

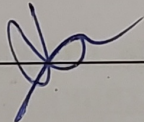
Вінницький національний технічний університет
Факультет менеджменту та інформаційної безпеки
Кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем

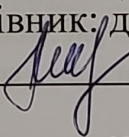
БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів
для дослідження акустичних каналів витоку інформації

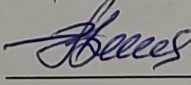
Виконав: студент 4 курсу, гр. КІТС-206
спеціальності 125– Кібербезпека
Освітня програма – Кібербезпека
інформаційних технологій та систем
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)


Рудь В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.ф., доц., доцент каф. МБІС

Салієва О.В.
(прізвище та ініціали)

« 6 » серпня 2024 р.

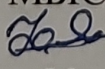
Рецензент: к.т.н., доцент каф. ОТ

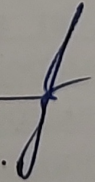

Войцеховська О.В.
(прізвище та ініціали)

« 6 » серпня 2024 р.

Допущено до захисту

Голова секції УБ кафедри МБІС

д.т.н., проф. Яремчук Ю.Є. 

« 6 » серпня 2024 р. 

Вінницький національний технічний університет
Факультет менеджменту та інформаційної безпеки
Кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем

Рівень вищої освіти 1-й (бакалаврський)

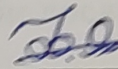
Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 125 – Кібербезпека

Освітньо-професійна програма - Кібербезпека інформаційних технологій та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова секції УБ, кафедра МБІС



д.т.н., проф. Яремчук Ю.Є.

«22» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу студенту

Рудю Владиславу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: «Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів для дослідження акустичних каналів витоку інформації»

Керівник роботи д.ф., доц. каф. МБІС Салієва Ольга Володимирівна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» березня 2024 року №66

2. Термін подання студентом роботи за тиждень до захисту.

3. Вихідні дані до роботи:

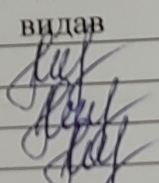
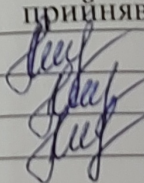
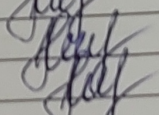
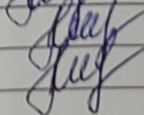
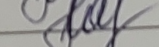
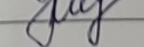
Метою роботи є здійснення розробки лабораторного генератора шумових сигналів для вирішення питань оцінювання захищеності та дослідження акустичних каналів витоку інформації.

4. Зміст текстової частини:

В першому розділі дипломної роботи здійснюється аналіз понять акустичних каналів витоку інформації, способів та методів досліджень даних каналів витоку, а також існуючих засоби, за допомогою яких проводяться дослідження даних каналів витоку. В другому розділі проводиться робота по розробці загальної структурної схеми лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації. Здійснюється розробка алгоритму реверберації як однієї з функцій розроблюваного пристрою. У третьому розділі дипломної роботи на основі обраного програмного середовища розробленої структурної схеми і алгоритму реверберації здійснюється програмна реалізація віртуальної частини розроблюваного пристрою та здійснено його експериментальну перевірку. У висновках підбиваються усі результати проведеної роботи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Загальна структурна схема, Структурна схема віртуального генератора шумів, Електрична схема підсилювача, Алгоритм реверберації, Амплітудно-часові характеристики вхідного і вихідного сигналу підсилювача, Алгоритм ініціалізації мікрофонного сигналу, Алгоритм тестування роботи мікрофона, Блок фільтрів вхідного сигналу, Графічний код алгоритму цифрового ревербератора, Алгоритм генерування шумових сигналів, Алгоритм змішування сигналів, Алгоритм скидання зображень графіків в початковий стан, Структурна схема експериментального дослідження, Графік рівнів сигналів різного типу, Графік рівнів шумів сигналів різного типу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ I	Салієва О. В., д.ф., доц. каф. МБІС		
Розділ II	Салієва О. В., д.ф., доц. каф. МБІС		
Розділ III	Салієва О. В., д.ф., доц. каф. МБІС		

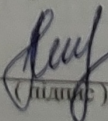
7. Дата видачі завдання 22 березня 2024 р.

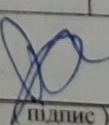
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Визначення напрямку бакалаврської роботи, формулювання теми	22.03.2024	27.03.2024	
2	Аналіз предметної області обраної теми	28.03.2024	13.04.2024	
3	Розробка структури, алгоритму.	14.04.2024	04.05.2024	
4	Написання бакалаврської роботи на основі розробленої теми	08.05.2024	27.05.2024	
5	Передзахист бакалаврської дипломної роботи	30.05.2024	10.06.2024	
6	Виправлення, уточнення, корегування бакалаврської дипломної роботи	12.06.2024	17.06.2024	
7	Захист бакалаврської дипломної роботи	20.06.2024	21.06.2024	

Керівник роботи

Студент


(підпис)


(підпис)

Рудь В.В.
(прізвище та ініціали)

Салієва О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній бакалаврській дипломній роботі представлено розробку лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів для дослідження акустичних каналів витоку інформації.

В роботі було проведено аналіз предметної області, розглянуто питання виникнення, поширення та особливостей акустичного сигналу, розглянуто основні принципи та особливості досліджень акустичних каналів витоку інформації, а також методи та засоби досліджень. Розроблено структурну схему лабораторного генератора. Розроблено алгоритм реверберації для реалізації в якості складової частини генератора. Також було реалізовано програму віртуальної частини генератора шумових сигналів яка дозволяє приймати, обробляти, генерувати та відтворювати акустичні і шумові сигнали.

Робота виконувалась в програмному середовищі LabView 2019.

Ключові слова: технічний захист інформації, акустичні канали витоку інформації, акустичний сигнал, шум, реверберація, віртуальні пристрої.

ABSTRACT

This bachelor's thesis presents the development of a laboratory hardware-virtual noise signal generator for studying acoustic information leakage channels.

The work includes an analysis of the subject area, examines the issues of occurrence, propagation, and characteristics of acoustic signals, and reviews the main principles and features of research on acoustic information leakage channels, as well as the methods and tools for such research. A structural diagram of the laboratory generator was developed. An algorithm for reverberation was created for implementation as a component of the generator. Additionally, a program for the virtual part of the noise signal generator was implemented, which allows receiving, processing, generating, and reproducing acoustic and noise signals.

The work was carried out in the LabView 2019 software environment.

Keywords: technical information protection, acoustic information leakage channels, acoustic signal, noise, reverberation, virtual devices.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АКУСТИЧНИХ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ, СПОСОБІВ, МЕТОДІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ	13
1.1 Поняття акустичних каналів витоку інформації	13
1.2 Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації	18
1.3 Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації	30
1.4 Висновки та постановка задачі	39
2 РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО АПАРАТНО-ВІРТУАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ШУМОВИХ СИГНАЛІВ.....	43
2.1 Розробка структурної схеми пристрою	43
2.2 Розробка алгоритму реверберації	48
2.3 Вибір типів фільтрів та параметрів	51
2.4 Розробка підсилювача потужності вихідних сигналів	53
2.5 Висновки до розділу 2	58
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ.....	60
3.1 Вибір програмного середовища реалізації	60
3.2 Реалізація програмної частини віртуального генератора шумових сигналів	63
3.3 Перевірка роботи лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів в умовах проведення експериментального дослідження ..	75
3.4 Висновки до розділу 3	83
ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	86
Додаток А. Технічне завдання.....	93
Додаток Б. Протокол перевірки на антиплагіат.....	97
Додаток В. Технічні характеристики мікросхеми LM358.....	97
Додаток Г. Технічні характеристики транзисторів BC327 та BC338	99
Додаток Д. Конструкція звукопоглинальної екранованої камери	101
Додаток Е. Вигляд установки для дослідження	102

ВСТУП

Актуальність. У наш час усі галузі активності людини пов'язані з інформацією. Якись з них більше, якись менше. Проте, незалежно від цього, інформація стала неодмінною частиною нашого існування і вважається одним з найцінніших ресурсів.

З розвитком суспільства спостерігається стрімке збільшення обсягів інформаційних ресурсів з року в рік. Це призводить до необхідності їх збереження, обробки та захисту.

Інформація може мати різні форми та носії, і, відповідно, існує в безлічі фізичних середовищ. Тому важливо вивчати ці середовища, їх поширення, поведінку та взаємодію з різними носіями інформації та іншими явищами.

Окрім цифрової інформації, яка на сьогоднішній день є найпоширенішою, особливо цікавою є мовна інформація. Вона передається за допомогою акустичного сигналу, що містить у собі особистісні, поведінкові та смислові компоненти. Особливо важливою з точки зору захисту є смислова складова мовної інформації.

У сучасному суспільстві будь-яка комерційна або некомерційна діяльність супроводжується проведенням конфіденційних переговорів. Первинним способом передачі мовної інформації є акустичні коливання повітряного середовища, що створюються мовним апаратом учасників переговорів. Вторинними способами стають вібраційні, магнітні, електричні та електромагнітні коливання у різних частотних діапазонах, які можуть призводити до витоку конфіденційної інформації за межі переговорного простору. Запобігання такому витоку здійснюється комплексно, за допомогою різноманітних заходів, включаючи використання технічних засобів та проведення відповідних досліджень.

Канали витоку акустичної (мовної) інформації можуть бути класифіковані як повітряні (прямі), вібраційні, електроакустичні, параметричні тощо.

Дослідження відіграють ключову роль у вивченні явищ, впливів та проблем у різних сферах діяльності, включаючи технічний захист інформації. За останній час, з різким зростанням інформаційних ресурсів і збільшенням інтересу до захисту даних, виникла потреба у підготовці кваліфікованих фахівців та проведенні спеціальних досліджень у цій галузі. Для цього необхідні відповідні інструменти та засоби, які допомагали б у проведенні досліджень і навчанні фахівців.

З огляду на це, актуальними є дослідження та розробки, спрямовані на вивчення захищеності акустичних каналів передачі інформації, вибір об'єктивних методів протидії та демонстрація процесів, які б дозволяли наглядно аналізувати витік інформації через акустичні канали.

Для проведення таких досліджень необхідна спеціалізована апаратура, яка забезпечувала б швидке та точне вивчення процесів витоку інформації, а також отримання якісних та кількісних даних щодо захищеності інформації. Проте, існує проблема доступності такої апаратури, особливо для використання в освітньому процесі.

У цифрову епоху, де автоматизація стає нормою, з'являються нові інструменти та підходи до вирішення класичних проблем. Використання цих інструментів може сприяти створенню нових підходів та удосконаленню існуючих, зокрема щодо захисту інформації, використовуючи потенціал, яким на сьогодні володіють комп'ютери.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка лабораторного генератора шуму який можна було б використовувати при різнобічних дослідженнях акустичних каналів витоку інформації. Особлива увага зосереджена на тому, щоб генератор був доступним, гнучким у налаштуваннях, масштабованим та використовував сучасні методи побудови, а також повністю використовував можливості сучасних обчислювальних систем та програмного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- проаналізувати особливості акустичних каналів витоку інформації;

- проаналізувати способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації;
- проаналізувати сучасні засоби які можуть бути використані при проведенні досліджень;
- розробити структурну схему лабораторного генератора шумових сигналів;
- вибрати основні компоненти та алгоритми;
- розробити основний алгоритм роботи розроблюваного пристрою;
- обрати програмне середовище для розробки;
- реалізувати обрані та розроблені алгоритми;
- реалізувати основну програму генератора шуму.

Об'єктом дослідження є процеси спричинені акустичними сигналами різного типу, що, в свою чергу, впливають на оцінювання впливу на витік інформації.

Предметом дослідження є акустичні сигнали які становлять потенціальний вплив на захищеність інформації яка циркулює на об'єктах інформаційної діяльності.

Новизна роботи полягає у використанні нових підходів в забезпеченні досліджень оцінювання захищеності інформації на об'єктах інформаційної діяльності.

Практична цінність роботи полягає в можливості використання в навчальному процесі для підготовки кваліфікованих кадрів з технічного захисту інформації.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АКУСТИЧНИХ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ, СПОСОБІВ, МЕТОДІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

В першому розділі здійснено аналіз понять акустичних каналів витоку інформації, способів та методів досліджень даних каналів витоку, а також проаналізовано існуючі засоби, за допомогою яких проводяться дослідження даних каналів витоку.

1.1 Поняття акустичних каналів витоку інформації

Звукові сигнали, або акустичні сигнали, представляють собою коливання в повітрі, що поширюються у вигляді звукових хвиль. Вони є важливим засобом комунікації в природі та для людей [1].

Існують різні типи акустичних сигналів залежно від їхнього джерела та властивостей. Основні класифікації включають такі типи:

- мовлення. Найбільш поширений тип акустичних сигналів, що виникають в результаті вираження думок та інформації людьми або іншими живими організмами;
- шуми представляють собою випадкові коливання повітря, які можуть бути спричинені різноманітними джерелами, такими як вітряні потоки, машини, підземні рухи тощо;
- сигнали специфічних природних явищ. До цієї категорії належать звуки, що виникають внаслідок природних явищ, таких як грім, виверження вулканів, водоспади і т. д.;
- акустичні сигнали від технічних пристроїв. Це звуки, що виникають від різноманітних технічних пристроїв, таких як комп'ютери, мікрофони, динаміки, радіо, телефони тощо [2-3].

Мовлення, як тип акустичного сигналу, є одним з основних способів комунікації людей та інших живих організмів. В контексті технічного захисту інформації, мовлення може бути як об'єктом захисту, так і потенційним джерелом загрози безпеці.

Мовний сигнал може містити конфіденційну інформацію, яка повинна захищатися від несанкціонованого доступу. Наприклад, обмеження доступу до конфіденційних обговорень або захист персональних даних, які містяться у мовленні [4].

З точки зору виявлення загроз, мовлення може бути використане для виявлення загроз безпеці. Наприклад, аналіз мовних сигналів дає можливість виявляти ознаки маніпуляції або соціального інжинірингу.

Сучасний розвиток технологій і швидкі темпи росту інформаційного поля потребує постійної уваги до розробки технологій та методів для захисту від акустичних атак, таких як перехоплення звуку або прослуховування конфіденційних розмов.

Обробка інформації у будь-якому вигляді автоматично передбачає той факт, що даний процес відбувається в певному визначеному місці та при певних обставинах. На сьогоднішній день, не частим є той випадок, коли для учасників процесу роботи з інформацією є бажаним те, щоб інформація не мала вихід за межі кола визначених осіб. Таким чином, для цього формується об'єкт інформатизації, де визначене коло осіб має доступ до тієї чи іншої інформації. Під поняттям об'єкту інформатизації мається на увазі певне визначене приміщення де інформація обробляється, циркулює, озвучується тощо. Потенційно завжди існує загроза витоку інформації. Однією з основних небезпек для конфіденційності інформації, що обговорюється на об'єктах інформаційної діяльності або обробляється технічними засобами, включаючи інформаційні (автоматизовані), телекомунікаційні, та інформаційно-телекомунікаційні системи, є можливість витоку інформації через технічні канали.

Витік інформації - це процес неконтрольованого поширення конфіденційних даних, що може призвести до їх несанкціонованого отримання. Витік інформації відбувається через відповідний канал, який часто є технічним, оскільки засоби розвідки противника зазвичай ґрунтуються на технічних пристроях. Такі канали також відомі як технічні канали витоку.

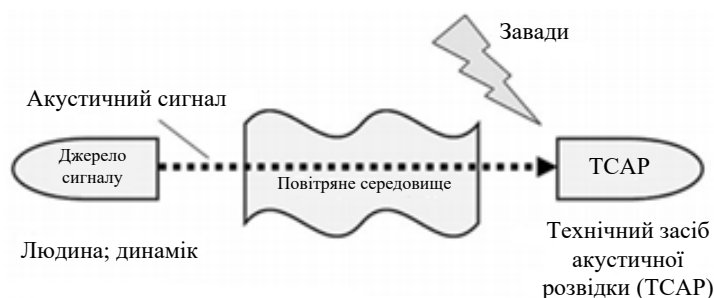


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення поняття технічного каналу витоку інформації

Поняття технічних каналів витоку інформації є доволі обширним, оскільки є велика кількість факторів, що впливають на безпеку інформації. Тому, для встановлення вимог та організації захисту інформації від витоку технічними каналами здійснена їх класифікація. Зокрема відокремлені типи технічних каналів витоку за такими ознаками:

- за видом інформаційної діяльності на об'єктах інформатизації;
- за принципом (фізичним ефектом, процесом) формування небезпечного сигналу (носія інформації);
- за середовищем поширення небезпечного сигналу;
- за способом перехоплення (зняття) небезпечного сигналу засобами технічної розвідки противника.

За видом інформаційної діяльності на ОІД відокремлюються такі типи ТКВІ:

- технічні канали витоку мовної інформації;
- технічні канали витоку інформації, що обробляється в ОТЗС;
- технічні канали витоку візуальної інформації;
- матеріально-речовинні канали витоку інформації.

Класифікацію за принципом (фізичним ефектом, процесом) формування небезпечного сигналу, середовищем поширення небезпечного сигналу та

способом перехоплення (зняття) небезпечного сигналу засобами технічної розвідки противника розглядається у межах визначених вище типів [5-7].

Оскільки тематика даної бакалаврської роботи орієнтована на технічні канали витоку акустичної (мовної) інформації, тому акцентуватимемо подальший розгляд згідно цього класифікатора.

