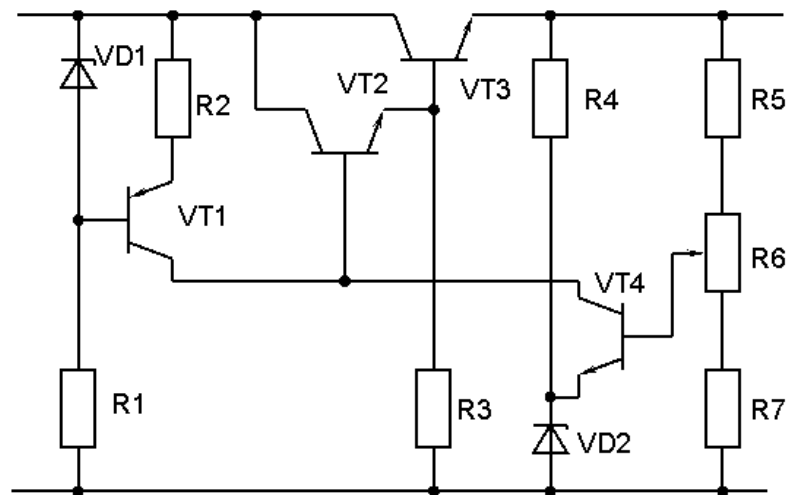


Рисунок 3.11 – Схема електрична принципова компенсаційного стабілізатора напруги послідовного типу

Дана схема складається з регулюючого елемента, джерела опорного напруги і підсилювача зворотного зв'язку. Роль регулюючого елемента грає комплементарний транзистор (складається з 2х транзисторів VT2 і VT3). Джерело опорної напруги-VD1R1, R2VT1. Підсилювач зворотнього зв'язку - R4VD2VT4, R5R6R7.

Вихідні дані для розрахунку:

Номінальна вихідна напруга U_n , 15В;

Номінальний струм навантаження I_n , 1А;

Коефіцієнт пульсацій K_p , 0,01%;

Коефіцієнт стабілізації $K_{ст}$, 100;

Температура навколишнього середовища $t_{ср}$, +20 ° С;

Кліматичні умови норм.

3.5.1 Розрахунок схеми компенсаційного стабілізатора

Порядок розрахунків наводиться у відповідності з методикою наведеною в [2]. Виходячи з того, що VT3 імовірно кремінний, то $U_{кз\ min}$ вибираємо в межі 3 .. 5В.

З огляду на нестабільність вхідної напруги на вході стабілізатора $\pm 10\%$, знаходимо середнє і максимальна напруга на вході стабілізатора

$$U_{вх\ сер} = U_{вх\ min} / 0,9 , \quad (3.24)$$

$$U_{вх\ сер} = 18 / 0,9 = 20 \text{ (В)},$$

$$U_{вх\ max} = 1,1 \cdot U_{вх\ сер} , \quad (3.25)$$

$$U_{вх\ max} = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ (В)}.$$

Визначаємо максимальне значення на регулюючому транзисторі

$$U_{к3\ max} = U_{вх\ max} - U_{н}, \quad (3.26)$$

$$U_{к3\ max} = 22 - 15 = 7 \text{ (В)}.$$

Потужність, яка розсіюється на колекторі транзистора VT3, дорівнює

$$P = U_{к3\ max} \cdot I_{н} , \quad (3.27)$$

$$P = 7 \cdot 5 = 35 \text{ (Вт)}.$$

За отриманими значеннями $U_{к3\ max}$, $I_{н}$, P вибираємо тип регулюючого транзистора і виписуємо його параметри [14]:

Марка транзистора - 2Т827В;

Тип транзистора – NPN;

Допустимий струм колектора, $I_{к\ доп}$ - 20 А;

Доп. напруга колектор-емітер, $U_{к\ доп}$ - 100 В;

Потужність, що розсіюється колектора, $P_{пред}$ - 125 Вт;

Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E3\ min}$ – 750.

За статичними ВАХ обраного транзистора знаходимо

$$h_{11E3} = 33 \text{ (Ом)},$$

$$m = 1 / h_{12E3}, \quad (3.28)$$

$$m = 1 / 0,23 = 4,20.$$

де h_{11E3} - вхідний опір транзистора, Ом; m - коефіцієнт передачі напруги;

h_{12E3} - коефіцієнт зворотного зв'язку.

Знаходимо струм бази транзистора VT3

$$I_{B3} = I_H / h_{21E3} \text{ min}, \quad (3.29)$$

$$I_{B3} = 5 / 750 = 6,67 \text{ (мА)}.$$

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT2. Розраховуємо напруга колектор-емітер VT2

$$U_{K2 \text{ max}} = U_{K3 \text{ max}} - U_{BE3}, \quad (3.30)$$

$$U_{K2 \text{ max}} = 7 - 0,7 = 6,3 \text{ (В)}.$$

де U_{BE3} - падіння напруги на емітерний перехід транзистора VT3 (0,7 В).

Струм колектора VT2 складається з струму бази VT3 і струму втрат, який протікає через резистор R3,

$$I_{K2} = I_{B3} + I_{R3}, \quad (3.31)$$

$$I_{K2} = 0,0005 + 6,7 \cdot 10^{-3} = 7,2 \text{ (мА)}.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора VT2, дорівнює

$$P_2 = I_{K2} \cdot U_{K2 \text{ max}}, \quad (3.32)$$

$$P_2 = 0,0072 \cdot 6,3 = 45,2 \text{ (мВт)}.$$

За отриманими значеннями $U_{K2 \text{ max}}$, I_{K2} , P_2 вибираємо тип транзистора і виписуємо його параметри [14]:

Марка транзистора - 2Т603Б;

Тип транзистора – NPN;

Допустимий струм колектора, $I_K \text{ доп}$ - 300 мА;

Доп. напруга колектор-емітер, $U_K \text{ доп}$ - 30 В;

Потужність, що розсіюється колектора, $P_k = 0,5$ Вт;

Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E2} \min = 60$.

За статичними ВАХ обраного транзистора знаходимо:

$$h_{11E2} = 36,36 \text{ (Ом)}.$$

$$m = 1 / h_{12E2} , \quad (3.33)$$

$$m = 1 / 0,022 = 45,45.$$

Розраховуємо струм бази VT2

$$I_{B2} = I_{k2} / h_{21E2} \min , \quad (3.34)$$

$$I_{B2} = 0,0072 / 60 = 1,2 \text{ (мА)}.$$

Знаходимо опір резистора R3

$$R_3 = (U_H + U_{be3}) / I_{R3}, \quad (3.35)$$

$$R_3 = (15 + 0,7) / 0,0005 = 31\,400 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо найближчий за стандартом номінал з урахуванням розсіюється на резисторі потужності

$$P_{R3} = (U_H + U_{be3}) \cdot I_{R3}, \quad (3.36)$$

$$P_{R3} = (15 + 0,7) \cdot 0,0005 = 0,00785 \text{ (Вт)}.$$

Вибираємо резистор типу С2-27-0,125 33 кОм $\pm 5\%$ [14].

Джерелом еталонного напруги беремо параметричний стабілізатор напруги на кремінні стабілітроні VD2 з розрахунку

$$U_{VD2} = 0,7 \cdot U_H , \quad (3.37)$$

$$U_{VD2} = 0,7 \cdot 15 = 10,5 \text{ (В)}.$$

Вибираємо тип стабілітрона і виписуємо його основні параметри: стабілітрон 2C213Б;

$I_{VD2} = 5 \text{ мА}$ - середній струм стабілізації;

$r_{VD2} = 25 \text{ Ом}$ - диференціальний опір стабілітрона.

Обчислюємо опір резистора R_4 , заданого середнього струм стабілітрона ($I_{R4} = I_{VD2}$).

$$R_4 = 0,3 U_H / I_{R4} \quad (3.38)$$

$$R_4 = 0,3 \cdot 15 / 0,005 = 900 \text{ (Ом)}$$

Потужність, що розсіюється на резисторі R_4 , дорівнює

$$P_{R4} = 0,3 U_H \cdot I_{R4} , \quad (3.39)$$

$$P_{R4} = 0,3 \cdot 15 \cdot 0,005 = 0,0225 \text{ (Вт)}.$$

У відповідності з рядом E24 вибираємо резистор типу C2-33-0,125 910 (Ом) $\pm 5\%$ [14].

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT4. Розраховуємо напруга колектор-емітер транзистора

$$U_{K4\max} = U_H + U_{be3} + U_{be2} - U_{VD2}. \quad (3.40)$$

Задаємо струм колектора VT4 меншим ніж середній стабілітрона VD2

$$I_{K4} = 4 \text{ (мА)}.$$

Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора VT4

$$P_2 = I_{K4} \cdot U_{K4 \max} , \quad (3.41)$$

$$P_2 = 0,004 \cdot 2,90 = 11,6 \text{ (мВт)}.$$

За отриманими значеннями $U_{K4\max}$, I_{K4} , P_4 вибираємо тип транзистора і виписуємо його параметри [14]:

Марка транзистора - КТ312В

Тип транзистора - NPN

Допустимий струм колектора, $I_{k \text{ доп}} - 30 \text{ мА}$

Доп. напруга колектор-емітер, $U_{k \text{ доп}} - 15 \text{ В}$

Потужність, що розсіюється колектора, $P - 0,22 \text{ Вт}$

Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E4 \text{ min}} - 50$

За статичними ВАХ обраного транзистора знаходимо

$$h_{11E4} = 208,3 \text{ (Ом)},$$

$$m = 1 / 0,034 = 29,41.$$

Розраховуємо струм бази VT4

$$I_{B4} = I_{k4} / h_{21E4 \text{ min}}, \quad (3.42)$$

$$I_{B4} = 0,004 / 50 = 80 \text{ (мкА)}.$$

Струм послідовно з'єднаних резисторів R5, R6, R7 беремо рівним $5I_{B4}$ і визначаємо сумарний опір ділянки

$$R_{\text{под}} = U_n / I_{\text{дел}}, \quad (3.43)$$

$$R_{\text{под}} = 15 / (5 \cdot 0,000080) = 37500 \text{ (Ом)}$$

Знаходимо опору резисторів

$$R5 = 0,3 \cdot 37500 = 11250 \text{ (Ом)};$$

$$R6 = 0,1 \cdot 37500 = 3750 \text{ (Ом)};$$

$$R7 = 0,6 \cdot 37500 = 22500 \text{ (Ом)}.$$

Вибираємо резистор R5 типу С2-33 $11 \text{ кОм} \pm 5\%$, резистор R7 типу С2-33

22кОм $\pm$ 5%. Резистор R6 вибираємо СПЗ-44 3,3кОм [14].

Робоча напруга стабілітрона VD1 визначаємо із співвідношення

$$U_{VD1} = 0,1 \cdot U_{Vx \max}, \quad (3.44)$$

$$U_{VD1} = 0,1 \cdot 22 = 2,2 \text{ (В)}.$$

Вибираємо тип стабілітрона і виписуємо його основні параметри: стабілітрон 2С119А;

$I_{VD1} = 5 \text{ (мА)}$ - середній струм стабілізації;

$r_{VD1} = 15 \text{ (Ом)}$ - диференціальний опір стабілітрона.

Обчислюємо опір резистора R1, що задали середній струм стабілітрона ($I_{R1} = I_{VD1}$)

$$R1 = 0,9 \cdot U_{Vx \max} / I_{R1}, \quad (3.45)$$

$$R1 = 0,9 \cdot 22 / 0,005 = 3960 \text{ (Ом)}.$$

Потужність, що розсіюється на резисторі R1, дорівнює

$$R1 = 0,9 \cdot U_{Vx \max} \cdot I_{R1}, \quad (3.46)$$

$$R1 = 0,9 \cdot 22 \cdot 0,005 = 99 \text{ (мВт)}.$$

У відповідності з рядом E24 вибираємо резистор типу С2-33-0,125 3,9 кОм $\pm$ 5% [12].