Технічні канали витоку мовної інформації за цими ознаками поділяються на такі:

- акустичні канали;
- акустовібраційні (віброакустичні) канали;
- акустооптоелектронні (лазерні акустичні) канали;
- акустоелектричні канали;
- відеоакустичні канали;
- канали ВЧ нав'язування (для зняття мовної інформації);
- канали витоку мовної інформації на основі закладних пристроїв.

Акустичні канали витоку інформації є одним із видів каналів зв'язку, які можуть використовуватися для несанкціонованої передачі конфіденційної інформації через акустичні сигнали, які можуть бути сприйняті та інтерпретовані зловмисниками. Ці канали можуть бути використані для викрадення інформації, що передається, або для атак на системи зв'язку. Розуміння їх сутності та класифікації має важливе значення для розробки ефективних методів захисту інформації та запобігання витоку конфіденційної інформації цим каналом [8].

Акустичні канали витоку інформації можуть поділятися на:

- акустичні канали перехоплення звуку (Acoustic Eavesdropping Channels). Ці канали виникають при несанкціонованому прослуховуванні або записі акустичних сигналів, що передають конфіденційну інформацію. Приклад: професійні пристрої для прослуховування, програми для запису аудіо на пристроях [9];

- акустичні канали відтворення звуку (Acoustic Reproduction Channels). Такі канали використовуються для відтворення сигналів, які були записані раніше, або відтворення акустичних сигналів, що були перехоплені, з метою

отримання конфіденційної інформації. Приклад: відтворення записаних розмов або інших звуків для аналізу [10];

- акустичні канали модуляції звуку (Acoustic Modulation Channels). Це канали, що використовуються для модуляції акустичних сигналів для передачі конфіденційної інформації. Приклад: зміна інтенсивності або частоти звуку для кодування інформації [11];

- акустичні канали бічного каналу (Acoustic Side Channels). Дані канали виникають внаслідок непередбачених акустичних ефектів, які можуть бути використані для витоку конфіденційної інформації. Приклад: звукові ефекти, що виникають під час роботи пристроїв і можуть містити конфіденційну інформацію [12].

Розглянемо особливості акустичних каналів витоку інформації:

- акустичні канали можуть бути менш очевидними, ніж інші канали витоку інформації, такі як електромагнітні або оптичні канали. Це може робити їх менш вразливими для виявлення;

- акустичні сигнали можуть передаватися на значні відстані, що робить акустичні канали витоку інформації привабливими для атак, здійснюваних здалеку;

- акустичні сигнали є загальним явищем в нашому повсякденному оточенні, що робить їх важкими до виявлення та захисту;

- звуки можуть проникати через багато матеріалів та перешкод, що робить акустичні канали витоку інформації відносно ефективними.

Таким чином, визначення природи акустичних сигналів, ролі в інформаційному просторі, загрози при цьому можуть виникати та проаналізувавши класифікацію цих загроз, дозволяє систематизувати уявлення про даний напрямок, а також в подальшому не тільки встановлювати вимоги і заходи щодо захисту інформації, а й провадити дослідження в даному напрямку.

1.2 Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

Дослідження акустичних каналів витоку інформації є важливим напрямком у сфері технічного захисту інформації. Вони включають в себе аналіз різних аспектів акустичних сигналів та їх потенційних загроз безпеці інформації. Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації:

- спектральний аналіз;
- часовий аналіз;
- спектральний аналіз шуму;

Розглянемо більш детально кожен з них.

Спектральний аналіз є методом аналізу акустичних сигналів, що базується на розкладанні звукового сигналу на компоненти за їхніми частотами. В основі спектрального аналізу лежить принцип, що будь-який складний сигнал можна представити як суму простих сигналів з різними частотами, амплітудами та фазами [13].

Основні поняття, що лежать в основі спектрального аналізу, включають:

1. Частота - кількість циклів зміни сигналу протягом однієї секунди. Вимірюється в герцах (Гц).
2. Амплітуда. Визначає величину зміни сигналу і вимірюється у вольтах (В) або в децибелах (дБ).
3. Фаза. Визначає зсув сигналу в часі відносно початку координат. Вимірюється у градусах або радіанах.

Спектральний аналіз дозволяє отримати інформацію про частотний склад сигналу та ідентифікувати частоти, що присутні у звуковому сигналі. Для цього використовуються різні методи, такі як дискретне перетворення Фур'є (DFT), швидке перетворення Фур'є (FFT), вейвлет-аналіз та інші.

Дискретне перетворення Фур'є (DFT) та швидке дискретне перетворення Фур'є (FFT) є математичними методами, що використовуються для аналізу часових сигналів у частотному домені. На сьогоднішній день, DFT та FFT - це

потужні інструменти для аналізу та обробки сигналів у різних галузях, і вони широко застосовуються у сучасних технологіях.

Дискретне перетворення Фур'є (DFT) - це математичний алгоритм, який знаходить взаємозв'язок між часовою доменною та частотною доменами сигналу. Він перетворює послідовність дискретних вхідних значень у послідовність комплексних частотних складових. DFT може бути використаний для аналізу частотного спектру акустичних сигналів та визначення наявності певних частотних компонентів [14].

Швидке дискретне перетворення Фур'є (FFT) є ефективнішою версією DFT, яка значно прискорює обчислення частотного спектру сигналу. Він використовується для реалізації DFT з використанням ефективних алгоритмів, що дозволяють обробляти великі обсяги даних швидше. FFT широко застосовується у сфері обробки сигналів, включаючи аналіз акустичних сигналів у дослідженні акустичних каналів витоку інформації [15].

Використання DFT та FFT в дослідженні акустичних каналів витоку інформації:

- 1) Аналіз частотного спектру аудіосигналів. За допомогою DFT або FFT можна дослідити частотний склад аудіосигналів, що дозволяє виявити непередбачені чи аномальні частотні компоненти, що можуть вказувати на наявність прихованої інформації [16].

- 2) Виявлення шуму або прихованих сигналів. Застосування FFT дозволяє виявити шум або приховані сигнали в аудіоданих, що можуть бути використані для передачі конфіденційної інформації.

- 3) Реалізація фільтрів для обробки сигналів. FFT використовується для реалізації різних фільтрів, які дозволяють відфільтровувати або підсилювати певні частоти в аудіосигналах, що може бути корисним для виявлення аномальних звуків або шумів [17].

- 4) Аналіз спектральних характеристик. DFT та FFT дозволяють аналізувати спектральні характеристики акустичних сигналів, такі як піки частот,

амплітуди та ширини спектральних компонентів, що допомагає виявляти аномалії чи відхилення від звичайного спектру сигналу.

Якщо говорити про DFT та FFT з точки зору інструментів, то вони являються вагомими для дослідження акустичних каналів витоку інформації, оскільки вони дозволяють аналізувати та розуміти частотний склад аудіосигналів та виявляти можливі загрози безпеці.

Для виконання аналізу частотного складу аудіосигналів за допомогою DFT та FFT потрібне відповідне програмне забезпечення або бібліотеки, які забезпечують можливість обчислення перетворень Фур'є. Найпоширенішими мовами програмування для виконання аналізу аудіоданих є Python та MATLAB.

У Python для виконання аналізу аудіосигналів та обчислення DFT або FFT можна використовувати такі бібліотеки, як NumPy або SciPy. Ці бібліотеки надають функції для обчислення перетворень Фур'є, які можна легко використовувати для аналізу аудіоданих [18].

У MATLAB також існує вбудована функція «fft», яка дозволяє виконувати швидко дискретне перетворення Фур'є. MATLAB також надає різноманітні інструменти для візуалізації та аналізу спектральних характеристик аудіосигналів [19].

Крім цього, існують спеціалізовані програми для аналізу аудіоданих, такі як Audacity, Adobe Audition, або різноманітні аудіоредактори, які можуть надавати можливості для обчислення та відображення спектральних характеристик сигналів [20].

Як бачимо з описаного вище, для виконання аналізу частотного складу аудіосигналів можна використовувати різноманітні програмні інструменти та бібліотеки залежно від потреб та можливостей у програмуванні.

Загалом, спектральний аналіз важливий для дослідження акустичних каналів витоку інформації, оскільки дозволяє виявляти аномальні частотні компоненти, які можуть бути пов'язані з несанкціонованим передаванням конфіденційної інформації. Наприклад, за допомогою спектрального аналізу можна виявити наявність шумів, вбудованих в акустичний сигнал для

прихованого передавання інформації, або виявити наявність певних частот, що відповідають зашифрованій інформації [21].

Вивченню питань спектрального аналізу та його застосувань в дослідженні акустичних каналів витоку інформації можна присвячено велика кількість наукових статей та книг.

Часовий аналіз є одним з основних методів аналізу акустичних сигналів, який дозволяє вивчати їхній часовий характер, динаміку та інші характеристики відносно часу. На відміну від спектрального аналізу, який розглядає частотні характеристики сигналу, часовий аналіз дозволяє дослідити, як сигнал змінюється в часі [22-24].

Основні складові часового аналізу:

1) Часова домена. Це просторова область, в якій сигнал відображається як функція часу. У часовій домені сигнал представляється графіком амплітуди (або інтенсивності) сигналу в залежності від часу.

2) Часові функції. Функції, які відображають зміни сигналу протягом часу. Часові функції можуть бути аналітичними (наприклад, синусоїдальні хвилі) або записаними як послідовність вимірів відбитого сигналу.

3) Часові параметри. Числові характеристики сигналу, які вказують на його зміни в часі. Наприклад, час початку та завершення події, тривалість події, частота зміни сигналу тощо.

Застосування часового аналізу:

1) Виявлення динаміки сигналу. Часовий аналіз дозволяє виявити динаміку змін акустичного сигналу протягом певного періоду часу. Наприклад, можна вивчати зміни амплітуди аудіосигналу у часі.

2) Виявлення аномалій. Аналіз змін амплітуди чи інших характеристик сигналу у часі може допомогти виявити аномальні події чи несподівані варіації, що можуть бути пов'язані з витоком інформації або іншими проблемами безпеки.

3) Визначення тривалості подій. Часовий аналіз дозволяє визначити тривалість певних подій чи феноменів у звуковому сигналі. Наприклад, можна визначити тривалість певного голосового висловлювання.

4) Фільтрація сигналу. Часовий аналіз може бути використаний для виявлення і видалення шумів або несуттєвих компонентів сигналу в певних часових діапазонах.

Методи часового аналізу:

1) Графіки часової залежності. Візуалізація змін амплітуди сигналу у часі у вигляді графіка.

2) Розрахунок статистичних показників. Вимірювання та аналіз статистичних параметрів сигналу в різних часових інтервалах, таких як середнє значення, дисперсія, медіана тощо.

3) Кореляційний аналіз. Визначення ступеня взаємозв'язку між двома або більше сигналами у різні моменти часу.

Часовий аналіз акустичних сигналів в дослідженнях акустичних каналів витоку інформації може бути здійснений за допомогою різноманітних інструментів та методів. Серед них:

1) Аналізатори спектра.

2) Аудіоредактори. Деякі аудіоредактори, такі як Audacity, Adobe Audition, Reaper, мають інструменти для часового аналізу аудіосигналів. Вони дозволяють відтворювати аудіоматеріал, візуалізувати графіки змін амплітуди у залежності від часу, вимірювати тривалість подій та виявляти аномалії у сигналі.

3) Програми для цифрового оброблення сигналів (DSP).

4) Методи машинного навчання. У деяких випадках для автоматизованого аналізу аудіосигналів та виявлення аномалій можуть бути використані методи машинного навчання. Зазвичай для цього спочатку потрібно підготувати набір даних, в якому буде вказано, які сигнали є нормальними, а які - аномальними. Потім можна використовувати алгоритми машинного навчання, такі як класифікатори або нейронні мережі, для автоматичного аналізу та класифікації аудіосигналів.

Як бачимо, вище зазначені інструменти та методи, схожі до тих які використовуються при спектральному, та дозволяють дослідникам аналізувати аудіосигнали у часовій області та виявляти різноманітні характеристики, такі як

час початку та завершення подій, тривалість подій, динаміку змін сигналу та інші параметри, що також є важливим у виявленні потенційних загроз безпеці.

Спектральний аналіз шуму є важливим завданням у багатьох областях, включаючи акустичні дослідження, сенсорну електроніку, телекомунікації та обробку сигналів. Основні концепції, що лежать в основі спектрального аналізу шуму, включають [25-27]:

- характеристики шуму. Різні типи шуму мають різні характеристики у частотній області. Наприклад, білий шум має рівномірний спектр, а розовий шум має спадаючу амплітуду зі збільшенням частоти. Знання цих характеристик допомагає розрізняти різні типи шуму та ефективно їх аналізувати;
- спектральна щільність потужності (СЩП). Є функцією, яка визначає розподіл потужності шуму у частотній області. Спектральна щільність потужності відображає, яка частина енергії шуму зосереджена у різних частотних діапазонах. Аналізуючи СЩП, можна виявити характеристики шуму та його вплив на сигнал;
- перетворення Фур'є (FFT);
- статистичні метрики. Для охарактеризування шуму часто використовуються різні статистичні метрики, такі як середнє значення, дисперсія, кореляція та інші. Ці метрики можуть допомогти визначити особливості шуму та його вплив на сигнал;
- фільтрація та приглушення шуму. На основі спектрального аналізу можна розробляти методи фільтрації та приглушення шуму. Наприклад, можна використовувати фільтри нижньої або верхньої частоти для вилучення шумових складових сигналу;
- моделювання шуму. Часто шум моделюють як випадковий процес. Моделі шуму дозволяють прогнозувати його характеристики та ефективно аналізувати його вплив на систему.

Розуміння цих основних концепцій спектрального аналізу шуму допомагає в розробці ефективних методів аналізу, фільтрації та керування шумом у різних областях застосування.

Спектральний аналіз шуму в контексті досліджень акустичних каналів витоку інформації є важливим етапом для розуміння та виявлення потенційних загроз безпеці інформації. Оскільки акустичні сигнали можуть бути використані для передачі конфіденційної інформації, важливо мати можливість відрізнати корисний сигнал від шуму та інших небажаних джерел.

Основні аспекти спектрального аналізу шуму в дослідженнях акустичних каналів витоку інформації включають:

1) Ідентифікація шуму. Акустичні канали можуть бути піддані різноманітним джерелам шуму, таким як природні амб'єнтні звуки, електричні шуми, артефакти обладнання тощо. Спектральний аналіз дозволяє ідентифікувати ці джерела шуму та визначати їх характеристики у частотній області.

2) Аналіз спектральних характеристик шуму. Шум може мати свої характеристики у спектральній області, які можуть відрізнитися від характеристик корисного сигналу. Спектральний аналіз дозволяє виявити ці характеристики, такі як розподіл частот, величину потужності тощо.

3) Фільтрація шуму. Одним із методів боротьби з шумом є фільтрація, яка полягає в приглушенні небажаних компонентів сигналу. Спектральний аналіз допомагає визначити частотні характеристики шуму, що дозволяє розробити ефективні фільтри для їх видалення.

4) Виявлення відмінностей у спектрах. Спектральний аналіз може допомогти виявити відмінності між спектрами корисного сигналу та шуму. Це важливо для виявлення аномалій, які можуть бути пов'язані з витоком конфіденційної інформації через акустичний канал.

5) Моніторинг та виявлення загроз безпеці. Спектральний аналіз шуму може бути використаний для постійного моніторингу акустичних каналів з метою виявлення потенційних загроз безпеці та вчасної реакції на них.

Як бачимо, використання спектрального аналізу у контексті досліджень акустичних каналів витоку інформації дозволяє ефективно виявляти, аналізувати та вирішувати проблеми безпеки, пов'язані з акустичним середовищем.

При спектральному аналізі шуму в дослідженнях акустичних каналів витоку інформації використовуються різні інструменти та методи. Основні з них включають:

- спектральний аналізатор;
- акустичні камери;
- мікрофони;
- генератори шуму;

Акустичні камери використовуються для вимірювання звукового тиску у просторі. Вони можуть бути використані для аналізу шуму у певних точках приміщення або навколишнього середовища (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд акустичної звукової камери

Роль генераторів шуму полягає у створенні шумових сигналів різних типів, які можуть бути використані для аналізу акустичних каналів витоку інформації. Ці генератори дозволяють виконувати контрольовані експерименти та вивчати вплив шуму на акустичні сигнали та системи звукозапису. Шляхом додавання шуму до сигналів і аналізу отриманих результатів можна зрозуміти, як шум впливає на якість передачі інформації через акустичний канал [28].

Щодо типів шуму, які можуть використовуватися при спектральному аналізі, основні включають:

1. Білий шум. Має постійну щільність потужності у всьому частотному діапазоні.
2. Рожевий шум. Шум, який має щільність потужності, що зменшується на 3 дБ на октаву із збільшенням частоти.
3. Коричневий шум (шум Броуна). Тип шуму, який має щільність потужності, що зменшується на 6 дБ на октаву із збільшенням частоти.
4. Імпульсний шум. Включає в себе короточасні імпульси або сплески енергії на різних частотах [29].

Серед досліджень акустичних каналів витоку інформації з використанням спектрального аналізу шуму слід виділити напрямок який стосується такого явища як реверберація.

Реверберація, або відбиття звуку від поверхонь у приміщенні, може впливати на спектральний аналіз шуму. Реверберація створює луну (echo) та відбивання звуку, що може призводити до змін у спектральних характеристиках звукового сигналу. Наприклад, залежно від матеріалів та розмірів приміщення, реверберація може призводити до підсилення або заглушення певних частот у спектрі шуму [30].

Під час спектрального аналізу шуму в акустичних каналах витоку інформації, реверберація може бути важливим фактором, особливо якщо досліджується акустична апаратура, яка використовується у приміщеннях з високим рівнем реверберації, наприклад, конференц-зали або театри. В таких умовах враховують вплив реверберації на спектральні характеристики шуму та мають змогу вживати заходи для мінімізації цього впливу, застосовуючи акустичні матеріали для зменшення реверберації або коригуючи результати аналізу з урахуванням впливу реверберації [31].

Реверберація, в першу чергу, є наслідком відбиття звукових хвиль від поверхонь у приміщенні і не є прямим джерелом шуму. Однак реверберація може впливати на акустичне середовище, що в свою чергу може змінювати спектральний склад акустичного сигналу.

В контексті досліджень акустичних каналів витоку інформації, реверберація може впливати на розпізнавання акустичних сигналів і, таким чином, впливати на вимірювання або аналіз шуму. Наприклад, у приміщеннях з високим рівнем реверберації може збільшитися загальний рівень шуму, оскільки звукові хвилі будуть багаторазово відбиватися від стін і стелі, що призведе до підвищення рівня фонового шуму.

Таким чином, хоча реверберація не є прямим джерелом шуму, вона може впливати на спектральний склад акустичних сигналів у приміщенні та впливати на результати досліджень щодо шуму в акустичних каналах витоку інформації.

Одним з прикладів таких досліджень, де досліджується вплив реверберації на генерацію шуму, може стосуватися аналізу роботи акустичних пристроїв у закритих приміщеннях, таких як конференц-зали. У таких умовах реверберація може створювати ефект підвищення рівня шуму та впливати на якість звуку [32].

В таких дослідженні вимірюють рівень шуму в різних точках приміщення з різними характеристиками реверберації, такими як час затримки відбиття звуку та коефіцієнт абсорбції матеріалів, що використовуються у приміщенні. Після цього може проводитися спектральний аналіз отриманих даних шляхом вимірювання СЦП звуку в різних точках приміщення.

Таким чином, спектральний аналіз може бути використаний для вивчення впливу реверберації на генерацію шуму у закритих приміщеннях, що є важливим аспектом для оцінки якості звуку та роботи акустичних систем.

У дослідженнях впливу реверберації на генерацію шуму у закритих приміщеннях використовуються різні інструменти та обладнання для проведення вимірювань та аналізу. До них включають:

- звукові мікрофони;
- звукові аналізатори;
- акустичні камери;
- спектральні аналізатори;
- акустичні матеріали та обладнання.

Ці інструменти та обладнання використовуються для збирання даних про акустичне середовище у приміщенні та проведення аналізу впливу реверберації на генерацію шуму. Вони допомагають дослідникам отримати об'єктивні дані та визначити оптимальні стратегії для контролю шуму та покращення якості звуку у закритих приміщеннях.

У контексті захисту акустичної інформації, дослідження впливу реверберації на генерацію шуму може мати важливе значення. Враховуючи, що реверберація може впливати на спектральні характеристики звуку та робити його відновлення складнішим, ці дослідження можуть виявити особливості акустичного середовища, які можуть бути використані для витоку або перехоплення інформації.

Аспекти, які можуть бути досліджені з точки зору захисту акустичної інформації:

- дослідження можуть виявити конкретні області в приміщенні, де рівень реверберації високий, що може призводити до підвищення рівня шуму та погіршення конфіденційності акустичної інформації;
- дослідження можуть допомогти визначити, які частоти стають більш видимими або менш видимими через вплив реверберації. Це може бути важливим для аналізу можливостей атаки на акустичні системи;
- на основі досліджень можуть бути розроблені заходи для зменшення впливу реверберації на конфіденційність акустичної інформації. Це може включати використання акустичних матеріалів для зменшення реверберації або застосування технологій для компенсації впливу реверберації під час передачі або реєстрації акустичних сигналів;
- дослідження можуть допомогти в ідентифікації можливих методів атаки, які можуть використовувати реверберацію для витоку акустичної інформації. Може включати аналіз методів експлуатації акустичних характеристик приміщення для перехоплення або аналізу акустичної інформації.

Як бачимо, дослідження впливу реверберації на генерацію шуму можуть мати важливе значення для розробки та вдосконалення методів захисту акустичної інформації в умовах закритих приміщень.

Виходячи з проаналізованого вище, можна прослідкувати, що є певна подібність між спектральним аналізом та спектральним аналізом шуму. Спектральний аналіз шуму та спектральний аналіз акустичних сигналів можуть застосовуватися у дослідженнях акустичних каналів витоку інформації, але вони мають деякі відмінності у способі застосування та інтерпретації результатів.

У випадку спектрального аналізу шуму, шум є неприродним або випадковим сигналом, який може бути спричинений різними джерелами, такими як електроніка, механізми, транспорт тощо. Під час такого аналізу шуму аналізуються характеристики рівня шуму на різних частотах. Це допомагає визначити, які частоти присутні у шумі та їхній відносний внесок у загальний рівень шуму. Його метою є з'ясування характеристик шумового середовища та виявлення частот, які можуть бути використані для захисту або перехоплення інформації.

При спектральному аналізі шуму, акустичні сигнали є результатом звукових подій або процесів, таких як мовлення, музика, звуки природи тощо. Тут аналізуються характеристики частот та їхні зміни в часі. Це допомагає визначити, які частоти присутні в акустичному сигналі та як вони змінюються протягом часу. Метою спектрального аналізу акустичних сигналів може бути ідентифікація важливих акустичних подій, аналіз їхньої структури та визначення особливостей сигналу.

Якщо узагальнити, то відмінність між спектральним аналізом шуму та спектральним аналізом акустичних сигналів полягає у природі аналізованого сигналу та меті дослідження. В першому випадку досліджується рівень та характеристики шуму, в другому - властивості конкретного акустичного сигналу. Обидва типи аналізу можуть бути корисними у контексті досліджень акустичних каналів витоку інформації, але їхні підходи та цілі можуть відрізнятися.

1.3 Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації

Оскільки, тема даної бакалаврської дипломної роботи більше спиратиметься на дослідження акустичних каналів витоку з використанням лабораторного генератора шуму, то доцільним є те, щоб розробка здебільшого опиралась на аспекти методу спектрального аналізу шуму які були проаналізовані в п.1.2. В ході аналізу методу було встановлено взаємозв'язок з таким явищем як реверберація акустичного сигналу, та роль цього зв'язку в дослідженнях каналів витоку.

На сьогоднішній день, глобальний ринок може запропонувати широкий спектр як технічних так і програмних засобів, що задовольнятимуть потреби будь-якої сфери діяльності, не виключенням стає сфера технічного захисту інформації. Вибір того чи іншого засобу залежить від задачі яку необхідно вирішувати. Тому, для подальшої розробки доцільно розглянути рішення, які використовуються, або можуть бути використані для вирішення задач дослідження з використанням такої методики.

Для досліджень такого явища як реверберація необхідні ревербератори.

Ревербератор - це пристрій або програмне забезпечення, яке використовується для створення ефекту реверберації, тобто відтворення відбиття звуку від стін, підлоги, стелі та інших поверхонь у приміщенні. Цей ефект робить звук більш природнім та реалістичним, і використовується у музиці, кіноіндустрії, а також в аудіотестуванні і акустичних дослідженнях [33].

У дослідженнях акустичних каналів витоку інформації можна використовувати цифрові ревербератори, які дозволяють створювати різні умови для аналізу акустичних сигналів. Наприклад, реверберація може бути використана для вивчення впливу акустичного середовища на передачу звуку і виявлення можливих шляхів витоку інформації через акустичні канали.

Існує два типи ревербераторів:

1) Фізичні ревербератори. Вони використовують реальні акустичні системи, такі як камери реверберації, щоб створити ефект реверберації. Вони

включають металеві або бетонні камери, де звукові хвилі відбиваються від стін та інших поверхонь, щоб створити натуральний ефект реверберації.

2) Цифрові ревербератори. Базуються на обробці сигналів і використовують алгоритми для моделювання ефекту реверберації. Вони дозволяють налаштувати різні параметри реверберації, такі як розмір приміщення, тип поверхонь та інші характеристики.

Основні характеристики і параметри ревербераторів включають:

- затримка (Delay). Час, який затримується відбитий звук від моменту, коли він відійшов від джерела до моменту його отримання;
- час реверберації (Reverberation Time). Час, протягом якого акустичний сигнал затухає на 60 децибелів після припинення джерела звуку. Він визначає тривалість реверберації;
- просторова модель. Включає типи поверхонь та їх властивості, такі як рефлексія та поглинання звуку;
- розмір кімнати. Впливає на характеристики реверберації, такі як її інтенсивність та тривалість.

Цифрові ревербератори - це електронні пристрої, які використовуються для створення ефекту реверберації, тобто відтворення звукових відбиттів від стін та інших поверхонь в приміщенні. Ці пристрої зазвичай використовуються у звукозапису та акустичних застосуваннях для створення просторового звукового ефекту.

Окрім вищезазначених характеристик і параметрів, до цифрових ревербераторів додають такі як: тип реверберації; параметри звуку; модуляція.

Тип реверберації визначає характер звукових відбиттів, такі як камерна реверберація, платформа, зал, катакомби тощо. Кожен тип має свої унікальні властивості [34].

Параметри звуку включають в себе затримку, затухання, луну (echo), фільтри для керування спектральним складом реверберації тощо.

Деякі ревербератори можуть мати можливості модуляції, які дозволяють створювати більш складні звукові ефекти.

Існує безліч програмних ревербераторів, які можна використовувати у звукозаписних програмах, DAW (Digital Audio Workstations) та інших аудіо-редакторах. Найпоширенішими з яких є:

- ValhallaDSP. Компанія ValhallaDSP відома своїми високоякісними цифровими ефектами, у тому числі реверберацією. Продукти, такі як Valhalla VintageVerb, Valhalla Room і Valhalla Plate, є популярними серед аудіоінженерів та музикантів [35].
- FabFilter Pro-R. Це ще один високоякісний ревербератор, який пропонує широкий спектр режимів і параметрів для налаштування звуку реверберації [36].
- Native Instruments RC24/RC48. Ці плагіни моделюють класичні ревербератори Lexicon, які широко використовуються у студійному звукозаписі [37].

Фізичні цифрові ревербератори - це самостійні пристрої, що зазвичай використовуються у студійному звукозаписі та живих виступах для створення просторового звукового ефекту реверберації. Вони мають вбудовані процесори та алгоритми, які моделюють реверберацію на основі вхідного аудіосигналу. Серед таких, можна виділити наступні:

- TC Electronic M3000;
- Lexicon PCM96;
- Eventide H8000FW;
- Yamaha SPX2000;

Розглянемо кожен з них більш детально.

Процесор ефектів TC Electronic M3000 (рис. 1.3) має широкий набір вбудованих ефектів та параметрів налаштування, що робить його популярним в професійній роботі зі звуком [38].



Рисунок 1.3 - Процесор ефектів TC Electronic M3000

Основні характеристики:

- час реверберації: до 8 секунд;
- просторові моделі: 15 різних моделей реверберації;
- вхід / вихід: Балансові XLR та TRS;
- роздільна здатність / динамічний діапазон: 24 біти / 128 дБ;
- частотний діапазон: 20 Гц - 20 кГц.

Відомий бренд Lexicon випускає різноманітні фізичні ревербератори, серед яких PCM96 (рис.1.4) вирізняється своїми високоякісними алгоритмами реверберації та багатим набором параметрів [39].

Основні характеристики:

- час реверберації: до 12 секунд;
- просторові моделі. Більше 20 різних ревербераційних алгоритмів;
- вхід / вихід. Балансові XLR та TRS;
- роздільна здатність / динамічний діапазон: 24 біти / 120 дБ;
- частотна характеристика: 20 Гц - 20 кГц.



Рисунок 1.4 – Lexicon PCM96

Багатофункціональний процесор ефектів Eventide H8000FW (рис.1.5) включає в себе реверберацію, а також багато інших аудіо ефектів та обробників [40].



Рисунок 1.5 - Eventide H8000FW

Основні характеристики:

- час реверберації: до 5 секунд;
- просторові моделі: багато різних ревербераційних алгоритмів;
- вхід / вихід: балансові XLR та TRS, аналогові та цифрові;
- роздільна здатність / динамічний діапазон: 24 біти / 115 дБ;
- частотна характеристика: 20 Гц - 20 кГц.

Yamaha SPX2000 - це потужний та гнучкий системний процесор, що пропонує широкий спектр звукових ефектів (рис.1.6). Процесор включає найпопулярніші алгоритми реверберації REV-X від Yamaha. Вони дозволяють створити глибоку реверберацію та м'яке згасання. У банку також представлені окремі алгоритми REV-X Hall, REV-X ROOM та REV-X PLATE, а також нові параметри ROOM SIZE та DECAY ENVELOPE, які дозволяють точніше налаштувати реверберацію [41].



Рисунок 1.6 - Yamaha SPX2000

Основні характеристики:

- час реверберації: до 5 секунд;
- просторові моделі: багато різних ревербераційних алгоритмів;

- вхід / вихід: балансові XLR та TRS, аналогові та цифрові;
- роздільна здатність / динамічний діапазон: 24 біти / 105 дБ;
- частотна характеристика: 20 Гц - 20 кГц.

Всі з вище наведених ревербераторів представлені на українському ринку. Для більшої наочності відмінностей між ними, порівнюємо їх між собою. Результат порівняння відображено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик ревербераторів

Параметр	TC Electronic M3000	Lexicon PCM96	Eventide H8000FW	Yamaha SPX2000
Час реверберації (сек)	До 8	До 12	До 5	До 5
Просторові моделі	15	Більше 20	Багато	Багато
Вхід / Вихід	XLR / TRS	XLR / TRS	XLR / TRS	XLR / TRS
Роздільна здатність (біти)	24	24	24	24
Динамічний діапазон (дБ)	128	120	115	105
Частотна характеристика	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц
Вартість (грн.)	57 000	166 000	415 000	64 000

Як бачимо з порівняння, розглянуті ревербератори мають подібні характеристики, з певною відмінністю значень динамічного діапазону та часу реверберації. Доволі суттєву різницю між ними вводить вартість.

Розглянемо генератори шуму, які можуть бути використані для експериментальних досліджень акустичних каналів витоку інформації.

Signal Hound BB60C Real-Time Spectrum Analyzer with Noise Generator (рис 1.7) [42]:

Характеристики:

- ширина смуги: 9 кГц - 6 ГГц;
- чутливість: -165 дБм/Гц;
- реальний час аналізу: до 24 МГц;
- генератор шуму: білий, рожевий, фіксована частота.

Особливості:

- висока чутливість і широкий діапазон частот;
- можливість реального часу аналізу;
- генератор шуму з різними типами шуму.



Рисунок 1.7 - Signal Hound BB60C

Keysight N5182B MXG X-Series Signal Generator (рис.1.8) [43].

Характеристики:

- діапазон частот: 9 кГц - 6 ГГц;
- потужність: до +23 дБм;
- генерація шуму: білий, АМ, FM, РМ.

Особливості:

- висока потужність вихідного сигналу;
- можливість генерації різних типів шуму та модуляцій.



Рисунок 1.8 - Keysight N5182B

Analog Devices AD5930 Programmable Noise Generator (рис.1.9) [44]:

Характеристики:

- діапазон частот: програмований до 100 МГц;
- роздільна здатність частоти: 1 мГц;
- генерація шуму: білий, рожевий, коричневий;

Особливості:

- програмована генерація шуму з точністю до 1 мГц;
- можливість вибору різних типів шуму.

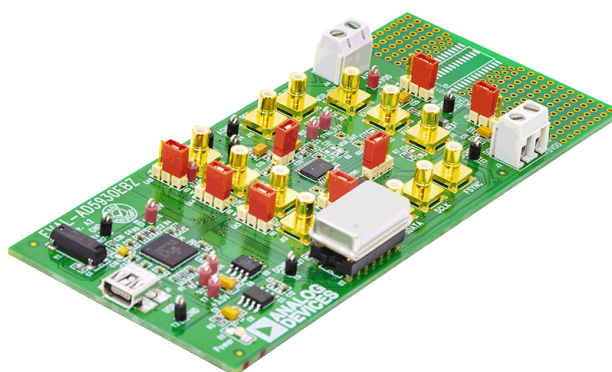


Рисунок 1.9 - Programmable Noise Generator AD5930

B&K Precision 2550 3.5 GHz Dual Channel Arbitrary Function Generator with Noise (рис 1.10) [45]:

Характеристики:

- діапазон частот: до 3.5 ГГц;
- роздільна здатність частоти: 1 мкГц;
- генерація шуму: білий.

Особливості:

- двоканальний генератор з можливістю генерації шуму;

- висока роздільна здатність частоти і широкий діапазон частот.

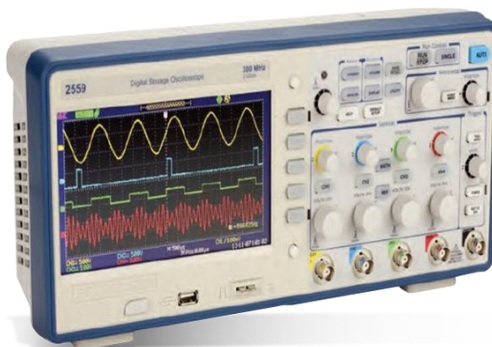


Рисунок 1.10 - B&K Precision 2550

Stanford Research Systems SR785 2-Channel Dynamic Signal Analyzer with Noise Floor Extension Option (рис.1.11) [46]:

Характеристики:

- діапазон частот: до 102.4 кГц;
- чутливість: до -133 дБм;
- рівень шуму: до -145 дБм/Гц.