Визначаємо початкові дані для вибору транзистора VT1. Розраховуємо струм колектора транзистора VT1

$$I_{K1} = I_{K4} + I_{B2}, \quad (3.47)$$

$$I_{K1} = 0,004 + 0,00012 = 0,00412 \text{ (А)}.$$

Знаходимо напругу колектор-емітер VT1

$$U_{K1 \max} = U_{Vx \max} - U_{R2} + U_{K4 \max} - U_{VD2} = 4,1 \text{ (В)}, \quad (3.48)$$

де $U_{R2} = U_{VD1} - U_{be1}$ - падіння напруги на резисторі $R2$.

Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора $VT1$

$$P1 = U_{k1max} \cdot I_{k1}, \quad (3.49)$$

$$P1 = 4,1 \cdot 412 \cdot 10^{-5} = 16 \text{ (мВт)}.$$

За отриманими значеннями U_{k1max} , I_{k1} , $P1$ вибираємо тип транзистора і виписуємо його параметри [14]:

Марка транзистора - КТ313Б

Тип транзистора - PNP

Допустимий струм колектора, I_k доп - 350 мА

Доп. напруга колектор-емітер, U_k доп - 30 В

Потужність, що розсіюється колектора, P - 0.30 Вт

Мінімальний коеф. передачі струму бази, $h_{21E1 \min}$ – 50

Розраховуємо опір резистора $R2$

$$R2 = U_{R2} / I_{k1}, \quad (3.50)$$

$$R2 = 1,5 / 412 \cdot 10^{-5} = 364 \text{ (Ом)},$$

$$P_{R2} = U_{R2} \cdot I_{k1}, \quad (3.51)$$

$$P_{R2} = 1,5 \cdot 412 \cdot 10^{-5} = 6,18 \text{ (мВт)}.$$

У відповідності з рядом E24 вибираємо резистор типу C2-33-0,125 360 Ом $\pm 5\%$ [14].

Розраховуємо основні параметри складеного транзистора:
вхідний опір транзистора

$$h_{11E \text{ ск}} = h_{11E2} + h_{11E3} h_{21E2 \min}, \quad (3.52)$$

$$h_{11E \text{ ск}} = 36,36 + 33 \cdot 60 = 2016 \text{ (Ом)};$$

коефіцієнт передачі напруги транзистора

$$m_{ск} = m_2 m_3 / (m_2 + m_3) , \quad (3.53)$$

$$m_{ск} = 45,4 \cdot 4,2 / (45,4 + 4,2) = 3,84$$

вихідний опір транзистора

$$R_{ск} = m_{ск} h_{11E_{ск}} / h_{21E_{2min}} h_{21E_{3min}} = 0,1723 \text{ (Ом)}, \quad (3.54)$$

$$R_{ск} = 0,1723 \text{ (Ом)}.$$

Розраховуємо вхідний опір джерела стабільного струму

$$R_{VD} = R_1 \cdot R_2 / r_{VD1}, \quad (3.55)$$

$$R_{VD} = 3900 \cdot 360 / 15 = 57024 \text{ (Ом)}.$$

Розраховуємо параметри підсилювача зворотного зв'язку:
опір навантаження підсилювача

$$R_K = h_{11E_{ск}} R_{VD} / (h_{11E_{ск}} + R_{VD}), \quad (3.56)$$

$$R_K = 1947 \text{ (Ом)} .$$

Коефіцієнт посилення напруги підсилювача

$$K_u = 0,7 \cdot h_{21E_{4min}} \cdot R_K / (h_{11E_4} + h_{21E_{4min}} r_{VD2}) \quad (3.57)$$

$$K_u = 71,13$$

Розраховуємо коефіцієнт стабілізації розрахованого стабілізатора напруги, а також величину пульсацій на виході

$$K_{ст} = m_{ск} K_u \cdot U_H / U_{вх} , \quad (3.58)$$

$$K_{ст} = 3,845 \cdot 71,13 \cdot 15 / 22 = 186,4 .$$

$$D_{U_{вих}} = D_{U_{вх}} / m_{ск} K_u, \quad (3.59)$$

$$DU_{vi} = 4 / 3,845 \cdot 71,13 = 0,00012 .$$

Розраховуємо коефіцієнт пульсацій

$$K_{\Pi} = DU_{vi} \cdot 100 / U_{vx} , \quad (3.60)$$

$$K_{\Pi} = 0,00012 \cdot 100 / 15 = 0,0008\%.$$

3.6 Розрахунок вихідного підсилювача

Вихідний підсилювач призначений для якісного підсилення сигналу до потрібної потужності. LM3886 є високопродуктивний підсилювач потужності здатних доставляти 68W безперервної середньої потужності на 4Ом навантаження і 38W на 8Ом з (THD + N) не більше 0,1% від 20 Гц-30кГц.

Захист від стрибків напруги означає [25], що ці частини повністю гарантовані на виході проти перенапруги, зниженої напруги, перевантаження, у тому числі миттєвих піків температури. LM3886 підтримує чудовий сигнал-шум більше ніж на 92 дБ з типовими низьким рівнем шуму на 2,0 пВ. Це експонати надзвичайно низьким (THD + N) значення 0,03% на номінальної потужності в номінальному навантаженні більше звукового спектру, а забезпечує відмінну лінійність з IMD (SMPTE) типовий рейтинг 0,004%. Він має не великий коефіцієнт підсилення та не має вносити відчутних спотворень в сигнал. Також в цьому каскаді має регулюватись чутливість входу, тобто регулюється коефіцієнт підсилення цього каскаду. Для найбільш оптимальної роботи схеми використовується варіант розв'язки мікросхеми відповідно до її конструкторської документації.

Практична принципова схема вихідного підсилювача представлена на рисунку 3.12

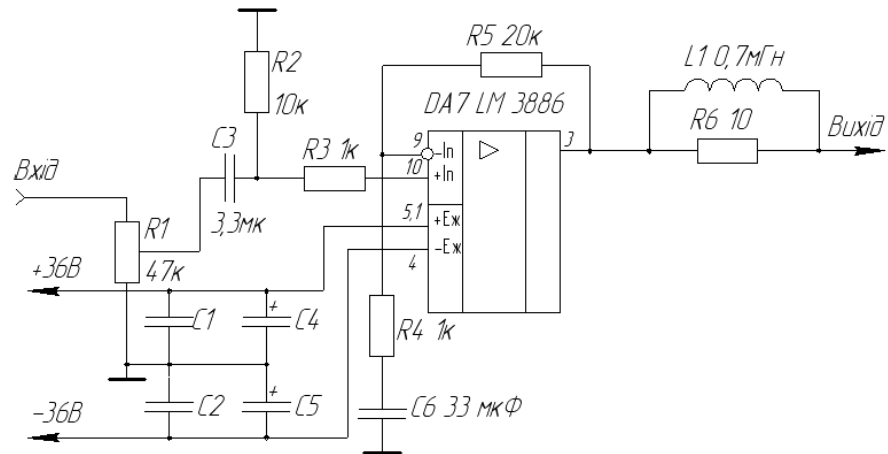


Рисунок 3.12 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

Далі приводимо вхідні данні для розрахунку мікрофонного підсилювача та каналного підсилювача:

- Напруга живлення $E_{ж} = \pm 36V$;
- Діапазон робочих частот 20 Гц...30 кГц;
- Активний елемент мікросхема LM3886;
- Глибина регулювання чутливості ≥ 40 дБ;
- Коефіцієнт підсилення каскаду ПП 20;
- Вхідний опір каскаду ПП 10кОм;
- Частотні спотворення каскаду ПП на низькій частоті 0,25 дБ;
- Частотні спотворення каскаду ПП тракту на високій частоті мають складати 0,25 дБ;

Не зважаючи на свою потужність, підсилювач потужності LM3886 конструктивно є одноканальним операційним підсилювачем з відповідно прямим та інверсним входами.

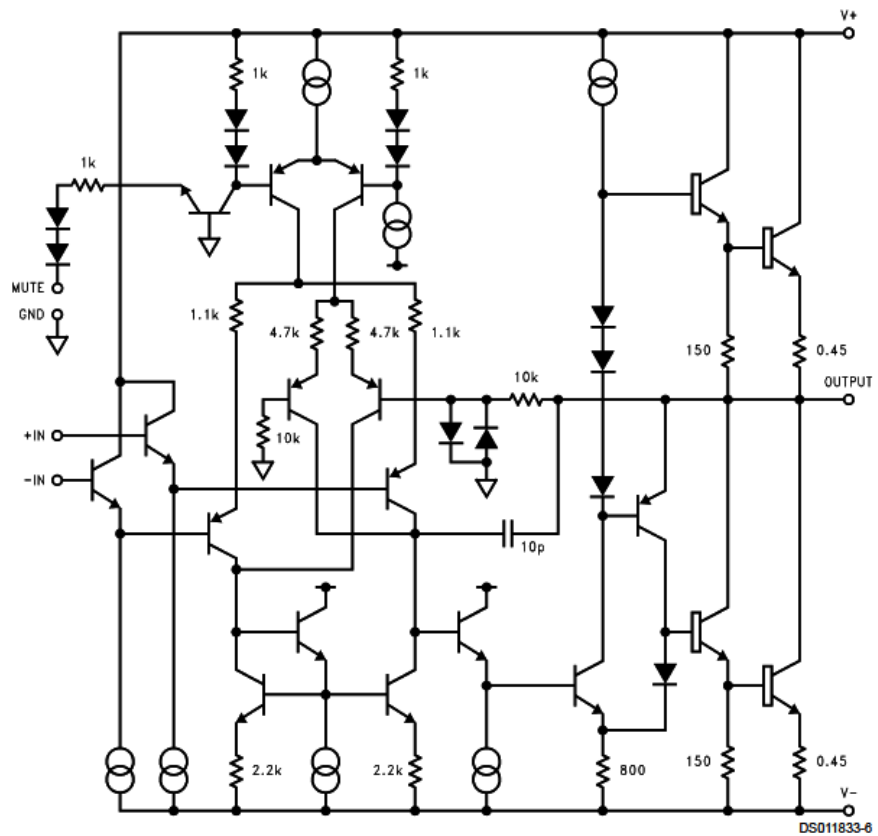


Рисунок 3.13 – Приблизна електрична принципова схема LM3886

У зв'язку з тим, що вхідний опір операційного підсилювача складає дуже велику величину його можна не враховувати, а це означає, що вхідний опір каскаду визначається резистором R1. Виходячи з цього маємо наступний вираз

$$R_2 = R_{BX} = 10 \text{ кОм}$$

За відомим коефіцієнтом підсилення K_2 визначаємо номінал резистора R5. Визначаємо його максимальний опір, при якому і забезпечується необхідний коефіцієнт підсилення в схемі.

$$R_4 = \frac{R_5}{K_{\max} - 1}, \quad (3.61)$$

$$R_4 = \frac{20 \cdot 10^3}{20 - 1} = 1 \text{ (кОм)}.$$

Отже, обираємо резистор R3 типу C2-23, номіналом 1 кОм [14].

4 КОМПЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

4.1 Математична модель схеми за допомогою ЕОМ

В даному розділі проводимо симуляцію роботи схеми за допомогою ЕОМ. Для цього використовуємо сучасний програмний пакет Electronic Workbench версії 10.[26] Складаємо схему пристрою та досліджуємо рівні вихідних сигналів при заданих згідно ІЗ вхідних. В віртуальну модель входить мікрофонний канал підсилення, канал попереднього підсилення одного каналу, так як вони є ідентичні. Вихідний підсилювач є готовою мікросхемою підсилювача потужності, розв'язка мікросхеми здійснюється згідно конструкторської документації та моделювання не потребує. Блок аудіопроцесора також є готовою мікробіркою яка керується цифровим кодом на основі І2С [27].Таким чином за допомогою Multisim 10 здійснюється моделювання вищенаведеної аналогової частини підсилювача. Цифрова частина, яка являє собою мікроконтролер PIC16F628A, LCD екран на основі контролера KS0066, енкодер та кнопки перемикавання, модулюється за допомогою спеціалізованої програми Proteus 7.7SP2.

Тепер досліджуємо АЧХ,ФЧХ та інші основні параметри пристрою. Віртуальна модель попереднього підсилювача лінійного входу основана на операційному підсилювачі LM4562.Підсилювач зібраний по схемі неінверсного диференціального підсилювача. Його вихід підключається до регулятора панорами ,його рівень домішування в канал регулюється потенціометром R10. Мікрофонний підсилювач та підсилювач регулятор виконані на моделі операційного підсилювача JRC5532.Загальний коефіцієнт підсилення мікрофонного тракту приблизно 1200раз або 61дБ, з урахуванням зменшення сигналу на регуляторі панорами. Сигнал при моделюванні знімається з виходу регулятора панорами. Таким чином в результат вимірювань можна задіяти і попередній підсилювач на LM4562 на вхід якого поступає змінна напруга частотою 1кГц, 100мВ.При збільшені рівня

нелінійних спотворень якогось з каналів та погіршення значення сигнал/шум це буде видно за допомогою пристроїв під'єднаних на вихід регулятора панорами.

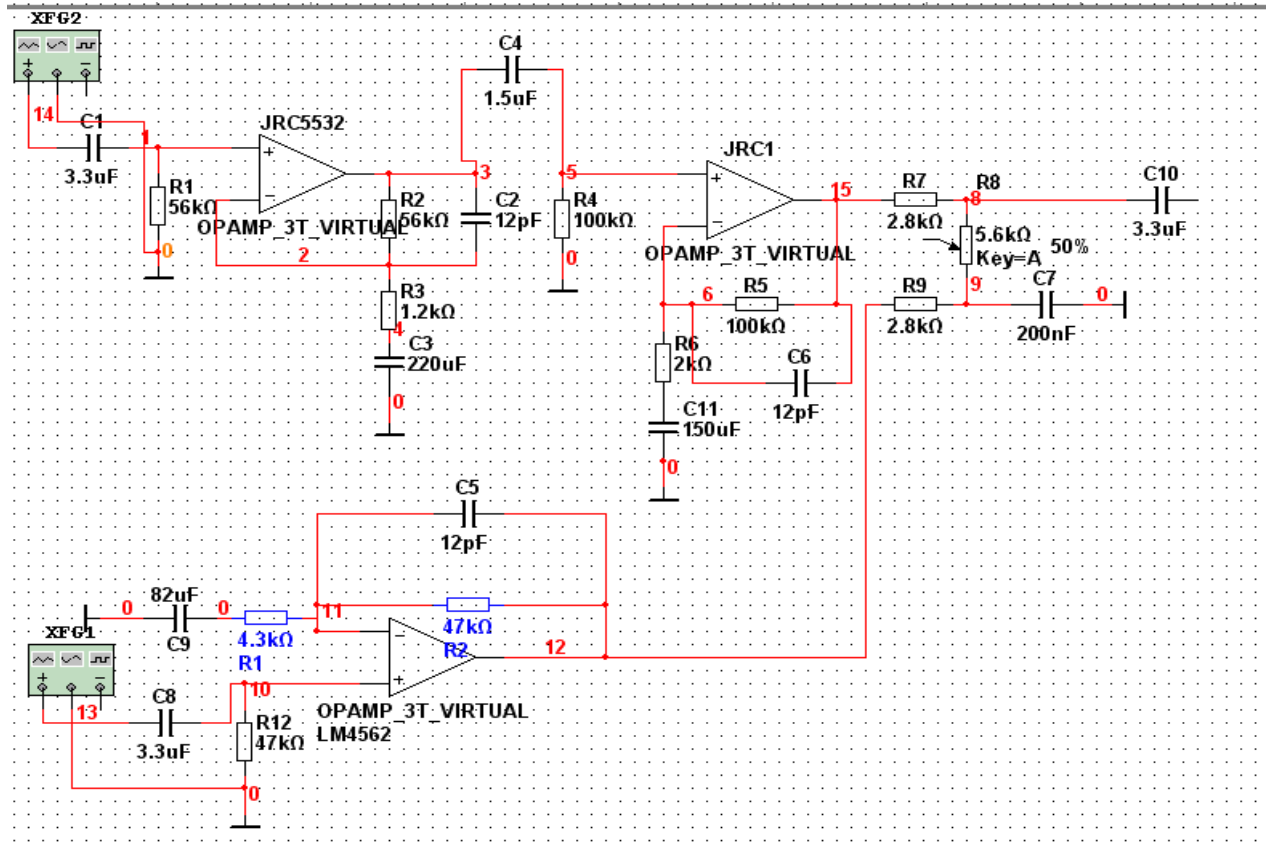


Рисунок 4.1– Електрична принципова схема віртуальної моделі підсилювача

Як видно на осцилограмі, мультиметрі та вимірювачі нелінійних спотворень та шуму ми отримуємо на виході чистий підсилений сигнал, який задовольняє вимоги ТЗ. АЧХ має приблизну нерівномірність в $\pm 0,5$ дБ в смузі частот 10 Гц – 31 кГц.

Перевірка цифрової частини являє собою моделювання блоку керування та індикації в програмному пакеті Proteus 7.7SP2. Працездатність в основному залежить від якості та спрямованості програмного коду який завантажується в пам'ять мікроконтролеру [28]. Перед тим як його записують в мікроконтролер потрібно перекодувати файл програми написаний на мові програмування C, в машинний код в 16-річній системі, HEX файл. Після

запуску процесу моделювання не вмикаючи підсвітки на моделі LCD з'являється напис “очікування”, що повідомляє оператора про готовність схеми до прийняття команд керування. Аудіопроцесор має такі основні меню, для настройки параметрів темброблоку під свій смак як:

1. Гучність;
2. Баланс;
3. Перемикання каналів;
4. Регулювання рівня НЧ;
5. Регулювання рівня СЧ;
6. Регулювання рівня ВЧ;
7. Миттєве вимикання звуку(режим Mute).

Приклад зображення меню, як результат успішного моделювання зображено на рисунку 4.4.

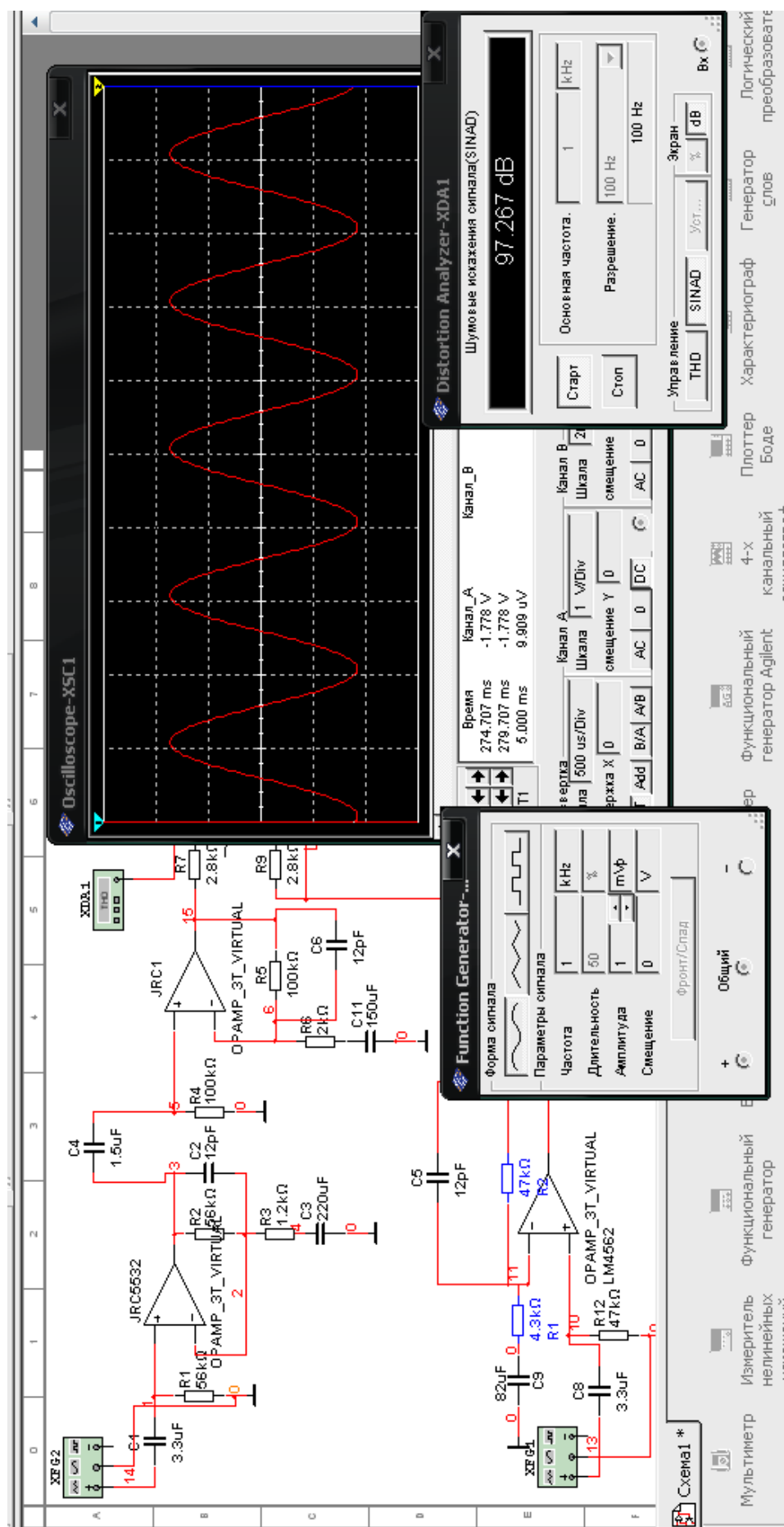


Рисунок 4.2— Результати моделювання підсилювача при подачі на мікрофонний вхід сигналу 1мВ

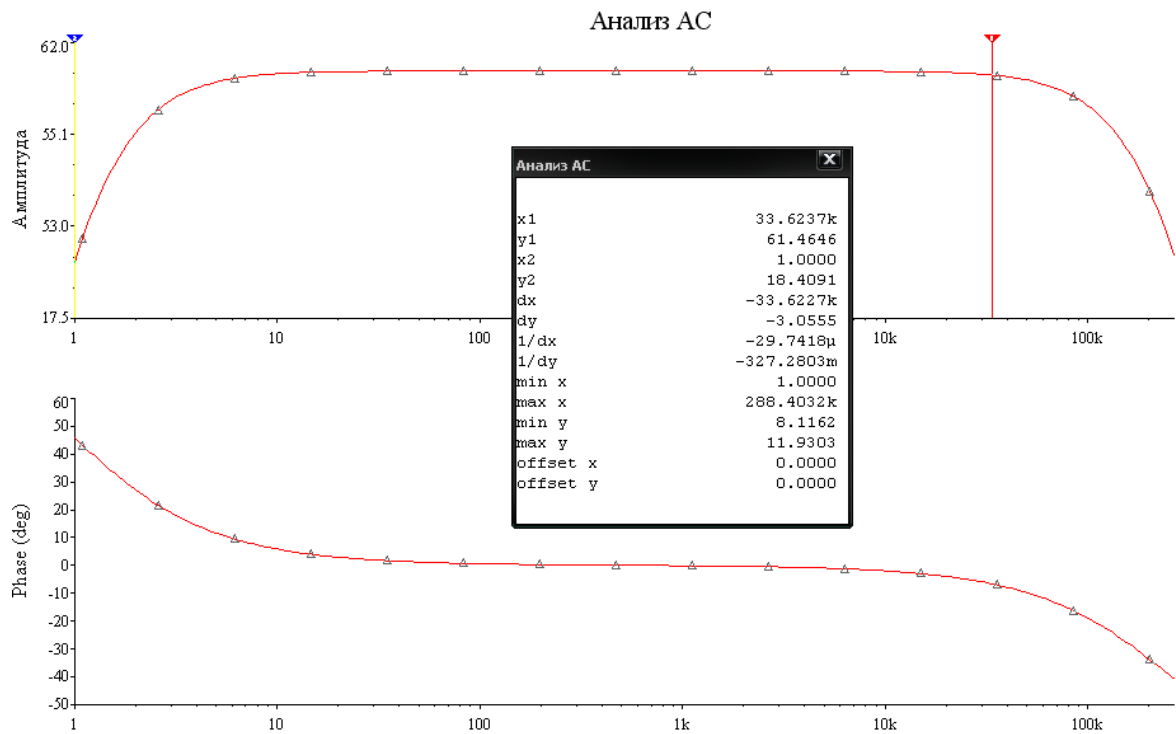


Рисунок 4.3 – АЧХ та ФЧХ підсилювача при подачі на вхід 1 мВ

Отже, як видно з отриманих результатів моделювання на рисунку 4.4 схема працює в потрібному режимі задовольняючи вимоги індивідуального завдання.