Особливості:

- динамічний аналізатор сигналу з опцією розширення рівня шуму.
- висока чутливість та точність вимірювань.



Рисунок 1.11 - Stanford Research Systems SR785

Таблиця 1.2 – Порівняння характеристик генераторів шуму

Характеристика / Модель	Signal Hound BB60C	Keysight N5182B MXG	AD5930 Programmable	B&K Precision 2550	SRS SR785
Діапазон частот	9 кГц - 6 ГГц	9 кГц - 6 ГГц	До 100 МГц	До 3.5 ГГц	До 102.4 кГц
Чутливість	-165 дБм/Гц	-165 дБм/Гц	-60 дБм/Гц	-165 дБм/Гц	До -133 дБм
Потужність	+10 дБм	До +23 дБм	5 Вт	40 Вт	+10 дБм
Генерація шуму	Білий, рожевий	Білий, АМ, FM, PM	Білий, рожевий	Білий	Білий
Реальний час аналізу	До 24 МГц	До 1 кГц	200 Гц	20 МГц	102.4 Гц
Роздільна здатність частоти	До 1 Гц	До 1 Гц	1 мГц	1 мкГц	До 1 Гц
Вартість (USD)	3 700	43 000	200	2 090	15 000

Загалом, як можемо бачити з таблиці 1.2, кожен з цих генераторів має свої унікальні характеристики та особливості, які можуть бути корисними для конкретних застосувань при дослідженні акустичних каналів витоку інформації. Вибір конкретної моделі залежить від вимог до частотного діапазону, чутливості, потужності сигналу та інших факторів дослідження, при врахуванні вартості. Серед представлених варіантів лише AD5930 є відносно бюджетним, вартість решти представників відповідає рівню Hi-End апаратури.

1.4 Висновки та постановка задачі

В даному розділі бакалаврської дипломної роботи було розглянуто питання утворення та дослідження акустичних каналів витоку інформації. Для кращого

розуміння утворення даного каналу витоку, було визначено природу акустичних сигналів і їх роль в інформаційній безпеці.

Визначивши природу та значення акустичних сигналів на безпеку інформації, було розглянуто питання технічних каналів витоку інформації. Оскільки поняття технічних каналів витоку інформації є обширним і торкається різних аспектів захисту інформації, то розгляд даного питання зведено до аналізу витоку інформації акустичними каналами. Для розуміння аспектів і подальшого уявлення про обраний канал наведено класифікацію яка розкриває його суть. Це в свою чергу дає змогу систематизувати інформацію для більш широкого уявлення про загрози які можуть виникати, та дає змогу обрати напрямок подальших досліджень.

В ході роботи над даним розділом було проаналізовано способи та методи досліджень акустичних каналів витоку інформації. Дослідження каналів витоку інформації відіграє важливу роль як і у розвитку галузі в цілому, так і для безпеки конкретної інформації на конкретних об'єктах. Детально розглянувши методи дослідження, було визначено їх суть, основні принципи які лежать основі та інструменти, що використовуються. Розглянуті методи є достатньо потужними і в результаті дають розгорнуті уявлення про ймовірні вразливості інформації.

Аналізуючи методи дослідження, було визначено, що при дослідженні акустичних каналів витоку інформації може враховуватися таке явище як реверберація. Реверберація впливає на середовище поширення, а це, в свою чергу, вносить зміни в загальну спектральну картину. Дослідження цих змін має визначальний вплив на оцінку захищеності інформації і в подальшому на побудову систем захисту.

З огляду на тему даної бакалаврської роботи, було встановлено, що найбільш близьким є метод спектрального аналізу шуму, позаяк одним з інструментів, що використовує даний метод є генератор шуму.

В дослідженні акустичних каналів є випадки де такі поняття як шум і реверберація поєднуються. Проте таким дослідженням приділено малу увагу. Причинами тому є висока вартість проведення таких досліджень. На вартість

сильно впливають засоби за допомогою яких має здійснюватися таке дослідження.

В п.1.3 даної роботи було розглянуто засоби дослідження акустичних каналів витоку, в контексті методу спектрального аналізу шуму з використанням такого явища як реверберація. Основними засобами при такому дослідженні є ревербератори і генератори шуму.

Розглянуті засоби здатні забезпечити високий рівень вимірювань і оцінки, проте такі фактори як:

- висока вартість;
- відсутність масштабування;
- обмежена можливість зміни параметрів шумових сигналів;
- наявність спеціалізованого програмного забезпечення яке потребує високої кваліфікації для роботи з ним, і подекуди його вартість;
- покращення на майбутнє, створюють необхідність у розробці таких засобів, що будуть максимально позбавлені цих недоліків, а це зробило б дослідження в цьому напрямку більш доступними і мало б вагомий вплив на галузь в майбутньому.

Тому **метою** бакалаврської дипломної роботи є розробка лабораторного генератора шуму який можна було б використовувати при дослідженнях методом спектрального аналізу шуму в поєднанні з дослідженням впливів явища реверберації в умовах акустичних каналів витоку інформації. Зокрема який був би доступнішим, гнучким у налаштуваннях, масштабованим, використовував сучасні рішення побудови та в повній мірі використовував можливості сучасних обчислювальних машин і програмного забезпечення. Основний акцент при цьому на можливості використання в навчальному процесі для підготовки кваліфікованих кадрів з технічного захисту інформації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- розробити структурну схему лабораторного генератора шумових сигналів;
- вибрати основні компоненти та алгоритми;

- розробити основний алгоритм роботи розроблюваного пристрою;
- обрати програмне середовище для розробки;
- реалізувати алгоритм реверберації акустичного сигналу;
- реалізувати програму генератора шуму, в якому передбачена можливість використання явища реверберації як самостійного модуля так і в поєднанні з шумовим сигналом.

2 РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО АПАРАТНО-ВІРТУАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ШУМОВИХ СИГНАЛІВ

У другому розділі буде розроблено загальну структурну схему лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації.

В даному розділі буде розроблено алгоритм реверберації який реалізовуватиме одну з функцій розроблюваного лабораторного генератора.

Крім того, буде здійснено вибір типів фільтрів та параметрів для використання при реалізації цієї схеми лабораторного генератора шумових сигналів, а також розроблено схему підсилювача потужності вихідних сигналів.

2.1 Розробка структурної схеми пристрою

Відповідно до вибору методу і напрямку дослідження акустичних каналів витоку як орієнтиру для розробки, що було розглянуто та обґрунтовано в Розділі 1. Основою досліджень при спектральному аналізі шуму з використанням реверберації в контексті акустичних каналів витоку інформації є аналіз властивостей акустичного середовища, зокрема, розподілу шуму та його спектральних характеристик в приміщенні або іншому об'єкті. Реверберація, яка виникає від відбиття звукових хвиль від стін, підлоги, стелі та інших поверхонь, є ключовим фактором у формуванні звукового поля в приміщенні.

Вивчення реверберації, так само як і вивчення впливу шуму, дозволяє отримати інформацію про геометрію приміщення, розподіл звукового тиску та інші властивості акустичного середовища, що може бути важливим для визначення можливих шляхів витоку інформації через акустичні канали.

Аналіз реверберації дозволяє визначити розподіл інтенсивності шуму в приміщенні, враховуючи вплив відбиття звукових хвиль, що може бути корисним для визначення рівня шуму в різних точках приміщення та ідентифікації можливих джерел шуму.

Також проведення таких досліджень дозволяє визначати оптимальні точки розміщення датчиків для вимірювання шуму та інших акустичних параметрів, що може бути важливим для ефективного контролю за акустичною обстановкою та виявлення можливих точок витоку інформації.

Таким чином, проведення таких досліджень, зокрема в навчальному процесі, дозволяє отримати важливу інформацію про акустичне середовище та розподіл шуму в ньому, що може бути використано для виявлення та захисту від потенційних каналів витоку інформації на об'єктах інформаційної діяльності.

Аналізуючи існуючі рішення, які представлені в Розділі 1 даної бакалаврської роботи, було виявлено, що при проведенні описаних вище досліджень, ревербератор і генератор шуму не поєднуються в одному пристрої, а використовуються окремо. Вибір кожного з яких зведено до характеристик які потрібно забезпечити. Якщо варіативність налаштувань параметрів розглянутих ревербераторів висока, то у представлених на ринку генераторів шуму, вибір налаштувань зведено до частотних характеристик. В рідких випадках є можливість вибору типу шуму, але він зводиться до вибору між класичним білим шумом і рожевим.

На сьогоднішній день можливості сучасних ПЕОМ та спеціалізованого програмного забезпечення дозволяють здійснювати генерування та обробку сигналів на високому рівні, що в свою чергу є важливим при вирішенні задач технічного захисту інформації. За допомогою сучасного програмного забезпечення можна реалізовувати проекти які повністю, або частково замінюють собою апаратні засоби. Таким чином, пропонується реалізувати основну частину розробки, що відповідає за генерування шумових сигналів та обробку вхідних сигналів, на базі ЕОМ. Це дозволить значно спростити конструкцію, а можливість підключення різноманітної периферії додає переваг у мобільності і простоті розгортання в практично будь-яких умовах.

При проведенні досліджень акустичних каналів витоку інформації генерований шумовий сигнал повинен поширюватись в досліджуване середовище. Для цього використовують акустичні випромінювачі. Якщо в якості

бази для реалізації алгоритмів генерування та обробки сигналів обирати стаціонарні персональні комп'ютери, то акустичні випромінювачі потрібно під'єднувати окремо. У випадку розгортання на ноутбуках, цей елемент вже включено. Проте, якщо мова йде про дослідження акустичних каналів витоку інформації, то постає питання визначеного рівня потужності акустичного сигналу. Потужності випромінювачів, що входять до складу ноутбуків, достатньо тільки мультимедійних функцій, а для досліджень рівень акустичного сигналу повинен бути вищим. Тому, для забезпечення цього рівня, необхідний підсилювач потужності сигналів, через який під'єднуватимуться акустичні випромінювачі до ЕОМ.

Розроблюваний пристрій повинен надавати можливість дослідження акустичних каналів витоку інформації різнобічно, як з використанням реверберації так і без нього. При цьому, важливою має бути варіативність у виборі шумового сигналу.

Враховуючи недоліки розглянутих засобів, слід приділити увагу таким функціям, що мають бути враховані при побудові пристрою:

- налаштування блоків, що відповідають за прийом та обробку вхідного сигналу;
- можливість регулювання потужності вихідного сигналу;
- налаштування параметрів реверберації;
- контроль процесів роботи пристрою;
- можливість використання фільтрів різного типу, характеристиками та параметрами.

На підставі зазначеного вище, структурна (функціональна) схема лабораторного апаратно-віртуально генератора шуму повинна містити (рис.2.1):

- 1) мікрофон;
- 2) віртуальний генератор шумових сигналів реалізований на базі ПЕОМ;
- 3) підсилювач потужності вихідного сигналу;
- 4) акустичні випромінювачі.

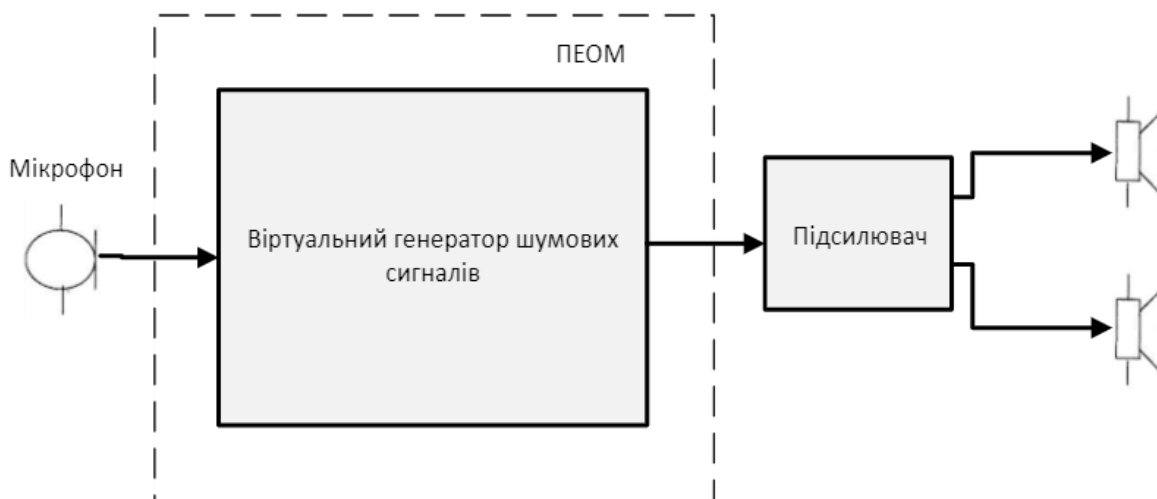


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема

Сучасні комп'ютери можуть в своєму складі мати вбудований мікрофон, то, в такому випадку, наявність цього елементу можна вважати опціональним. Проте якість таких мікрофонів не завжди здатна забезпечити якісний рівень запису, оскільки технічно вони призначені для більш простих задач. Тому для якісного зчитування акустичного сигналу варто обирати зовнішній мікрофон, яких є великий вибір на ринку.

Відповідно до схеми зображеної на рис.2.1, основою пристрою є віртуальний генератор шумових сигналів який реалізовуватиметься безпосередньо на базі електронно-обчислювальної машини. Структурна (функціональна) схема представлена на рис.2.2.

До складу віртуального генератора шумових сигналів входить:

- 1) блок фільтрів вхідного сигналу;
- 2) ревербератор;
- 3) блок генерування шумових сигналів різного типу;
- 4) змішувач сигналів.

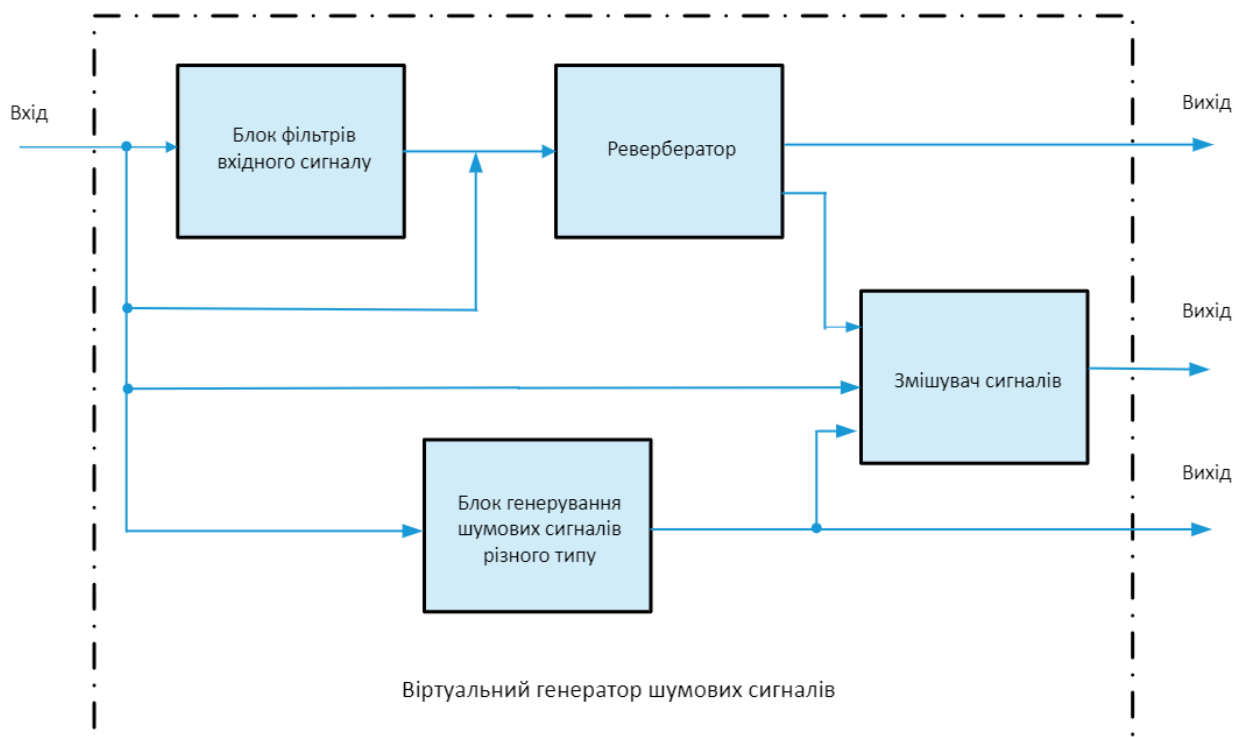


Рисунок 2.2 – Структурна схема віртуального генератора шумових сигналів

Розглянемо функції та призначення кожного блоку структурної схеми рис.2.2.

Одним з основних призначень блоку фільтрів є відокремлення потрібних частотних складових акустичного сигналу який зчитуватиметься з мікрофона. В даному блоці повинно бути передбачено можливість виставлення параметрів фільтрів та можливість вибору типу фільтрів для рішення широкого кола завдань при дослідженні.

Головною особливістю розроблюваного пристрою є наявність цифрового ревербератора в його складі, що, в свою чергу, дасть змогу проводити дослідження впливу явища реверберації при дослідженнях. Робота даного блока можлива як з відфільтрованим сигналом, так і з сигналами без фільтрації.

Блок генерування шумових сигналів різного типу в даній схемі відповідає за власне алгоритми шуму який необхідно генерувати для дослідження. Блок повністю адаптивний і має забезпечувати вибір основних параметрів та типів шумових сигналів, що зніматиме обмеження фізичних генераторів шуму в цьому плані.