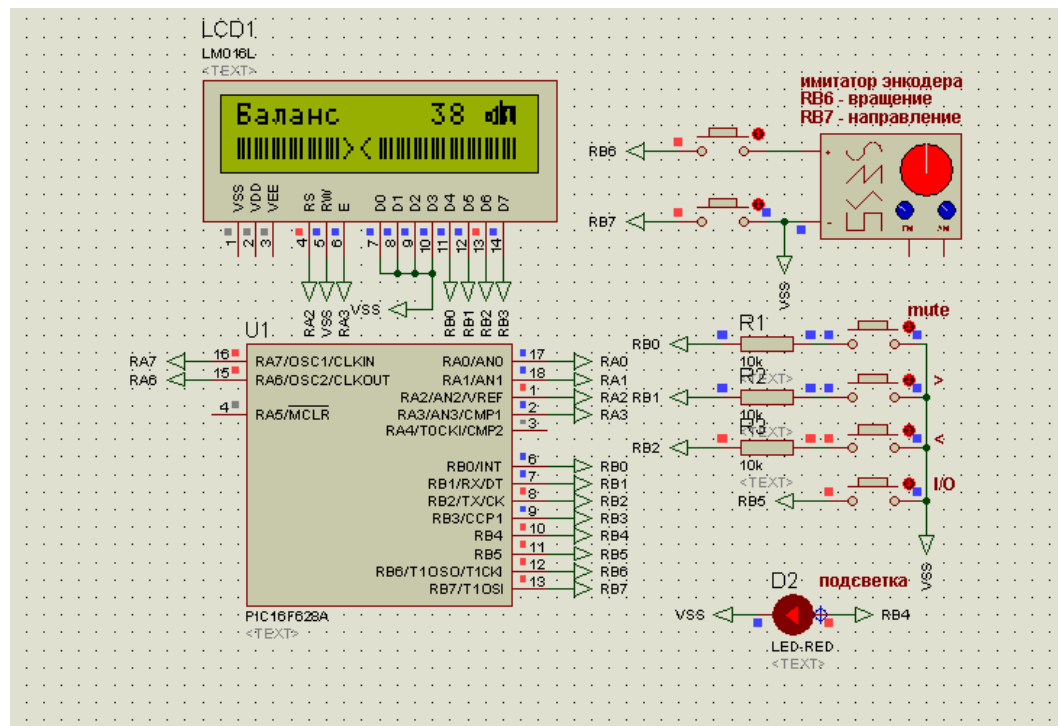


Рисунок 4.4 – Результат роботи віртуальної моделі блоку курування та індикації на мікроконтролері PIC16F628A

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розробка та виробництво високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням є складним технологічним процесом, що включає роботу з електричними схемами, електронними компонентами, процесами паяння, складання та налагодження. На кожному з цих етапів існують потенційні ризики для здоров'я та безпеки працівників. Нехтування вимогами охорони праці може призвести до травм, ураження електричним струмом, пошкодження обладнання та виникнення пожеж. Цей розділ присвячено розгляду ключових аспектів охорони праці, які необхідно враховувати при проєктуванні високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням. Метою розділу є визначення потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, розробка та обґрунтування заходів безпеки, а також встановлення правил безпечної роботи дослідника.

На розробника високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням, згідно Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», мають вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [26]:

- фізичні: підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена та знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів; підвищена та знижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена та знижена вологість повітря; підвищена та знижена рухливість повітря; підвищена та знижена іонізація повітря; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; пряма та відбита блискіть; підвищена пульсація світлового потоку;

- хімічні: токсичні (озон, вуглекислий газ);

– психофізіологічні: фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перевантаження (розумові перенапруження; перенапруження аналізаторів; емоційні перевантаження).

Оцінюючи визначені фактори, визначається рішення щодо безпечного виконання роботи під час виконання роботи

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

5.1.1 Вимоги безпеки під час роботи з екранними пристроями

Організація робочого місця – це система взаємопов’язаних дій, спрямованих на формування оптимального та безпечного робочого середовища. Цей процес охоплює такі ключові елементи: функціональне визначення (спеціалізація) робочого місця (чітке окреслення його основного призначення та виконуваних завдань); технічне забезпечення (комплектування робочої зони необхідними інструментами, обладнанням, пристроями та матеріалами, що відповідають специфіці виконуваної роботи); ергономічне розташування (раціональне розміщення всіх засобів праці для забезпечення зручності, ефективності та мінімізації фізичних зусиль працівника); естетичне оформлення (створення комфортного та візуально приємного зовнішнього вигляду робочого простору); забезпечення сприятливих умов праці (оптимізація параметрів мікроклімату, таких як освітлення, вентиляція та температурний режим, відповідно до санітарних норм і вимог).

Конкретний зміст цих заходів визначається характером і спеціалізацією робочого місця, його видом і значенням у виробничому процесі. Організація робочого простору, обладнаного персональним комп’ютером, повинна відповідати встановленим ергономічним стандартам, зокрема ДСТУ 8604:2015 та НПАОП 0.00-7.15-18 [27], а також враховувати специфіку виконуваної роботи. Згідно з нормативами, мінімальна площа для одного робочого місця з ПК становить 6 м^2 , а об’єм – не менше 20 м^3 . Між рядами

робочих столів необхідно забезпечити прохід шириною не менше одного метра. Висота стільниці для комп'ютера повинна варіюватися в діапазоні від 680 до 800 мм, а її ширина має бути достатньою для зручного виконання робочих операцій у межах досяжності моторного поля працівника. Рекомендовані габаритні розміри столу становлять: висота – 725 мм, ширина – від 600 до 1400 мм, глибина – від 800 до 1000 мм.

Для забезпечення комфортної роботи та збереження зору користувача, монітор комп'ютера та клавіатура повинні бути розміщені на оптимальній відстані від очей. Рекомендована мінімальна відстань між очима та екраном становить 600 мм. Дотримання цієї вимоги допомагає запобігти надмірній напрузі очей під час роботи. Крім того, важливим фактором при визначенні зручної відстані є розмір буквено-цифрових символів на екрані. Занадто малий розмір шрифту може змушувати користувача напружувати зір для розпізнавання інформації.

Робоче місце розробника високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням обладнане столом, кріслом та підставкою для ніг, що в сукупності сприяють підтриманню ергономічно правильної робочої пози протягом усього дня. Сучасний ергономічний робочий стіл характеризується оптимальними розмірами та функціональністю, забезпечуючи комфорт та продуктивність. Він має достатню площу для розміщення всього необхідного обладнання та інструментів, а також передбачає можливості регулювання висоти, кута нахилу стільниці та положення екрана. Робоче крісло оснащено механізмами для регулювання висоти сидіння та кута нахилу спинки. Його сидіння є плоским, а передній край має заокруглену форму. Налаштування висоти та кута нахилу здійснюються незалежно, легко фіксуються та забезпечують надійність обраного положення.

Організація робочого місця розробника також передбачає раціональне розміщення інструментів та компонентів, що часто використовуються, у межах легкої досяжності, щоб мінімізувати зайві рухи та знизити

втомлюваність. Важливим аспектом є забезпечення достатнього вільного простору на робочому столі для зручного виконання різних завдань, включаючи тестування та складання пристрою. Для підтримання порядку та запобігання безладу слід використовувати лотки, органайзери та інші системи зберігання. Крім того, необхідно забезпечити наявність засобів індивідуального захисту, таких як антистатичні браслети та захисні окуляри, залежно від виконуваних робіт. Регулярне прибирання робочого місця та утримання його в чистоті є запорукою безпечної та продуктивної роботи [28].

Для підтримання належного санітарно-гігієнічного стану в комп'ютерних приміщеннях необхідно щоденно здійснювати вологе прибирання з метою видалення пилу та забруднень. Окрім того, для надання невідкладної допомоги у випадку травмування або інших непередбачуваних ситуацій, ці приміщення обов'язково повинні бути обладнані укомплектованими медичними аптечками першої допомоги.

5.1.2 Електробезпека

Живлення обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю 380 x 220В (фазна напруга фаза (фаза – «0») – 220В, а між фазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

У приміщенні, де здійснюється розробка високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням використовується трифазна чотирипровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Ця мережа включає в себе фазовий провідник, нульовий робочий провідник та обов'язковий нульовий захисний провідник. Основна функція нульового захисного провідника полягає у створенні надійного електричного з'єднання між металевими корпусами електроприймачів та заземлюючим контуром. Таке заземлення є критично важливим заходом безпеки, спрямованим на запобігання ураженню електричним струмом людей у випадку порушення цілісності ізоляції електрообладнання. Додатково, для підвищення рівня електробезпеки, рекомендується встановлення пристроїв захисного

відключення (ПЗВ) на відповідних електричних лініях. ПЗВ оперативно виявляє витоки струму та автоматично розриває електричне коло, мінімізуючи ризик ураження електричним струмом та виникнення пожежі. Відповідно з НПАОП 40.1-1.32-01 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами без підвищеної небезпеки, тому що в приміщенні відсутні фактори підвищеної небезпеки ураження електричним струмом [29].

Приміщення, де працюють з комп'ютерами, повинні бути обладнані технічними засобами захисту, щоб забезпечити електробезпеку як обладнання, так і працівників. Ці засоби захисту повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.5-82:2016 [30]. ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

При прокладанні та використанні ліній електромережі першочерговим завданням є абсолютне виключення можливості появи джерела займання електричного походження, що може виникнути внаслідок короткого замикання або перевищення допустимого струмового навантаження на проводах. З цієї метою слід максимально обмежувати використання провідників з ізоляцією, яка легко піддається горінню, віддаючи перевагу, де це технічно можливо, застосуванню проводів з негорючою ізоляцією. Крім того, важливим є правильний вибір перерізу провідників відповідно до розрахункових навантажень, використання якісних з'єднувальних елементів та захисних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі та запобіжники з відповідними номінальними характеристиками. Регулярний технічний огляд стану електромережі та своєчасне усунення виявлених несправностей також є ключовими заходами для забезпечення пожежної безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Згідно з Державними санітарними нормами ДСН 3.3.6.042-99 [31] «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», під мікрокліматом виробничого середовища розуміють сукупність фізичних параметрів внутрішнього повітря, що визначають теплообмін між організмом працівника та навколишнім середовищем через теплопровідність, конвекцію, випромінювання та випаровування вологи. До цих ключових факторів належать температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітряних мас, температура поверхонь, що оточують робочу зону, а також інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року. Робота розробника відноситься до категорії Іа. Допустимі параметри мікроклімату для категорії Іа наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – 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 підтримання мікроклімату в межах встановлених санітарних норм у приміщенні функціонує централізована система опалення та припливно-втяжної вентиляції. Крім того, що змінно проводиться вологе прибирання, а за потреби здійснюється природне провітрювання через вікна та двері. Для більш точного регулювання температурного режиму передбачено використання кондиціонера.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

У робочому просторі, де відбувається проектування високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням, існує потенційна присутність шкідливих домішок у повітрі, зокрема пилу, вуглекислого газу та озону. Утворення озону може бути наслідком функціонування офісної оргтехніки, наприклад, принтерів, тоді як пил може проникати в приміщення з зовнішнього середовища. При плануванні та облаштуванні внутрішнього середовища необхідно брати до уваги ці можливі джерела забруднення повітря. Нормативні значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих шкідливих речовин для досліджуваного робочого місця представлені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		
Пил нетоксичний	10	4	4
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання. За наявності великих концентрацій озону або інших шкідливих речовин можуть бути передбачені додаткові заходи для забезпечення здорового та безпечного робочого середовища.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення є одним з основних типів освітлення та забезпечується за рахунок світла небосхилу, що проникає всередину через віконні отвори в зовнішніх стінах. За своїм спектральним складом природне

світло вважається найбільш фізіологічним та комфортним для зорового сприйняття. Оцінка природного освітлення здійснюється за допомогою коефіцієнта природної освітленості (КПО), який являє собою відношення рівня природної освітленості в певній точці внутрішнього простору, створюваного світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості. Для приміщень, освітлення яких забезпечується виключно бічними світловими прорізами, нормативно встановлюються обов'язкові мінімальні значення КПО в межах робочої зони [32].

Штучне освітлення використовують у двох основних системах: загальному та комбінованому. Загальне – передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення з наданням можливості забезпечення рівномірного освітлення. Комбіноване – включає в себе додаткове місцеве освітлення, де до загального освітлення додається окрема система світильників, які спрямовані на робочі місця з метою покращення видимості та комфорту працівників.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, розробка високоякісного підсилювача звукової частоти з дистанційним керуванням, потребує освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівален тний роз- мір об'є- кта роз- різнення, мм	Розря д зоров ої работ и	Під- розряд зорової роботи	Контрас т об'єкта з фоном	Характе - ристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природ не Ен пр	Суміс не Е сум
						всього	у т. ч. від загально го		
Висо- кої точно- сті	Від 0,3 до 0,5 включн о	III	в	малий серед- ній вели- кий	світ- лий серед- ній темни й	600	200	-	3,0

Для підтримання належного рівня освітленості в приміщенні проводять регулярне очищення віконного скла та світильників від пилу не рідше ніж двічі на рік, а також використовують жалюзі для регулювання світлового потоку. У випадках недостатнього природного освітлення застосовується загальне штучне освітлення, що забезпечується світлодіодними лампами E27 LED 15W NW A60 "SG". Світильники розміщені на висоті 2,5 метра над робочими поверхнями рядами, що дає можливість їх послідовного ввімкнення та вимкнення залежно від інтенсивності природного світла.

5.2.4 Виробничий шум

Звук, або шум, є результатом механічних коливань, що поширюються в твердих, рідких та газоподібних середовищах. Звукові хвилі, що передаються через елементи будівельних конструкцій, класифікуються як структурний шум, тоді як ті, що розповсюджуються повітрям, називаються повітряним шумом. Будь-яке небажане звукове явище визначається як шум. Вплив шуму може бути негативним для здоров'я людини, призводити до зниження продуктивності праці та підвищувати ризик нещасних випадків. З огляду на це, розробка та впровадження заходів щодо захисту від шуму є вкрай важливим завданням.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [33]. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам наведеним в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Оператори з обробки інформації	96	83	74	68	63	60	57	55	54

Одним із доступних та ефективних підходів до зменшення рівня шуму є використання технологій звукоізоляції та звукопоглинання. У зв'язку з цим, встановлення пластикових вікон є обґрунтованим рішенням, спрямованим на зниження акустичного навантаження на працівників.

5.2.5 Електромагнітні випромінювання

Дія електромагнітних полів (ЕМП) на людський організм є багатофакторною і визначається низкою параметрів, серед яких: частота та інтенсивність поля, тривалість його впливу, тип випромінювання (постійне або імпульсне), площа тіла, що зазнає опромінення, а також індивідуальна чутливість людини. Електромагнітні поля здатні спричиняти як біологічні зміни, так і функціональні розлади в організмі людини. До функціональних ефектів відносяться підвищена стомлюваність, періодичні головні болі, проблеми зі сном, вплив на центральну нервову систему та порушення в роботі серцево-судинної системи. При тривалому та регулярному впливі ЕМП можуть спостерігатися коливання артеріального тиску, уповільнення серцевого ритму, нервово-психічні розлади та окремі атрофічні процеси. Актуальні наукові дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання може чинити вплив на центральну нервову систему та мати значний потенціал для негативного впливу на здоров'я.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань на робочому місці проектувальника наведені в таблиці 5.5 [34].

Таблиця 5.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючого електромагнітного випромінювання

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

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на розробника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей [35]. Приміщення, де здійснювалася робота знаходиться на першому поверсі цегляної будівлі. Фундамент: бетонні блоки, перекриття: бетонні плити. Стіни зовнішні: керамічні блоки, оштукатурені з внутрішньої сторони будівлі. Двері: входні дерев’яні, внутрішні дерев’яні. Вікна: металопластикові з подвійним склопакетом. Підлога: керамічні плити.

В приміщенні використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д», за вогнестійкістю приміщення

відноситься до третьої категорії.

5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Протипожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, які спрямовані на здійснення безпеки людей, на попередження пожеж, локалізацію їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі. Відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій на підприємстві є головний інженер. Начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт по її ліквідації [36].

Основними причинами пожежі в досліджуваному приміщенні є:

- необережне поводження з вогнем, газом, бензином, несправність електрообладнання та електропроводки;
- недотримання правил безпечної виконання роботи;
- природні явища;
- використання електропобутових пристроїв (електрочайники, обігрівачі);
- попадання вологи на працююче електрообладнання;

Для запобігання виникнення пожежі здійснюються такі заходи:

1) Організаційні заходи (проведення навчань з питань пожежної безпеки, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки будівлі).

2) Технічні заходи (суворе дотримання правил і норм при технічному переобладнанні електромережі, опалення, вентиляції, освітлення).

3) Заходи режимного характеру (заборона паління та застосування відкритого вогню у приміщеннях).

4) Експлуатаційні заходи (своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів обчислювальної техніки та допоміжного устаткування).

5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Протипожежний захист промислових об'єктів забезпечується:

- правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильним об'ємно-планувальним рішенням будівель і споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки [39];
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- обмеженням витікання та розтікання горючої рідини під час пожежі;
- спорудженням протидимного захисту;
- забезпеченням евакуації людей;
- використанням засобів пожежної сигналізації, сповіщення та пожежогасіння;
- організацією пожежної охорони об'єкта;
- засобами, що забезпечують успішне розгортання тактичних дій гасіння пожежі.

У приміщені на випадок виникнення пожежі для обмеження її розповсюдження знаходиться переносний вуглекислотний вогнегасник типу ВВк-5, що відповідає нормам. Підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електросхем устаткування вільні. Відповідно Кодексу цивільного захисту України забезпечення безпеки на підприємстві, установі покладено на керівників або уповноважених осіб.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено пристрій, який міг би якісно підсилювати звуковий електричний сигнал та разом з тим мав би можливість дистанційно змінювати параметри темброблоку.

Поставлена задача вирішена за допомогою мікросхем аудіопроектора, мікроконтролера, операційних підсилювачів та вихідного каскаду підсилення.

В першому розділі, було проведено аналіз сучасного стану за напрямом розроблення. Була описана суть технічної проблеми, яка постала на даному етапі розвитку техніки та технології, запропоновано варіанти вирішення поставленої задачі та уточні технічні вимоги до розробки.

В другому, третьому та четвертому розділах вирішено технічні питання. Було обрано оптимальний варіант схемотехнічного рішення. Розроблено структурну схему пристрою, проведено електричні розрахунки каскадів пристрою. Моделювання каскадів пристрою буде проведено у четвертому розділі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биков В. М., Козлов В. Г. Основи електроніки: навч. посібник. – Київ: Вища школа, 2007. – 328 с.
2. Дьяків О. І., Копилук Я. М. Основи теорії електронних кіл. – Львів: Видавництво "Львівська політехніка", 2010. – 312 с.
3. Бурлак П. О. Аналогова електроніка: навч. посібник. – Харків: НТУ "ХПІ", 2015. – 256 с.
4. Скидан А. А. Підсилювачі потужності: навч. посібник. – Київ: Либідь, 2012. – 200 с.
5. Винокуров Ю. І. Основи схемотехніки: Підсилювачі. – Київ: Наукова думка, 2009. – 246 с.
6. Шумейко М. І. Електронні пристрої: навч. посібник. – Київ: Каравела, 2013. – 280 с.
7. Костюк І. І. Теорія електронних кіл: підручник. – Львів: Львівська політехніка, 2016. – 304 с.
8. Морозов С. В. Радіоелектронні підсилювальні пристрої. – Харків: ХНУРЕ, 2014. – 198 с.
9. Іванченко С. П. Підсилювачі звукової частоти. – Дніпро: ДНУ, 2011. – 174 с.
10. Козак В. В. Основи проектування радіоелектронних засобів. – Київ: Видавничий дім "Слово", 2010. – 270 с.
11. Радіотехніка: Підручник / За ред. П. П. Білецького. – Київ: Вища школа, 2008. – 382 с.
12. Станкевич М. В. Основи акустики. – Львів: Видавництво Львівського нац. університету, 2007. – 212 с.
13. Мельничук О. В. Схемотехніка аналогових пристроїв. – Київ: НАУ, 2015. – 248 с.
14. Григоренко М. М. Основи електроніки і мікроелектроніки. – Харків: УПА, 2012. – 240 с.

15. Назаренко І. І. Теоретичні основи електротехніки. – Київ: Видавництво КНУТД, 2010. – 292 с.
16. Гладун А. І. Радіоелектроніка: навч. посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 276 с.
17. Кириленко П. М. Цифрова та аналогова схемотехніка. – Київ: КНЕУ, 2011. – 288 с.
18. Зозуля О. М. Основи конструювання підсилювальних пристроїв. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 198 с.
19. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з курсу "Підсилювачі потужності" / НТУУ "КПІ". – Київ, 2020. – 46 с.
20. Лабораторний практикум з електроніки / За ред. О. М. Ткаченка. – Одеса: ОНАХТ, 2013. – 120 с.
21. Стрембіцький М.О. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 174 "Метрологія і інформаційні технології". – Тернопіль, ТНТУ, 2024.
22. Стрембіцький М.О. Методичні вказівки для виконання графічної частини кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТНТУ, 2024.
23. Стрембіцький М.О. Конспект лекцій з дисципліни "Конструювання РЕА" для спеціальності 152 "Метрологія і інформаційні технології". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2024.
24. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Основи конструювання та технології виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2016.
25. Васишин О.З. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТК ТНТУ, 2017.
26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

27. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77160
28. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
29. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
30. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
31. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
32. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
33. 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 - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14_nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html
34. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
35. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом- [Електронний

ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65395

36. НАПБ А.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z1410-04>

37. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

38. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf

39. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI

Додаток А
(обов'язковий)

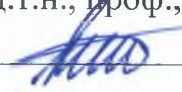
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
ВИСОКОЯКІСНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ З
ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

Виконав: студент 2(4)-го курсу, гр. РТ-23мс
спеціальності 172 «Електронні комунікації
та радіотехніка» ОП - («Радіотехніка»)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Кравчук В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ІРТС