Основна функція блоку змішувача сигналів в цій схемі – забезпечення комбінування сигналів які генеруються та оброблюються. Відповідно до поставлених задач дослідження можна потрібно подати комбінований сигнал на вхід акустичних випромінювачів для подальшого випромінення в досліджуваний простір.

Виходячи з вищезазначеного, опишемо принцип роботи розроблюваного пристрою. В залежності від постановки задачі дослідження, розроблюваним пристрою передбачено роботу з різними шумовими сигналами та роботу з реверберованим акустичним сигналом. Зчитавши (записавши) сигнал з мікрофона, перед надходженням до блоку реверберації, сигнал можна відфільтрувати за допомогою блоку фільтрів. Відфільтрований чи «чистий» сигнал після проходження блоку реверберації можна одразу відтворити на акустичні випромінювачі.

При відсутності необхідності дослідження реверберованих акустичних сигналів, передбачено відтворення на акустичні перетворювачі шумових сигналів різного типу. Блок який відповідає за генерування шуму налаштовується відповідно до вимог того чи іншого дослідження.

Як вже зазначалось вище, розроблюваний пристрій реалізує можливість отримання комбінованого акустичного сигналу який можна подати на вхід акустичних випромінювачів. Так, зчитаний з мікрофона і реверберований сигнал можна поєднати з обраним типом шуму. З шумом також є можливість поєднати сигнал без реверберації, а лише той який зчитано з мікрофона безпосередньо.

Як бачимо, функціонал пристрою доволі варіативний. Це забезпечується тим, що кожен блок налаштовується і є можливість обирати кінцевий результуючий сигнал.

2.2 Розробка алгоритму реверберації

Відповідно схемі даного розроблюваного пристрою, передбачено наявність модуля реверберації. Основна частина пристрою повністю реалізуватиметься на

базі ЕОМ, тому необхідно розробити алгоритм який дозволить би створення реверберації програмно.

Розробка алгоритму реверберації є складним і багатоступеневим процесом, що потребує інтердисциплінарного підходу та сполучення знань з акустики, сигнальної обробки та програмування.

При розробці алгоритмів реверберації включають такі кроки:

1. Розробка моделі акустичного середовища, включаючи геометрію приміщення, типи поверхонь (стіни, підлога, стеля) та їх акустичні властивості (абсорбція, відбиття, розсіювання).

2. Визначення характеристик джерела звуку, таких як його інтенсивність, спектральний склад та часовий профіль, які будуть використовуватися для генерації акустичного сигналу.

3. Розробка моделі реверберації, яка враховує процеси відбиття, розсіювання та абсорбції звукових хвиль на поверхнях приміщення.

4. Використання математичних методів, таких як імпульсна відповідь, конволюція та цифрова фільтрація, для моделювання реверберації та її впливу на акустичний сигнал.

5. Тестування розробленого алгоритму на різних вхідних сигналах та акустичних середовищах, а також оптимізація параметрів для досягнення бажаних характеристик реверберації.

При розробці алгоритму реверберації варто враховувати також середовище реалізації.

Виходячи з наведеного вище, пропонується алгоритм реверберації представлений на рис.2.3.



Рисунок 2.3 – Алгоритм реверберації

Даний алгоритм реалізує модель реверберації на основі затримки і додавання луни (echo). Така модель використовується для емуляції реверберації, яка виникає від множини відбиття звуку від різних поверхонь приміщення. Після розділення аудіосигналу на канали та перетворення затримки в кількість вибірок, використовується метод додавання затриманих термінів до оригінального

сигналу для створення відлунь. Це дозволяє емулювати ефект реверберації у аудіосигналі. Основні кроки цього алгоритму наступні:

1. Розділення сигналу на канали. Перший крок полягає в розділенні вхідного аудіосигналу на лівий та правий канали.
2. Отримання компоненту Y хвилі. Потім отримується Y-компонента (аудіо) хвилі, яка буде використовуватися для подальших операцій.
3. Переведення затримки в відлуння. Час затримки ефекту реверберації, заданий у секундах, переводиться в кількість вибірок звуку.
4. Додавання відлунь до оригінального сигналу. Затримані терміни аудіосигналу додаються до оригінального сигналу, щоб симулювати ефект реверберації.
5. Заміна елементів масиву. Затримані терміни замінюють відповідні елементи аудіосигналу.
6. Впровадження ефекту реверберації. Оновлені Y-елементи хвилі замінюються у вихідному аудіосигналі, створюючи відчуття присутності в акустичному середовищі.
7. Керування процесом за допомогою елементів управління. Користувач може регулювати параметри ефекту, такі як час затримки та рівень, використовуючи відповідні елементи керування.

2.3 Вибір типів фільтрів та параметрів

У контексті дослідження акустичних каналів витоку інформації, фільтрація сигналів може допомогти виділити ключові аспекти сигналу, приглушити шуми та забезпечити точнішу обробку та аналіз інформації, що проходить через ці канали.

Як було зазначено в п.2.1, розробкою передбачено використання блоку фільтрів сигналів. За допомогою можливостей програмного середовища параметри фільтрів можна легко змінювати в процесі дослідження користувачами. На сьогоднішній день існує велика кількість фільтрів сигналів, а з приходом в широкі маси ЕОМ їх реалізація є досить типовою задачею. Попри

велику номенклатуру і можливості програмних середовищ, для рішення конкретних завдань потрібно чітко окреслювати які фільтри будуть доцільними при використанні в дослідженнях. Важливим при виборі фільтрів є врахування специфіки досліджень, умов і прикладного моменту.

Основна мета процесу вибору фільтрів - вибір параметрів фільтрації таким чином, щоб задовольнити конкретні вимоги щодо обробки сигналу, такі як підсилення, приглушення, чи підготовка сигналу для подальшого аналізу.

Перший крок - це встановлення конкретних вимог до фільтра, таких як частотні характеристики (наприклад, частота зрізу, діапазон частот) та амплітудні характеристики (наприклад, підсилення чи приглушення). При дослідженнях з використанням даного пристрою основним типом сигналу є акустичний сигнал. Як було встановлено, мовний сигнал є одним з видів акустичного сигналу, тому при встановленні вимог потрібно прив'язуватись до параметрів цього виду сигналу.

Діапазон частот мовного акустичного сигналу зазвичай охоплюється в межах від приблизно 85 Гц до 255 Гц для чоловічого голосу та від приблизно 165 Гц до 255 Гц для жіночого голосу. Однак, людський слух може сприймати звуки в широкому діапазоні частот, і мовлення може містити інформацію і на вищих та нижчих частотах. Наприклад, призвукові компоненти та інтонованість можуть бути присутні у вищих частотах, тоді як низькі частоти можуть відображати нюанси ритму та інші аспекти мовлення. Таким чином, широкий діапазон частот може бути важливим при аналізі та обробці мовних сигналів.

Наступним кроком, в залежності від вимог та характеристик сигналу вибирається тип фільтра. У випадку використання мовного сигналу і окреслених дослідженнях доцільним є використання таких типів як: фільтр низьких частот, фільтр високих частот та смуговий фільтр.

При виборі параметрів фільтрів для вказаного діапазону можна використати фільтр Баттерворта або Чебишева. Дані фільтри є найбільш розповсюдженими в реалізації на різних програмних середовищах.

У випадку фільтра низьких частот частота зрізу відповідає верхній межі діапазону мовного акустичного сигналу. Наприклад, для чоловічого голосу це може бути 255 Гц, для жіночого - близько 255 Гц.

Також основним параметром при встановленні параметрів фільтрів є порядок фільтра. Порядок фільтру визначає його крутизну нахилу в околі частоти зрізу. Чим вищий порядок, тим крутіший нахил фільтра, але він вимагає більше обчислювальних ресурсів для реалізації, тому при виборі порядку потрібно орієнтуватися на можливості ЕОМ на якому буде працювати розроблюваний пристрій.

Для вибору параметрів фільтра високих частот для вказаного діапазону все аналогічно, що і для фільтра низьких частот, з відповідною зміною параметрів, а саме частоти зрізу. Потрібно обрати частоту зрізу, яка відповідає нижній межі діапазону мовного акустичного сигналу. Для чоловічого голосу це може бути приблизно 85 Гц, для жіночого - приблизно 165 Гц.

У випадку смугового фільтру потрібно визначте центральну частоту діапазону, що досліджується. Для чоловічого голосу це може бути приблизно 170 Гц, для жіночого - приблизно 230 Гц. Також потрібно вибрати ширину смуги фільтра, яка визначає ширину діапазону, який включається в смуговий фільтр. Залежно від ваших потреб та характеристик сигналу, можна встановити ширину смуги від 50 до 100 Гц для встановлено діапазону мовного акустичного сигналу 85 – 255 Гц.

Таким чином, керуючись вибором діапазоном для досліджень акустичних каналів витоку інформації, описана вище методика дозволить вибрати параметри обраних фільтрів, які призначені для обробки акустичного мовного сигналу з вказаним діапазоном частот.

2.4 Розробка підсилювача потужності вихідних сигналів

Підсилювачі сигналів відіграють ключову роль при проведенні досліджень акустичних каналів витоку інформації. У багатьох випадках сигнали, що проходять через акустичні канали, можуть бути досить слабкими або

приглушеними. Підсилювачі дозволяють збільшити амплітуду цих сигналів, роблячи їх більш помітними для подальшого аналізу.

Підсилювачі можуть також використовуватися для фільтрації та обробки сигналу. Наприклад, вони можуть використовуватися для підсилення певних частот або для підготовки сигналу до подальшого аналізу.

Відповідно до розробленої в п.2.1 структурної схеми, передбачено використання підсилювача сигналів які надходитимуть від генератора на вхід акустичних випромінювачів.

На сьогоднішній день існує велика кількість готових рішень підсилювачів різних видів та класів, проте доступність елементної бази і можливість збірки підсилювача під конкретну задачу дає можливість значно зменшити кінцеву вартість розробки.

Також не мало важливим фактором є розміри. Сучасна компонентна база дозволяє будувати компактні пристрої з дуже низьким споживанням струму. В нашому випадку компактність та автономність відіграватиме ключову роль. Завдяки мобільності і відсутності перешкод подібні джерела часто мають ряд переваг перед мережевими.

Таким чином, для вирішення поставлених завдань пропонується схема, що зображена на рис. 2.4. Підсилювач виконаний на поширеному операційному підсилювачі LM358, який у одному корпусі містить два незалежних мало потужних операційних підсилювачів з високим коефіцієнтом підсилення і частотною компенсацією. Він відрізняється низьким споживанням струму ($\sim 0,7\text{mA}$) та можливістю працювати в схемах з однополярним живленням від 3 до 32 вольт. Характеристики та параметри мікросхеми LM358 наведено в Додатку Б.

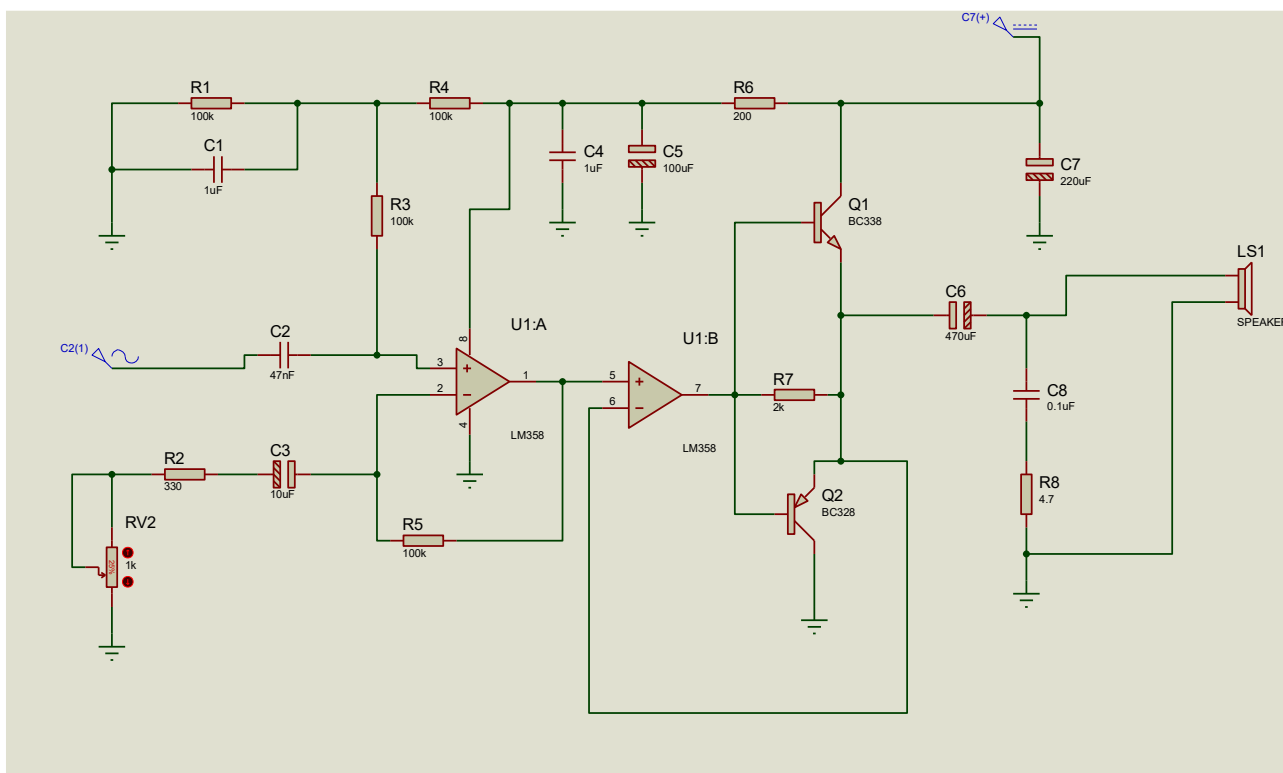


Рисунок 2.4 – Електрична схема підсилювача

На першій половині LM358 (U1:A) виконаний звичайний неінвертуючий каскад підсилення, вхідний опір якого становить ~ 1 кОм, а коефіцієнт підсилення регулюється змінним резистором RV2 в діапазоні від 2 до 300 Ом.

Часто головним споживачем електричної енергії в пристрої є потужний підсилювач звукових частот (ППЗЧ), він же - підсилювач низьких частот (ПНЧ). І якщо вихідна потужність підсилювача - це параметр, який не є зовсім непотрібним, тобто параметр, який описує якісні характеристики ПНЧ, то струм спокою в режимі мовчання - це абсолютно паразитне значення, яке знижує ККД як самого підсилювача, так і всього пристрою в цілому.

Позбутися цього паразитного значення можливо за допомогою введення вихідного каскаду, що працює в режимі класу С. Даний режим має дуже високий ККД (близько 90%), але часто супроводжується великими спотвореннями посиленого сигналу, оскільки робоча точка транзисторів знаходиться за точкою відрізання напівпровідника, а саме - на 0,6 ... 0,7 В нижче початку області відносної лінійності. Однак, якщо перед таким вихідним каскадом поставити

сучасний операційний підсилювач з коефіцієнтом підсилення ~ 100000 разів і охопити все це 100% зворотним зв'язком, то ця зона нелінійності знизиться на ті ж 100000 разів і стане дорівнювати одиниці мікровольт.

Вихідні транзистори, які працюють в режимі класу С, охоплені з другою половиною LM358 (U1:V) на 100% зворотного зв'язку, утворюють звичайний повторювач напруги. Для отримання максимальної вихідної потужності важливо, щоб їх коефіцієнт передачі струму був не менше $2000/R_n$. В якості вихідних транзисторів було обрано напівпровідникові малопотужні високочастотні транзистори BC338 та BC328. Характеристики та параметри наведено в Додатку В.

При використанні типів транзисторів, зазначених на схемі рис.2.4, вихідна потужність підсилювача при роботі на 8-омному навантаженні становитиме близько 600 мВт.

Для перевірки працездатності розробленої схеми підсилювача, схему було зібрано і змодельовано в програмному середовищі Proteus. Дане програмне забезпечення дозволяє провести моделювання роботи схеми, отримати наглядні результати у вигляді необхідних характеристик які дозволяють кількісно оцінити роботу розробленої схеми пристрою.

На рис.2.5 зображено характеристики вхідного і вихідного сигналу. В якості тестового вхідного сигналу було використано синусоїдальний сигнал амплітудою 100 мВ і частотою 1 кГц.