 Семенов А.О.
(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

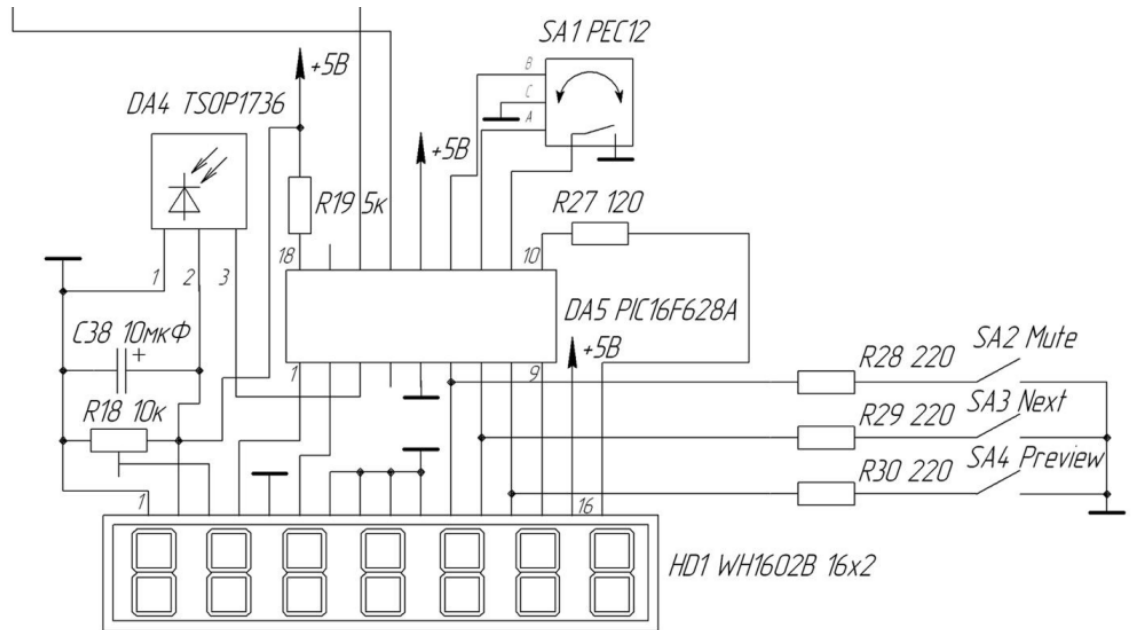


Рисунок 1 – Схема електрична принципова блоку дистанційного прийому та керування

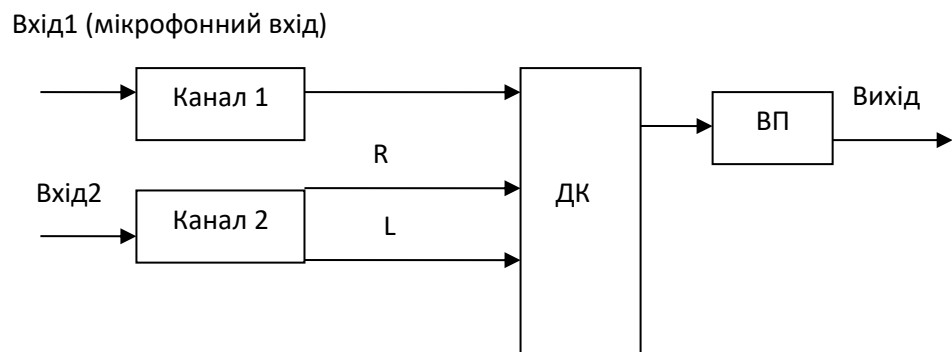


Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема підсилювача

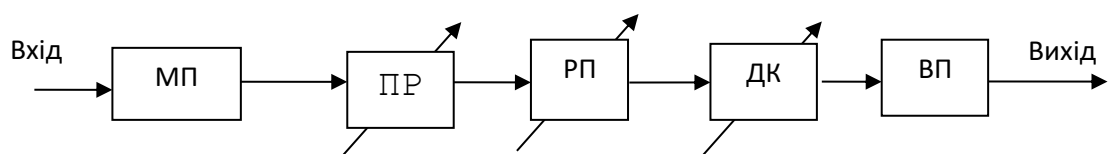


Рисунок 3 – Структурна схема вузла Канал 1

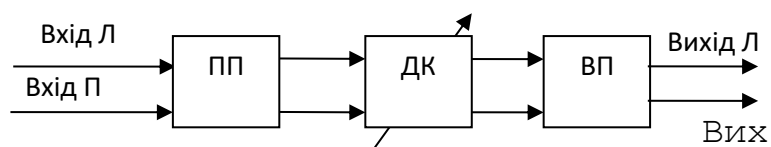


Рисунок 4— Структурна схема вузла Канал 2

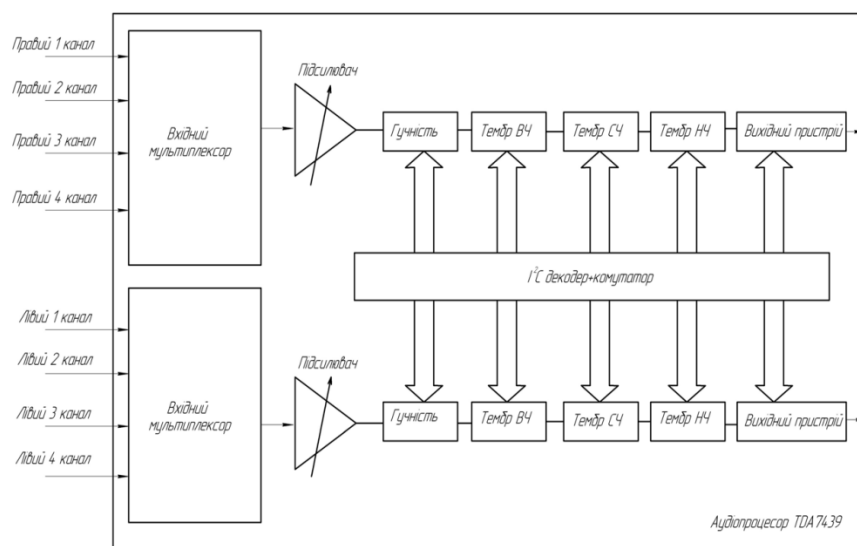


Рисунок 5 – Повна структурна схема високоякісного підсилювача потужності стерео

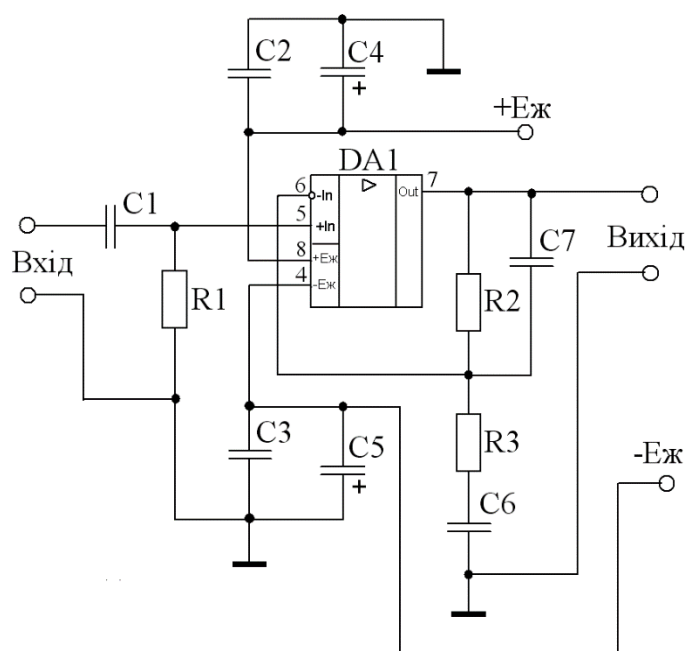


Рисунок 6 – Схема електрична принципова МП

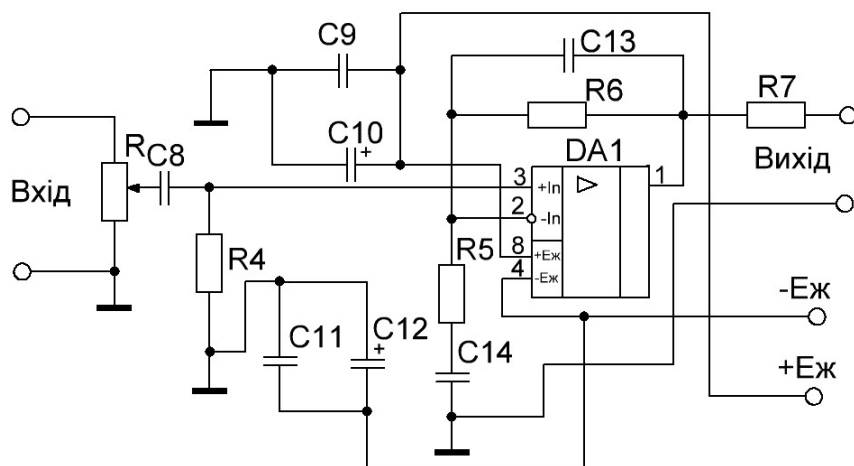


Рисунок 7 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