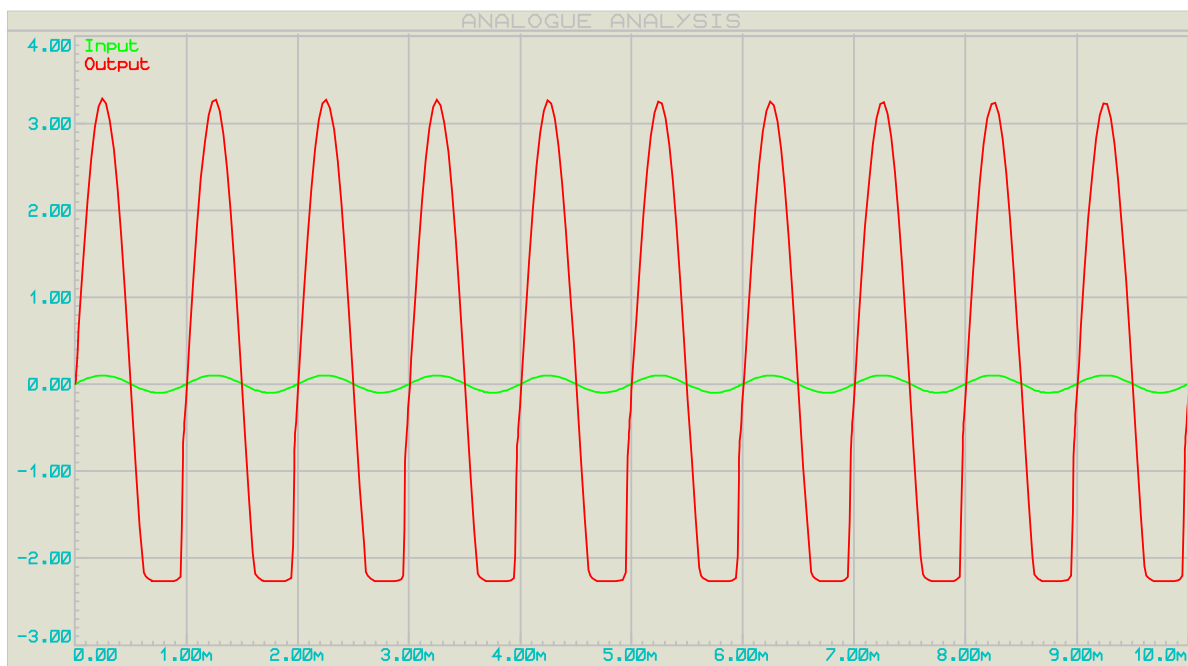


Рисунок 2.5 – Відображення вхідного і вихідного сигналу підсилювача

Як видно з рис.2.5 підсилювач дає значне підсилення вхідного сигналу, яке можна регулювати за допомогою потенціометра RV2.

АЧХ (амплітудно-частотна характеристика) грає важливу роль при оцінці роботи підсилювачів. АЧХ показує, як змінюється амплітуда вихідного сигналу підсилювача в залежності від частоти вхідного сигналу. Це дозволяє визначити, наскільки рівномірно підсилювач підсилює сигнали на різних частотах. АЧХ також дозволяє визначити нижню та верхню межі робочого діапазону підсилювача. Наприклад, низькі та високі частоти можуть бути приглушені або неадекватно підсилені, що впливає на якість відтворення сигналу. На рис.2.6 зображено амплітудно-частотну характеристику отриману при моделюванні розробленої схеми.

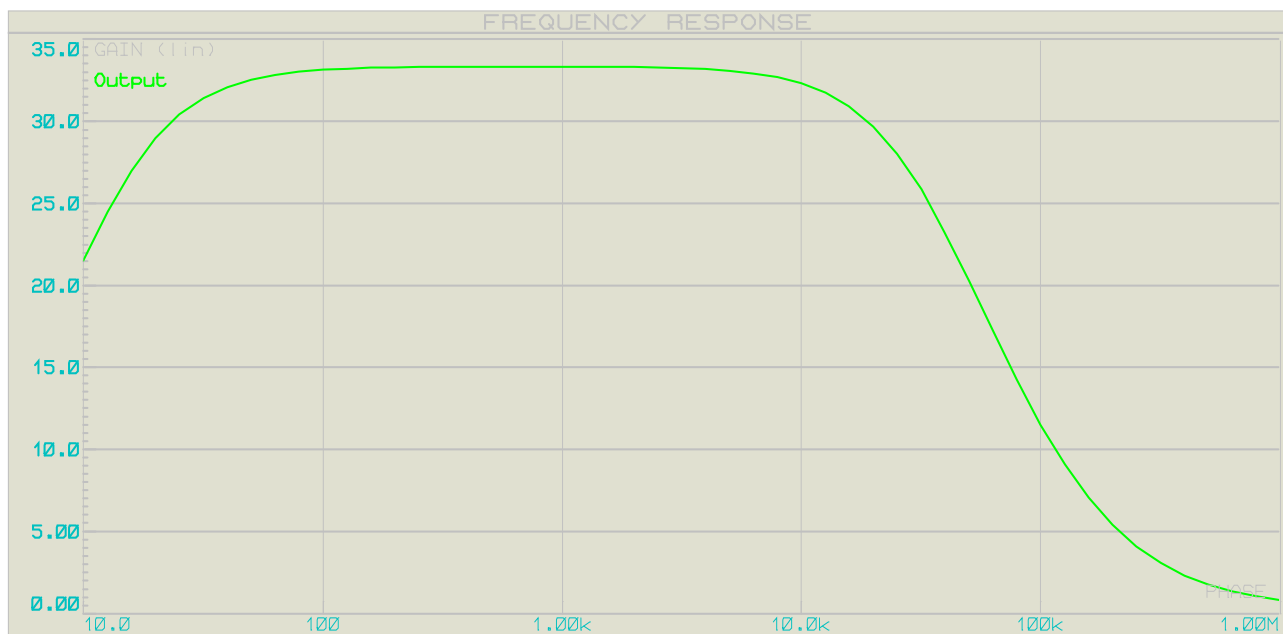


Рисунок 2.6 – Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

Як видно з рис.2.6 розроблений підсилювача має рівномірне підсилення сигналу в діапазоні від 50 Гц до 20 кГц, що є достатньо хорошим показником для звукових сигналів.

2.5 Висновки до розділу 2

В ході роботи над даним розділом бакалаврської дипломної роботи було розроблено загальну структурну схему лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації (рис.2.1).

Основним елементом загальної структурної схеми пристрої є віртуальний генератор шумових сигналів який реалізовуватиметься на базі персональної електронної обчислювальної машини (рис.2.2). До складу структурної схеми віртуального генератора шумових сигналів входять: блок фільтрів, ревербератор, блок генерування шумових сигналів різних типів та змішувач сигналів.

Відповідно до наявності в структурній схемі ревербератора, було розроблено алгоритм який реалізовуватиме ефект реверберації (рис.2.3). Розроблений алгоритм реалізує модель реверберації на основі затримки і додавання ехо. Така модель використовується для емуляції реверберації, яка

виникає від множини відбиттів звуку від різних поверхонь приміщення. Відповідно до даного алгоритму, відбувається розділення аудіосигналу, що надходить від мікрофону на канали та перетворення затримки в кількість вибірок. Для створення відлунь використовується метод додавання затриманих термінів до оригінального сигналу.

Після розробки структурної схеми та алгоритму реверберації здійснено та обґрунтовано вибір фільтрів які доцільно реалізовувати в блоці фільтрів, а також параметрів відповідно до яких вони повинні налаштовуватися. Таким чином, для реалізації в блоці фільтрів вхідного сигналу реалізовуватиметься фільтр низьких частот, фільтр високих частот та смуговий фільтр. Робочий діапазон частот обраних фільтрів прийнято за діапазон частот мовного акустичного сигналу 85 – 255 Гц.

Також в даному розділі було розроблену схему підсилювача потужності вихідних сигналів, який забезпечуватиме необхідний рівень потужності генерованих, реверберованих і комбінованих сигналу відповідно до особливостей і принципів дослідження, що лежать в акустичних каналів витоку інформації (рис.2.4). Для перевірки працездатності схеми було виконано моделювання даної схеми у середовищі програми Proteus та отримано відображення вихідного сигналу по відношенню до вхідного і амплітудно-частотну характеристику (рис.2.5 – 2.6).

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ

У третьому розділі буде проведено вибір програмного середовища реалізації віртуальної частини розроблюваного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації.

Також буде виконано реалізацію розроблюваного пристрою в обраному програмному середовищі та проведено його перевірку в умовах експериментального дослідження акустичного каналу витоку інформації.

3.1 Вибір програмного середовища реалізації

Відповідно до вимог, що висувуються до розроблюваного пристрою і які були описані в Розділі 1 і Розділі 2, необхідно обрати програмне середовище яке дозволить не тільки виконати реалізацію пристрою, а й забезпечити майбутню підтримку, налаштування роботи та покращення. Найбільш оптимальним вибором є програмне середовище LabView.

LabVIEW - це програмна платформа для візуального програмування, розроблена компанією National Instruments (тепер NI), яка дозволяє швидко створювати програмне забезпечення для контролю, вимірювання та автоматизації наукових і технічних задач [47]. Основні властивості та можливості LabVIEW включають:

1) Графічний інтерфейс програмування. LabVIEW використовує візуальну мову програмування, яка базується на графічному поданні функцій та структур програми у вигляді блок-схем. Це дозволяє легко створювати, редагувати та розуміти програми.

2) Модульність та гнучкість. LabVIEW підтримує модульну архітектуру програм, що дозволяє зручно організовувати функціональні блоки та повторно використовувати їх у різних проектах.

3) Широкий вибір функціональності. LabVIEW має велику кількість вбудованих функцій та інструментів для різноманітних завдань, включаючи роботу з сигналами, обробку даних, взаємодію зі зовнішніми пристроями та багато іншого.

4) Інтеграція з обладнанням. LabVIEW підтримує широкий вибір обладнання та пристроїв, що дозволяє легко здійснювати зчитування даних, керування та взаємодію з різноманітними пристроями.

5) Спільна робота та розробка. LabVIEW підтримує можливість спільної роботи над проектами та розробки програмного забезпечення в команді, що полегшує обмін даними та спільну роботу над проектами.

Використання LabVIEW для реалізації генераторів та досліджень технічних каналів витоку інформації є доцільним з наступних причин:

- Графічний інтерфейс LabVIEW дозволяє швидко створювати програми без необхідності писати код. Це особливо корисно для швидкого прототипування та випробування різних алгоритмів та конфігурацій.

- LabVIEW легко інтегрується з різноманітним обладнанням, що дозволяє використовувати його для зчитування даних, керування пристроями та проведення вимірювань.

- Блок-схемний підхід LabVIEW дозволяє побудовувати складні системи з невеликої кількості модулів, що полегшує розробку та управління програмами.

- LabVIEW має широкий вибір інструментів для роботи з аудіо сигналами, обробки даних та взаємодії з обладнанням, що робить його ідеальним для досліджень акустичних каналів витоку інформації.

Програмний продукт LabVIEW був вперше випущений в 1986 році, і з тих пір він регулярно оновлюється та випускаються нові версії. Наразі доступні десятки версій LabVIEW. Для реалізації віртуального генератора шумових сигналів обрано версію LabVIEW 2019 [48]. На рис.3.1 зображено головне вікно програми.

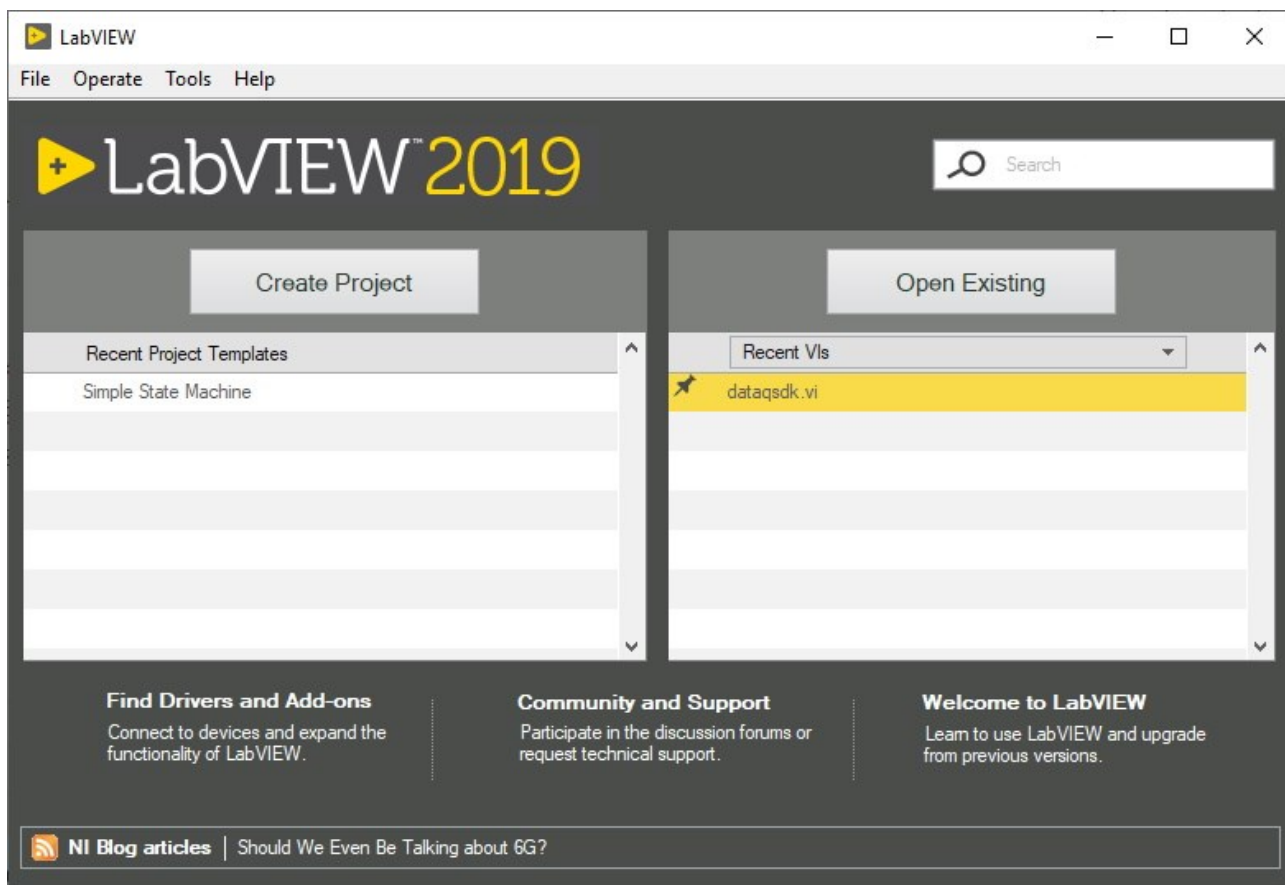


Рисунок 3.1 – Головне вікно LabVIEW 2019

LabVIEW 2019 внесла кілька важливих покращень та нововведень, серед яких можна виділити наступні:

- покращення продуктивності. У LabVIEW 2019 значно покращено швидкодію відкриття та компіляції великих проектів, що дозволяє розробникам працювати більш ефективно та швидше;
- покращена підтримка штучного інтелекту. У новій версії LabVIEW додані інструменти та функціональність для роботи з штучним інтелектом, включаючи підтримку машинного навчання та інтелектуальних алгоритмів обробки даних;
- оновлена графічна панель. Графічна панель LabVIEW 2019 отримала покращені інструменти та можливості для створення зручного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача;

- підтримка нового обладнання. В новій версії LabVIEW додана підтримка останніх версій обладнання та пристроїв, що дозволяє розробникам використовувати нові можливості та функціональність;
- оновлені інструменти для розробки. LabVIEW 2019 містить оновлені інструменти та бібліотеки для розробки програмного забезпечення, що полегшує роботу розробників та забезпечує більшу ефективність у процесі розробки;
- покращені інструменти для аналізу даних. У LabVIEW 2019 вдосконалені інструменти для обробки та аналізу даних, що дозволяє здійснювати більш точні та комплексні обчислення та вимірювання.

3.2 Реалізація програмної частини віртуального генератора шумових сигналів

Можливості та особливості обраного програмного середовища в п.3.1 дають змогу проектувати віртуальні прилади, що матимуть користувацький інтерфейс який може налаштовуватись в залежності від задач, потреб та необхідності. У випадку даної розробки це є досить зручним і практичним, так як безпосередня взаємодія користувача з пристроєм відбуватиметься через ПЕОМ і в середовищі LabView. Також окрім користувацької взаємодії, є можливість налаштовувати, тестувати і відслідковувати програму в процесі роботи. Програмне середовище LabView містить у своєму складі необхідний інструментарій для обробки сигналів, що генеруються середовищем безпосередньо, так і тих, що підключаються. В нашому випадку передбачене підключення зовнішнього мікрофону до ПЕОМ через відповідний роз'єм. Ініціалізувавши відповідне підключення програма віртуального генератора отримуватиме відповідний сигнал, оброблятиме, в разі необхідності роботи саме з таким сигналом, і виводитиме на підключені до ПЕОМ через підсилювач акустичні випромінювачі.

Відповідно до розробленої структурної функціональної схеми в Розділі 2 віртуального генератора шумових сигналів, програма, що реалізовуватиметься в середовищі LabView 2019 включатиме:

- користувацький інтерфейс;
- ініціалізацію вхідних і вихідних підключень;
- блок фільтрів сигналу отриманого через мікрофон;
- ревербератор;
- генератор шумових сигналів різного типу;
- блок змішувача сигналів;
- графічне відображення отриманих, генерованих та оброблених сигналів.

Процес розробки віртуальних приладів в програмному середовищі LabView відбувається паралельно у двох вікнах. Перше вікно відповідає за створення інтерфейсу, друге – вікно графічного коду, що реалізує розроблені алгоритми.

Як зазначалося раніше, головною особливістю LabView є те, що програмування відбувається графічно, шляхом з'єднання відповідних елементів між собою. Графічний код інтерпретується і компілюється безпосередньо середовищем. Таким чином, можна наочно бачити логіку функціонування програми, що буде зручно для внесення певних змін і відслідковування помилок в процесі виконання розробленого алгоритму.

При програмуванні важливо враховувати тип даних і його особливості. Кожен блок який реалізується в алгоритмі працює з певним типом даних. Несумісність типів даних призводитиме до помилок компіляції, або ж некоректної роботи програми.

На рис.3.2 зображено графічний код програми, що реалізує основний алгоритм роботи віртуального генератора шумових сигналів.

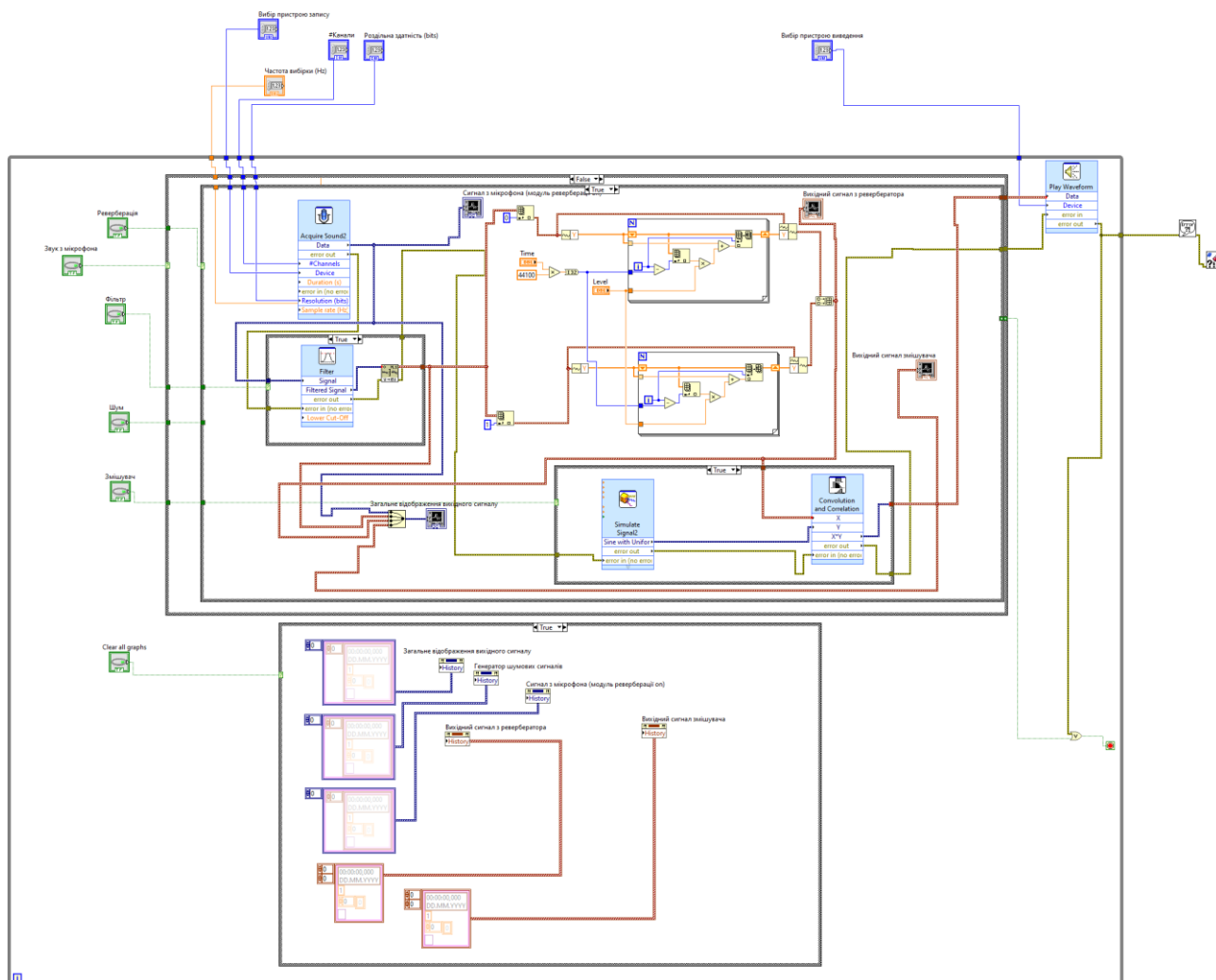


Рисунок 3.2 – Основний код алгоритму роботи віртуального генератора шумових сигналів

Для зчитування і подальшої обробки сигналу, що надходить з мікрофонного пристрою, алгоритм ініціалізації зображено на рис.3.3. В основному циклі виконуваної програми пристрою за ініціалізацію відповідає блок Acquire Sound 2. За допомогою цього блоку відбувається розпізнавання підключених мікрофонів до ПЕОМ та вибір параметрів вхідних сигналів, таких як: кількість каналів, роздільна здатність і частота вибірки (частота дискретизації). Значення цих параметрів може бути встановлене як попередньо так і в процесі роботи. Варто зазначити, що встановлення цих параметрів є вкрай важливим для узгодження роботи між наступними блоками які обробляють вхідний сигнал, оскільки вони на пряму впливають на коректність подальшої

обробки і виведення сигналу. Відображення зчитаного сигналу виведено на відповідний графік, що розміщено на панелі інтерфейсу користувача.

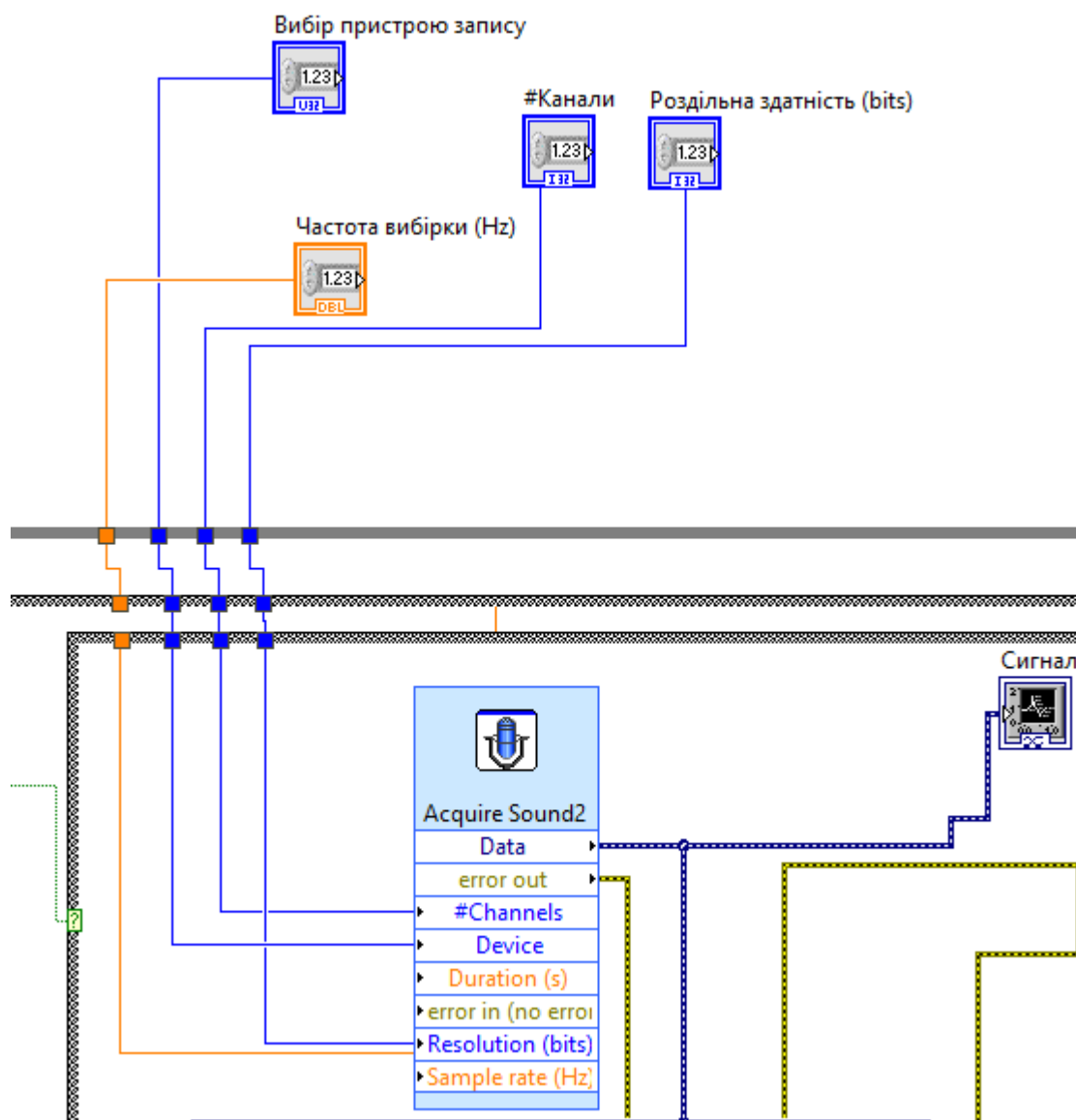


Рисунок 3.3 – Алгоритм ініціалізації мікрофонного входу

Основним алгоритмом передбачена можливість проведення тестування роботи мікрофона (рис.3.4). В цьому режимі можна перевірити коректність ініціалізації і підібрати необхідні вхідні параметри. Вибір даного режиму відбувається за допомогою кнопки «Звук з мікрофона» на лицьовій віртуальній панелі пристрою. Відображення зчитаного мікрофоном сигналу можна спостерігати на відповідному графіку. Також даним алгоритмом передбачено виведення звуку з мікрофона безпосередньо на акустичні випромінювачі. За

ініціалізацію і виведення сигналу відповідає блок Play Waveform. Даний блок розміщено в основному циклі виконуваної програми і з'єднано з рештою блоків таким чином, що дозволяє використовувати його при різних режимах ініціалізувавши його один раз.

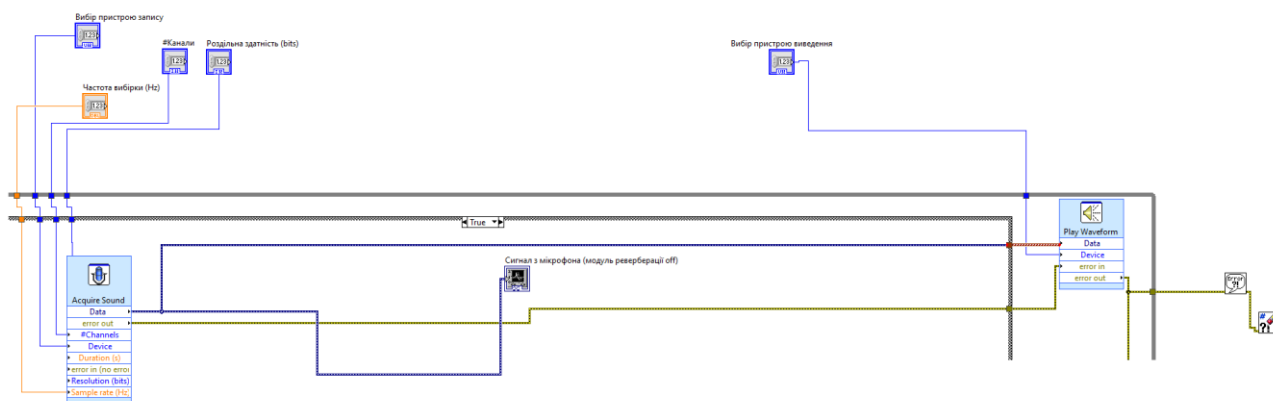


Рисунок 3.4 – Алгоритм тестування роботи мікрофона

Фільтрування частот вхідного сигналу який зчитується з мікрофона, по заданому діапазону частот, відбувається за допомогою алгоритму зображеному на рис.3.5. Даний блок працює по даним сигналу, що надходить з мікрофона і активується відповідною кнопкою на передній панелі. Для узгодження типів сигналів використано елемент Scale Voltage to EU.

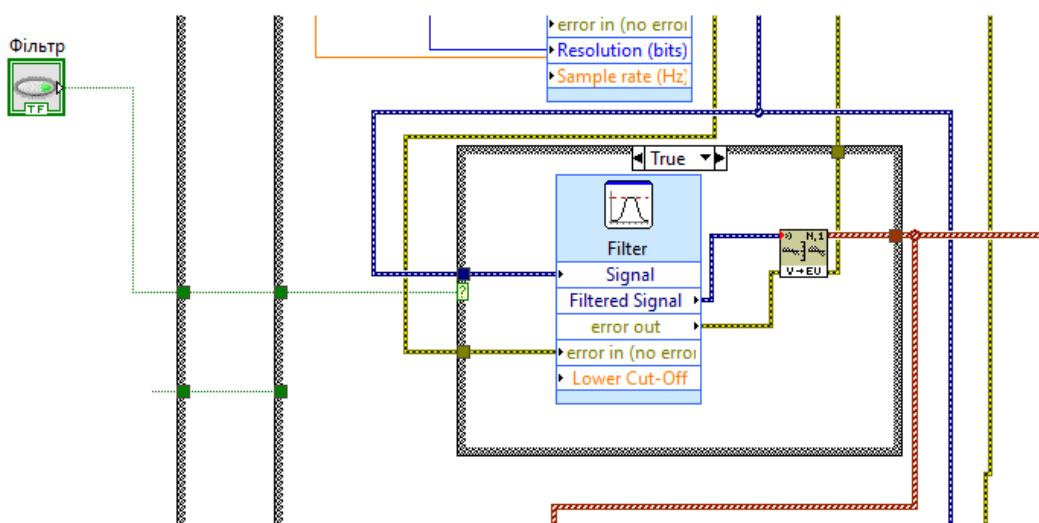


Рисунок 3.5 – Блок фільтрів вхідного сигналу

Встановлення типу фільтра і необхідних параметрів виконується безпосередньо в основному алгоритмі перед початком роботи. На рис.3.6 зображено вікно налаштувань блоку фільтрів.

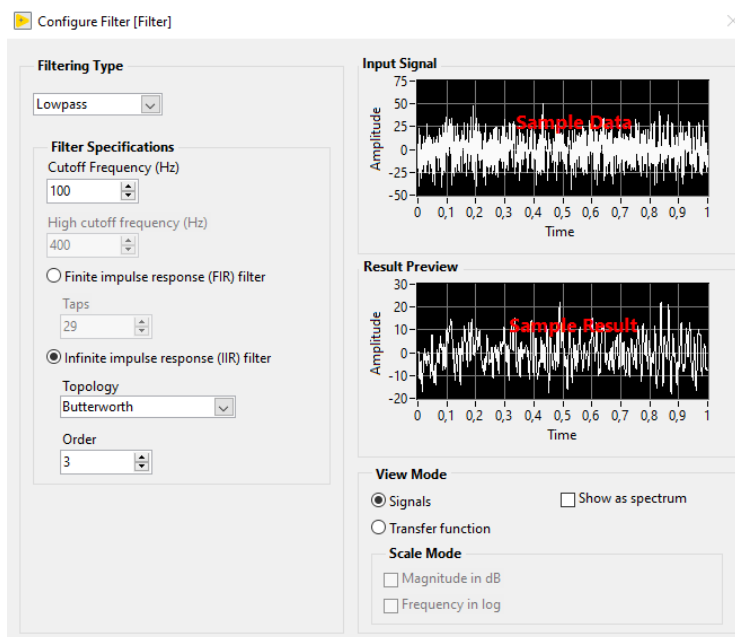


Рисунок 3.6 – Вікно конфігурації блоку фільтрів

На рис.3.7 зображено графічний код в програмному середовищі LabView 2019 який реалізує розроблений алгоритм реверберації в Розділі 2 даної бакалаврської дипломної роботи. Як і в попередніх розроблюваних блоках, в даному блоці також реалізовано можливість його вибору за потребою. За замовчуванням алгоритм реверберації передбачає роботу з сигналами частота вибірки яких складає 44,1 кГц. Значення цієї константи можна змінювати перед виконанням основного циклу програми. Відображення реверберованого сигналу виведено на графік лицьової панелі. Виведення звукового представлення виконується на акустичні випромінювачі.

Реалізація алгоритму реверберації виконана таким чином, що його можна модифікувати для роботи з заздалегідь записаним звуковим сигналом у файл. Для цього необхідно виконати заміну елементу Acquire Sound на Read, що є стандартним для цього програмного середовища. Варто зауважити, що звуковий файл при цьому має бути у .wav форматі.