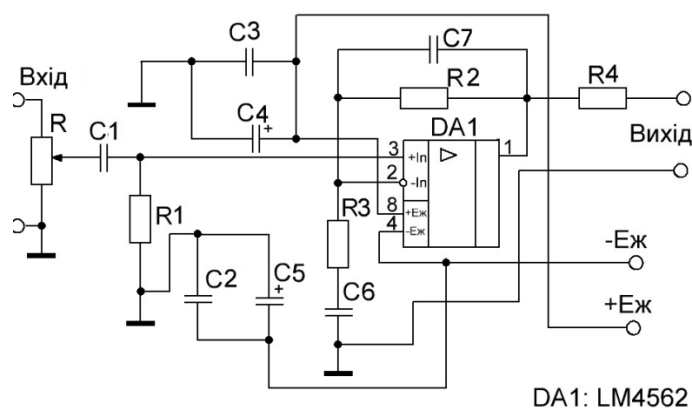


Рисунок 8 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

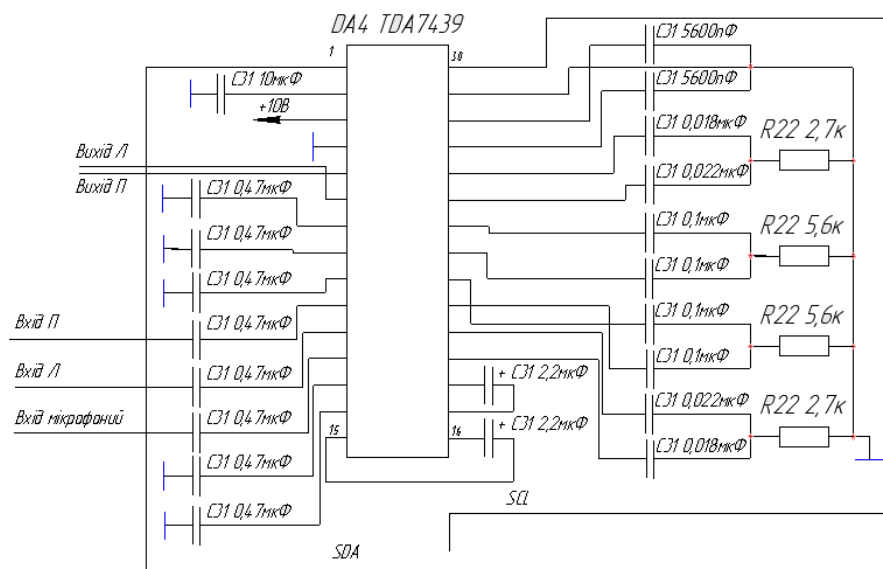


Рисунок 9 – Схема електрична принципова аудіопроектора

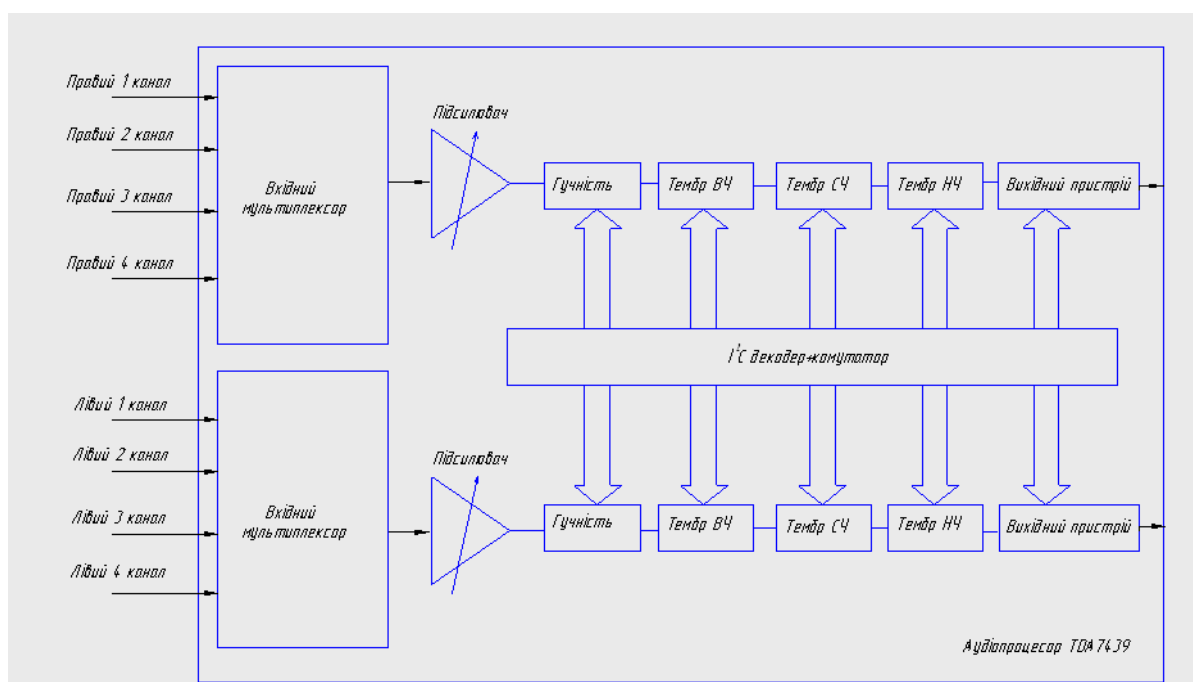


Рисунок 10 – Структурна схема аудіопроцесора

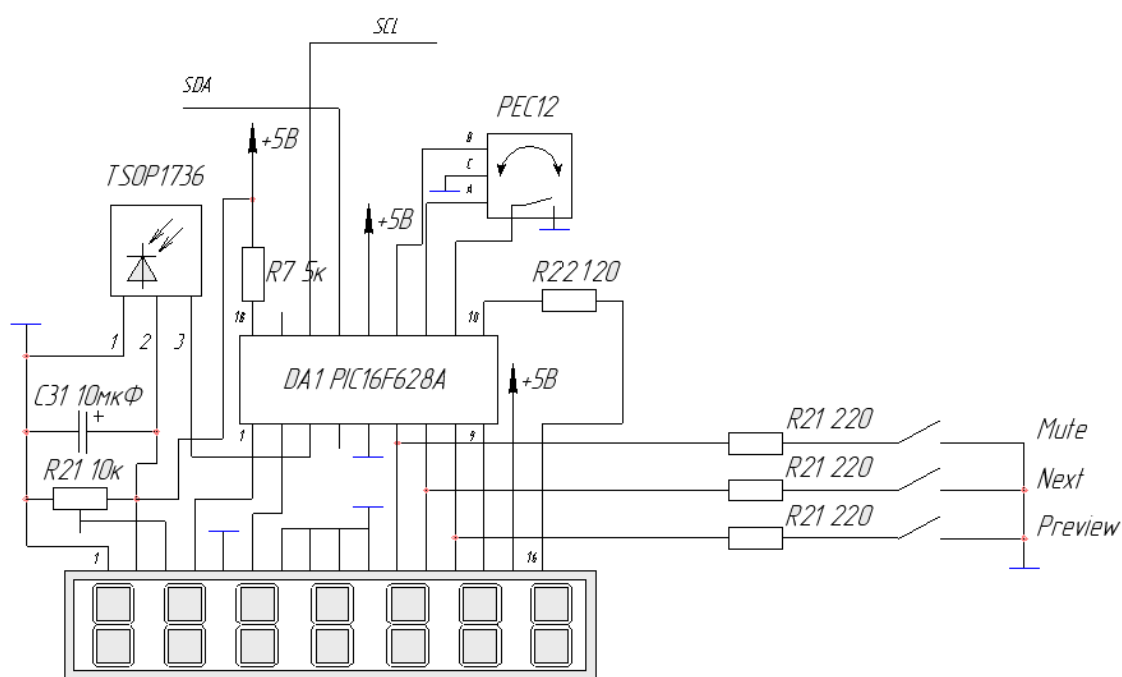


Рисунок 11 – Схема електрична принципова блоку дистанційного прийому та керування

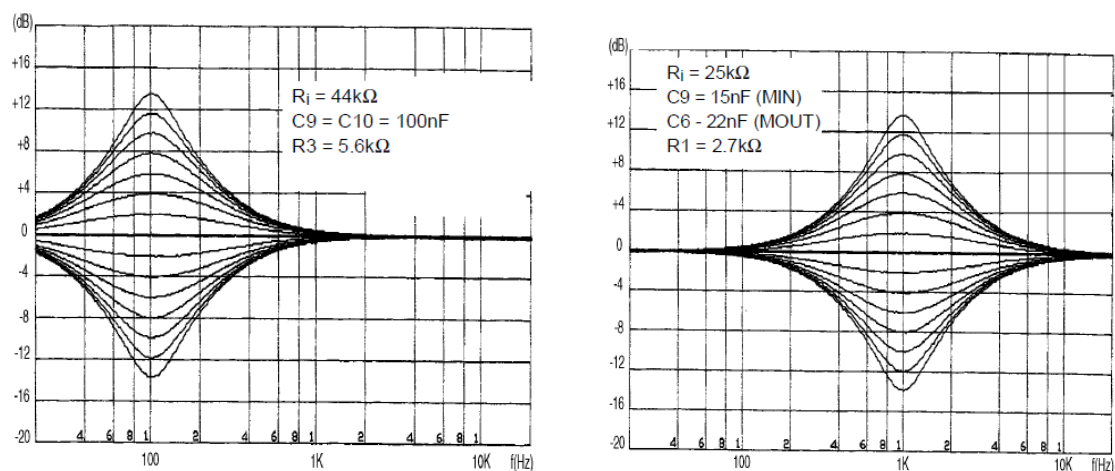


Рисунок 12 – Амплітудно-частотна характеристика НЧ та СЧ фільтра

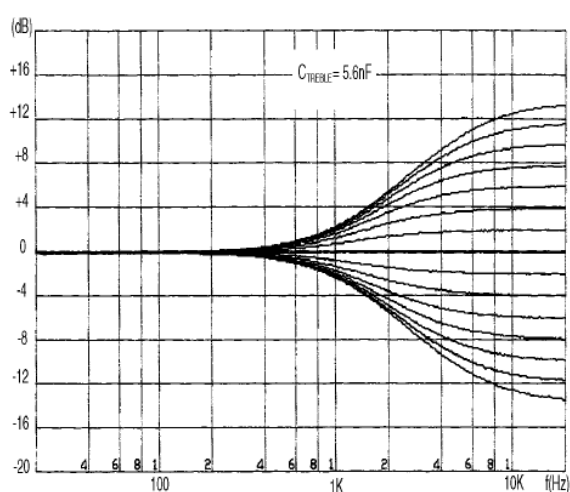


Рисунок 13 – Амплітудно-частотна характеристика ВЧ фільтра

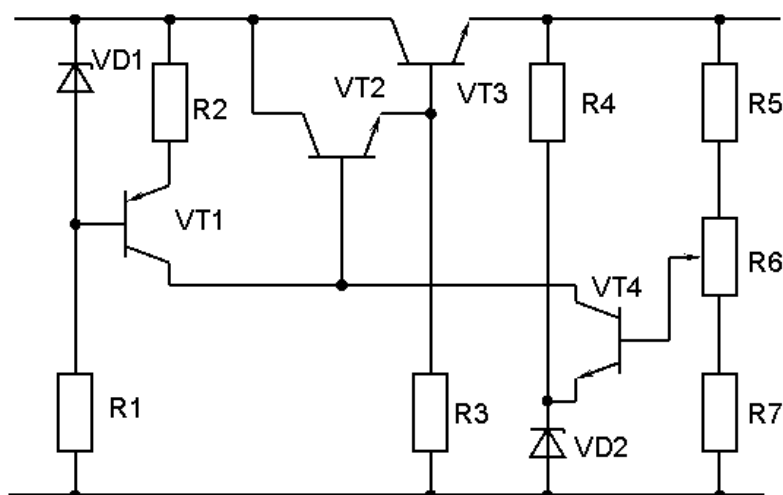


Рисунок 14 – Схема електрична принципова компенсаційного стабілізатора напруги послідовного типу

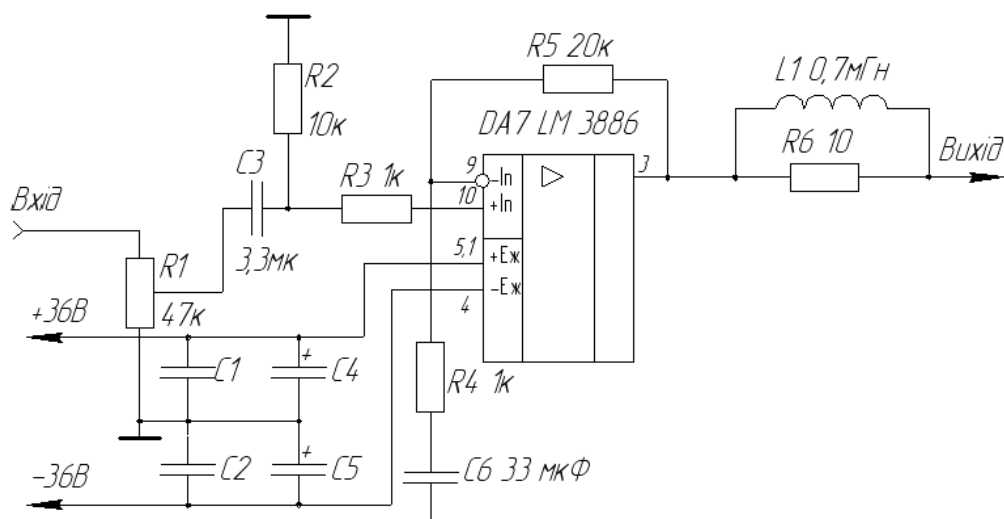


Рисунок 15 – Схема електрична принципова каналного підсилювача

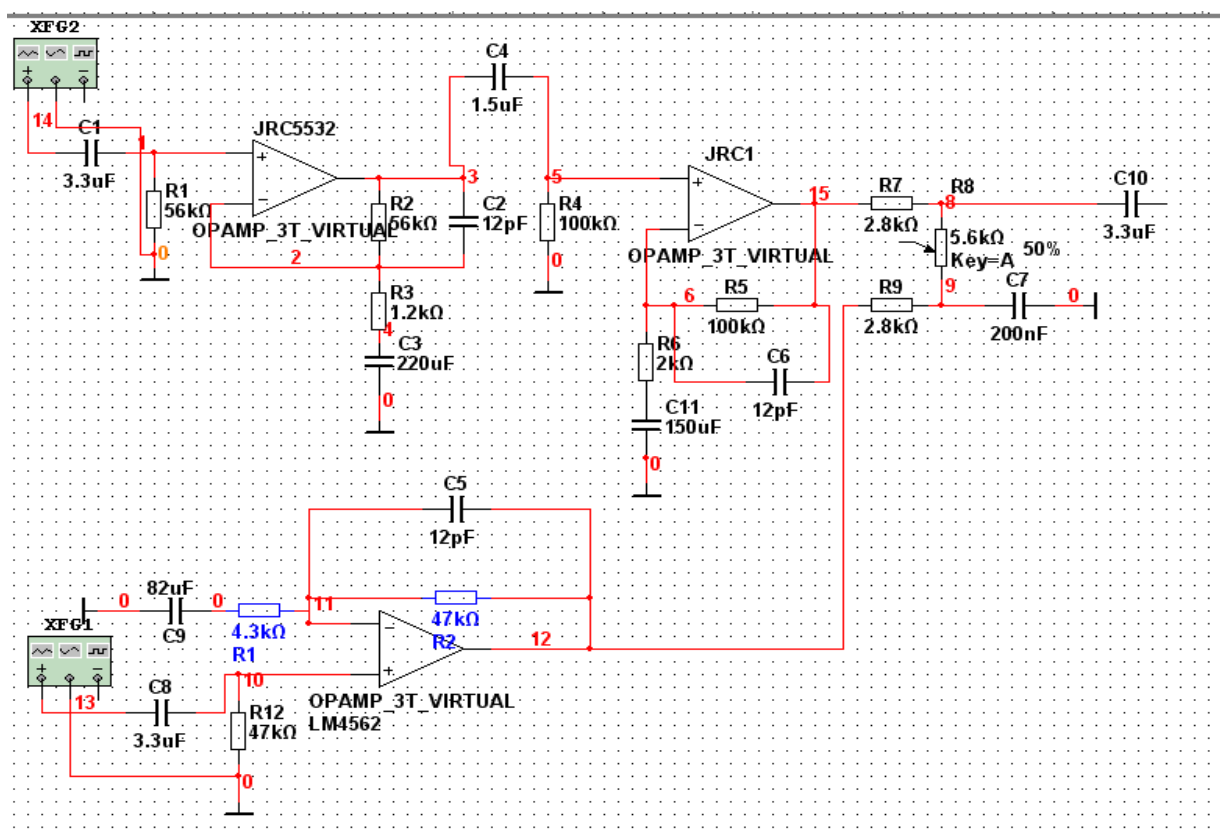


Рисунок 16– Електрична принципова схема віртуальної моделі підсилювача

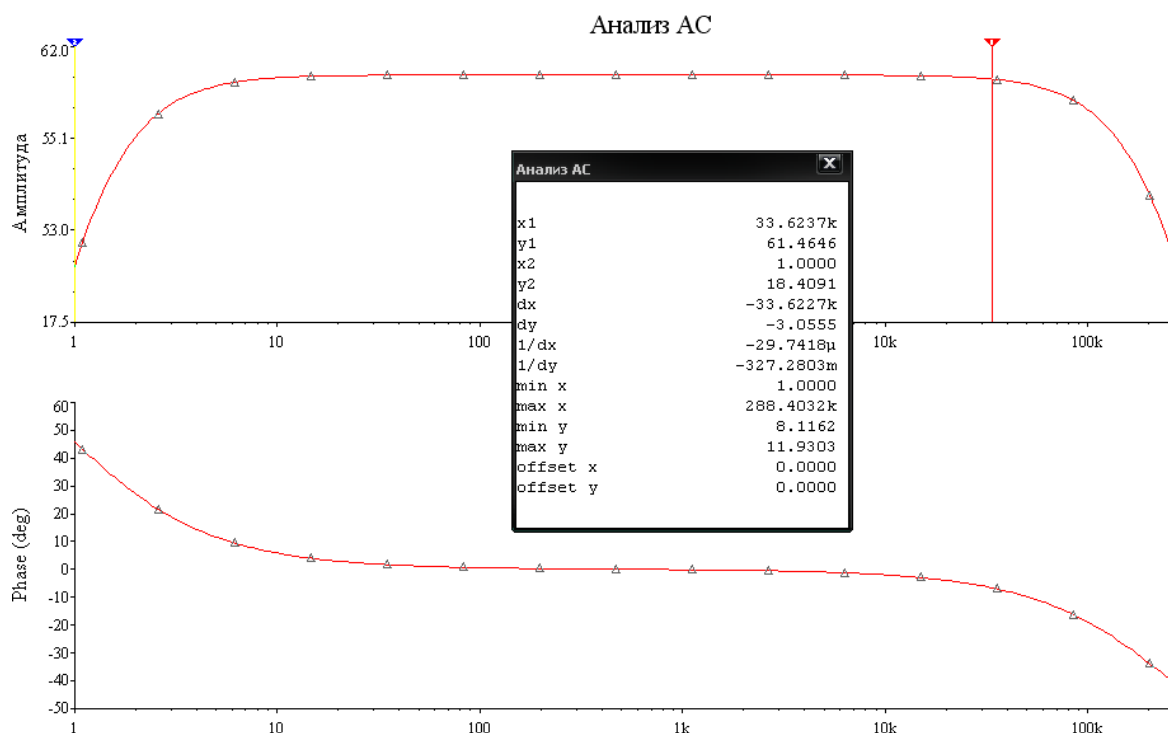


Рисунок 17 – АЧХ та ФЧХ підсилювача при подачі на вхід 1 мВ

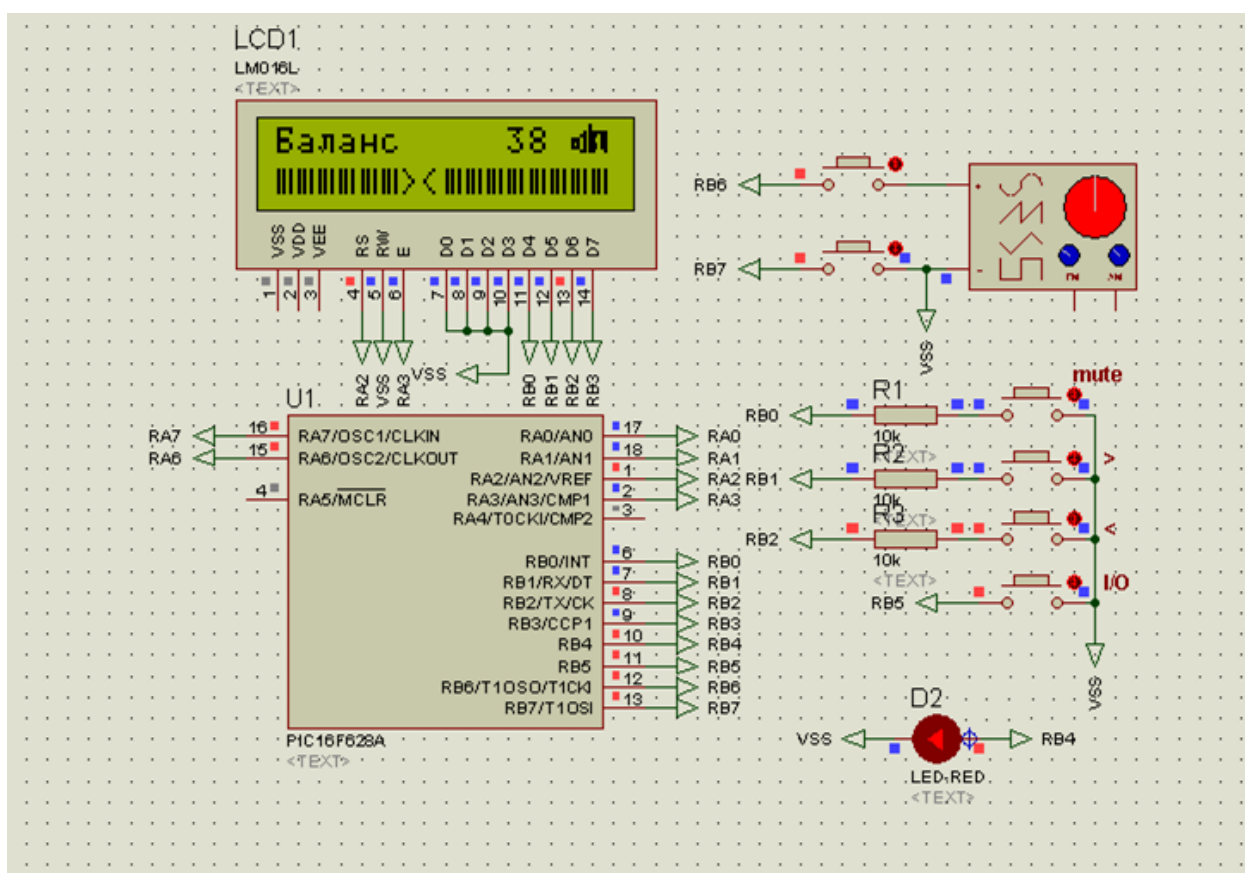


Рисунок 18 – Результат роботи віртуальної моделі блоку керування та індикації на мікроконтролері PIC16F628A

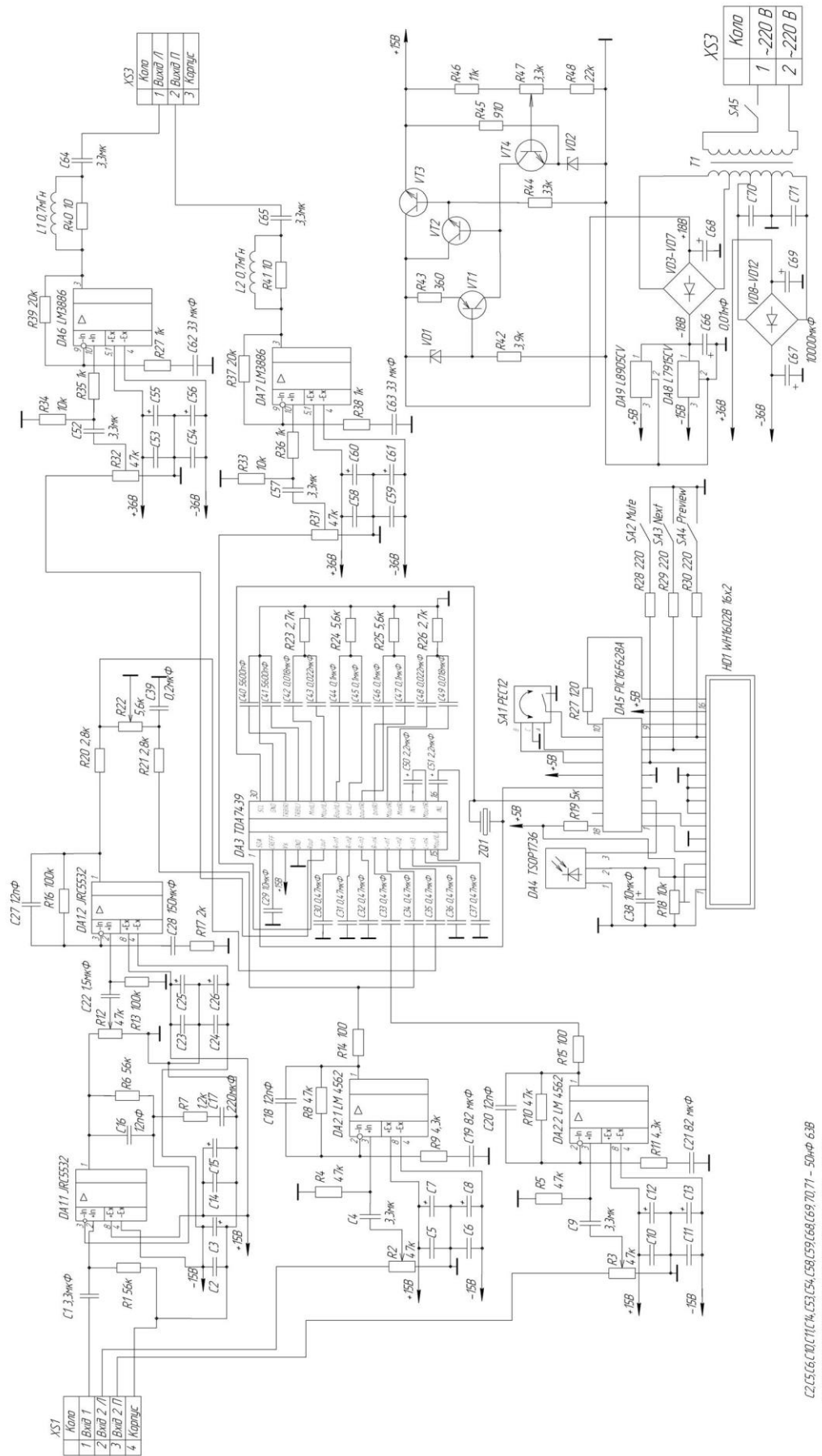


Рисунок 19 – Схема електрична принципова пристрою

Додаток Б
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**ВИСОКОЯКІСНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ З
ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Високоякісний підсилювач звукової частоти з дистанційним керуванням»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ІРТС
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 21.66%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Воловик А.Ю. – д.т.н., доцент каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

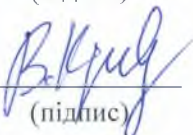
Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Семенов А.О.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Семенов А.О. – д.т.н., професор каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Кравчук В.С.
(прізвище, ініціали)