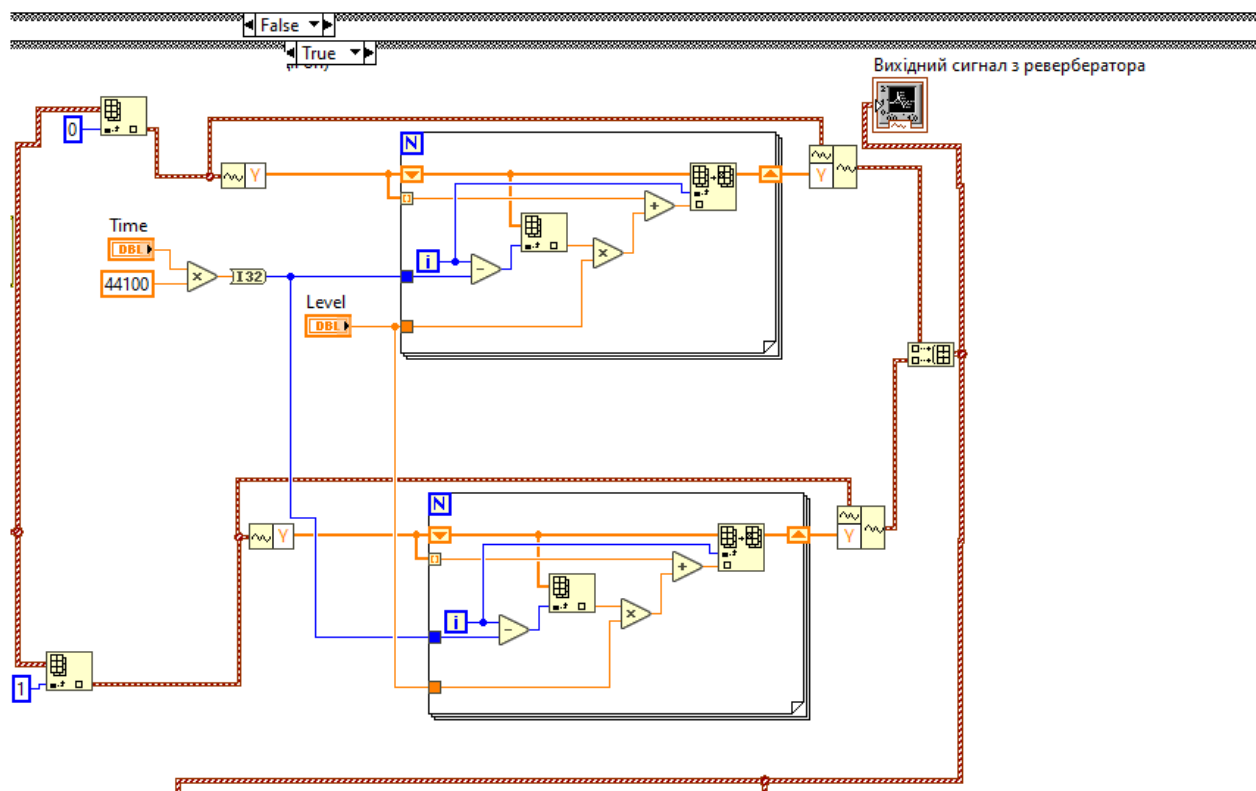


Рисунок 3.7 – Графічний код алгоритму цифрового ревербератора

За генерування шумових сигналів відповідає алгоритм зображений на рис.3.8. Відповідно цього алгоритму, встановивши відповідний режим роботи через користувацький інтерфейс, відбувається генерування шуму. Згенерований шум може бути відтворений на акустичних перетворювачах через ініціалізовану звукову карту ПЕОМ. Для наочності і перевірки роботи блоку, зображення шумового сигналу виведено на окремий графік.

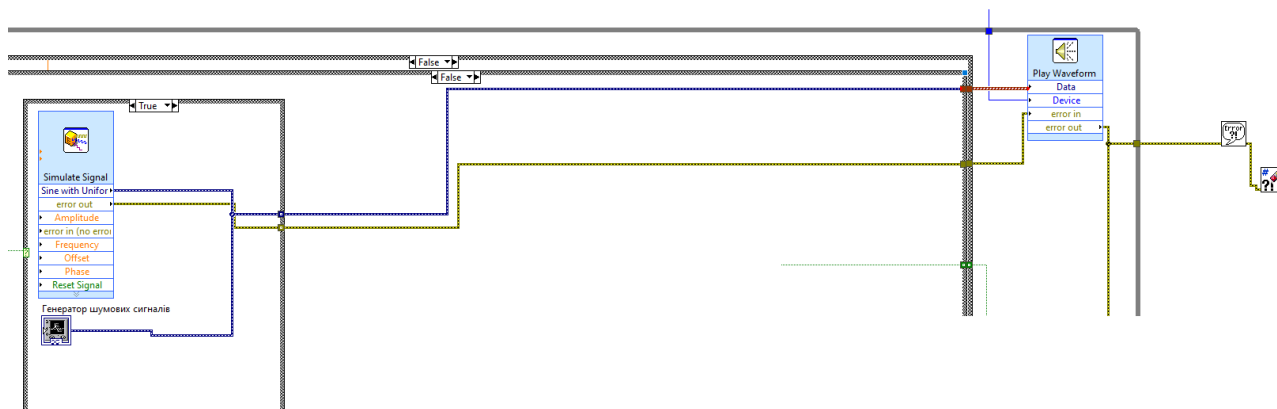


Рисунок 3.8 – Алгоритм генерування шумових сигналів

Розроблений блок передбачає вибір типу та параметрів шумового сигналу які необхідні для проведення досліджень. Конфігурування блоку проводиться безпосередньо в алгоритмі.

На рис.3.9 зображено вікно конфігурації параметрів генерованого сигналу. В ньому передбачено вибір типу опорного сигналу і його параметрів, а також типу шумового сигналу. Серед типів опорного сигналу можна обрати: синусоїдальний сигнал, прямокутний, трикутний, пилкоподібний та постійний. Серед типів шуму – білий шум, Гаусів білий шум, періодичний випадковий шум, гамма шум, шум Пуассона, біноміальний шум, шум Бернуллі, MLS послідовність та інверсний F шум. Також, щоб забезпечити узгодження між блоками обробки та коректності відтворення цих сигналів передбачено налаштування параметрів дискретизації та кількості вибірки.

Як бачимо блок є гнучким у налаштуваннях і має велику кількість змінюваних параметрів, що даватимуть змогу забезпечити широке коло задач яке ставитимуться при дослідженнях акустичних каналів витоку інформації.

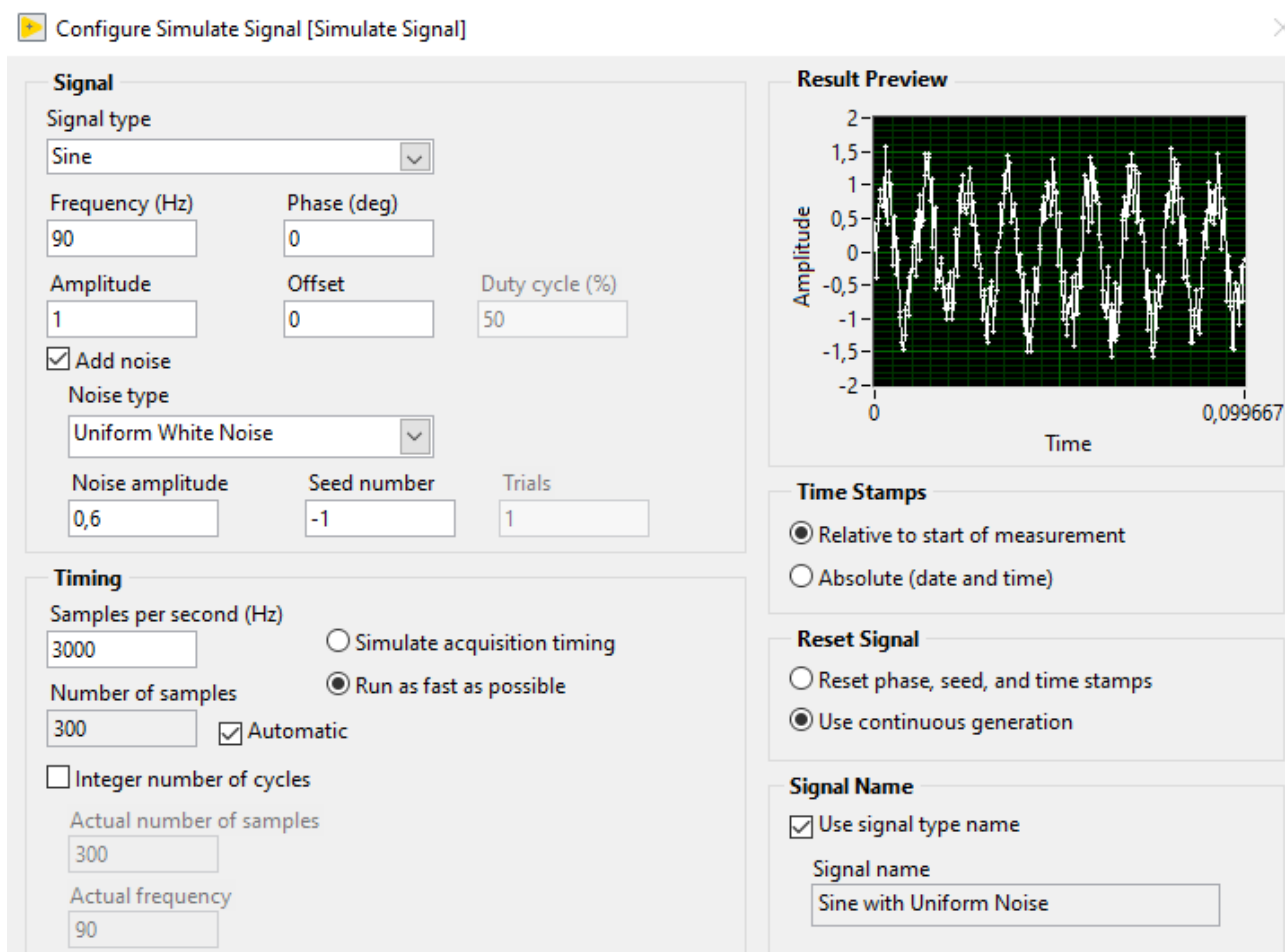


Рисунок 3.9 – Вікно конфігурування параметрів генерування шумових сигналів

Наступним реалізованим блоком, передбачений розробленою структурною схемою, є блок змішувача сигналів (рис.3.10). Основна функція змішувача в даному пристрої полягає в отриманні комбінованого сигналу, де одним компонентом завжди виступатиме реверберований сигнал, а інший сигнал, що додаватиметься до нього можна обирати. Вибір сигналу може бути як з пулу класичних, на кшталт синусоїди, так і шумових, приклади яких наведено вище. Принцип роботи алгоритму полягає у використанні елементу Convolution and Correlation, який може поєднувати різнотипні сигнали і видати результуючий сигнал. Отриманий результуючий сигнал підлягатиме як обробці, за потреби, так і безпосередньому виведенню для використання в дослідженнях. Спостереження відображення комбінованого сигналу, як і в попередньо описаних блоках,

відбуватиметься на відповідному графіку лицьової панелі віртуального пристрою.

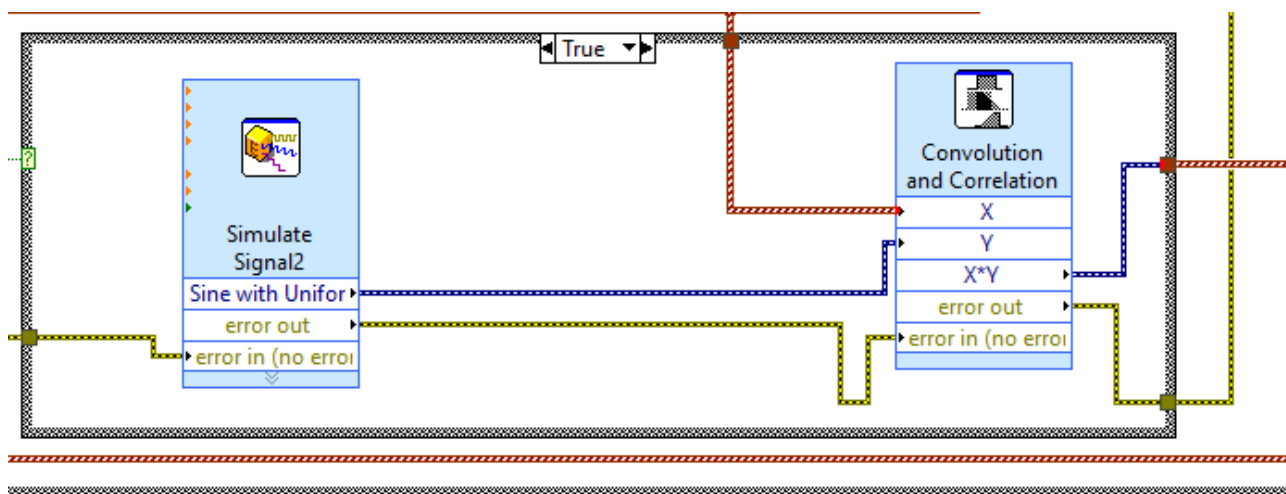


Рисунок 3.10 – Алгоритм змішування сигналів

Однією з особливостей програмного середовища LabView при роботі з відображенням сигналів на графіках є те, що за замовчуванням значення які потрапляють у буфер цих елементів йдуть одним неперервним потоком і фіксуються після закінчення виконання програми. Оскільки, функціоналом розроблюваного віртуального генератора шумових сигналів передбачено спостереження за генерованими і оброблюваними сигналами на графіках, то для зручності роботи додано простий алгоритм який дозволяє скидати значення які потрапляють у буфер в процесі виконання програми.

На рис. 3.11 зображено алгоритм який реалізовує функцію скидання значень всіх графіків виведених на лицьову панель пристрою. Даний алгоритм є кейс-структурою, яку поміщено в цикл основної програми. Скидання відбувається шляхом відправки нульових значень в буфер графіків.

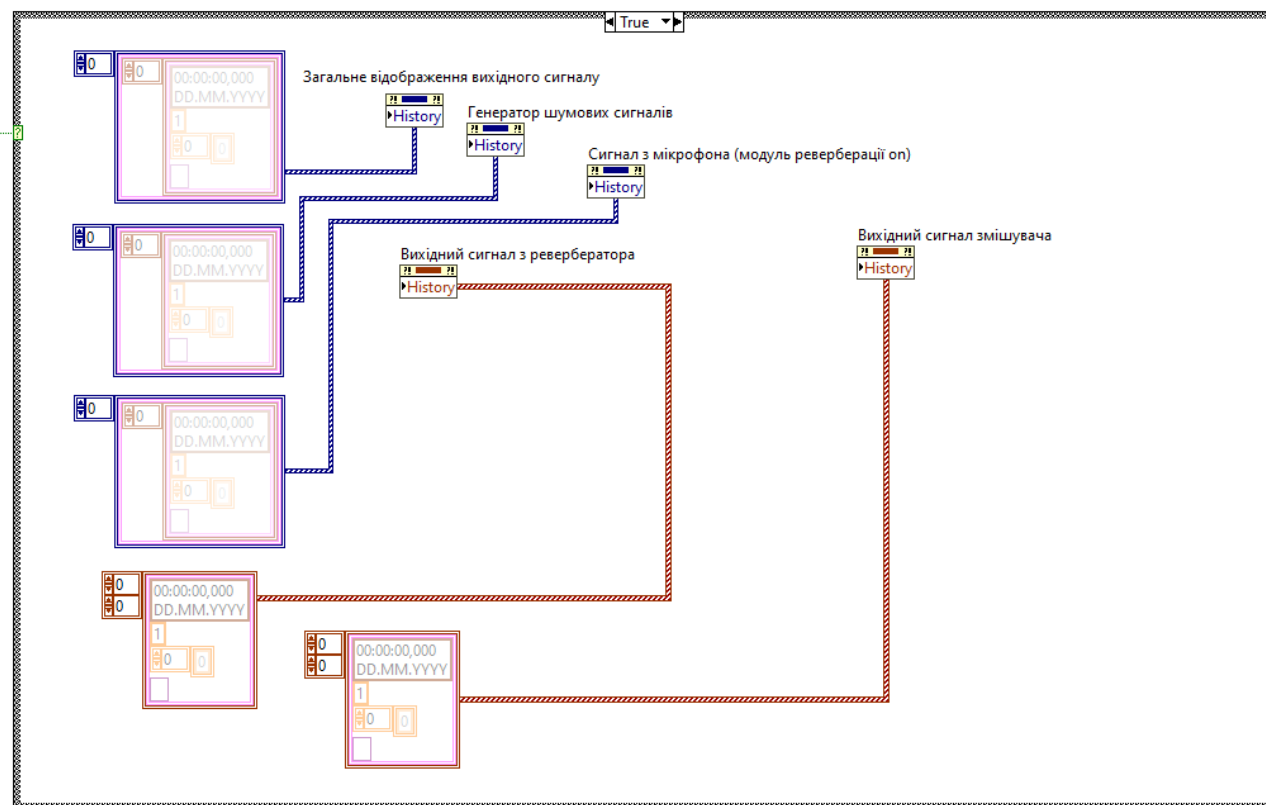


Рисунок 3.11 – Алгоритм скидання зображень графіків в початковий стан

На рис.3.12 зображено інтерфейс лицьової панелі розроблюваного пристрою, який містить необхідні елементи для користувача. Функціонал програмного середовища дозволяє налаштовувати інтерфейс під користувача та задачі які виконуватимуться. Налаштуванню підлягають як елементи керування так і елементи відображення. В даному випадку елементами відображення є графіки, в яких можна встановлювати необхідні межі відображення, діапазон значень, а також візуальне оформлення.

Інтерфейс віртуального генератора шумових сигналів містить такі елементи:

1. Панель керування пристроєм:
 - Панель ініціалізації пристрою. За допомогою неї виконується вибір пристроїв введення/виведення та встановлюються параметри вхідного сигналу.
 - Панель опцій. На даній панелі розміщені кнопки управління режимами. Натискання кнопок мають індикацію, що свідчить про роботу в тому чи іншому режимі.

- Панель регулювання ревербераційними характеристиками. Елементами керування цієї панелі здійснюється встановлення параметрів реверберації таких як час (time) та рівень (level).

2. Панель відображення:

- Графік сигналу з мікрофона при відсутності реверберації;
- графік сигналу з мікрофона при активному режимі реверберації;
- графік відображення шумового сигналу при ввімкненому відповідному йому режимі;
- графік вихідного сигналу з ревербератора;
- графік вихідного сигналу змішувача;
- графік загального відображення сигналів;
- кнопка очистки графіків.



Рисунок 3.12 – Інтерфейс розроблюваного віртуального генератора шумових сигналів

На рис.3.13 зображено інтерфейс віртуального генератора шумових сигналів в робочому режимі.

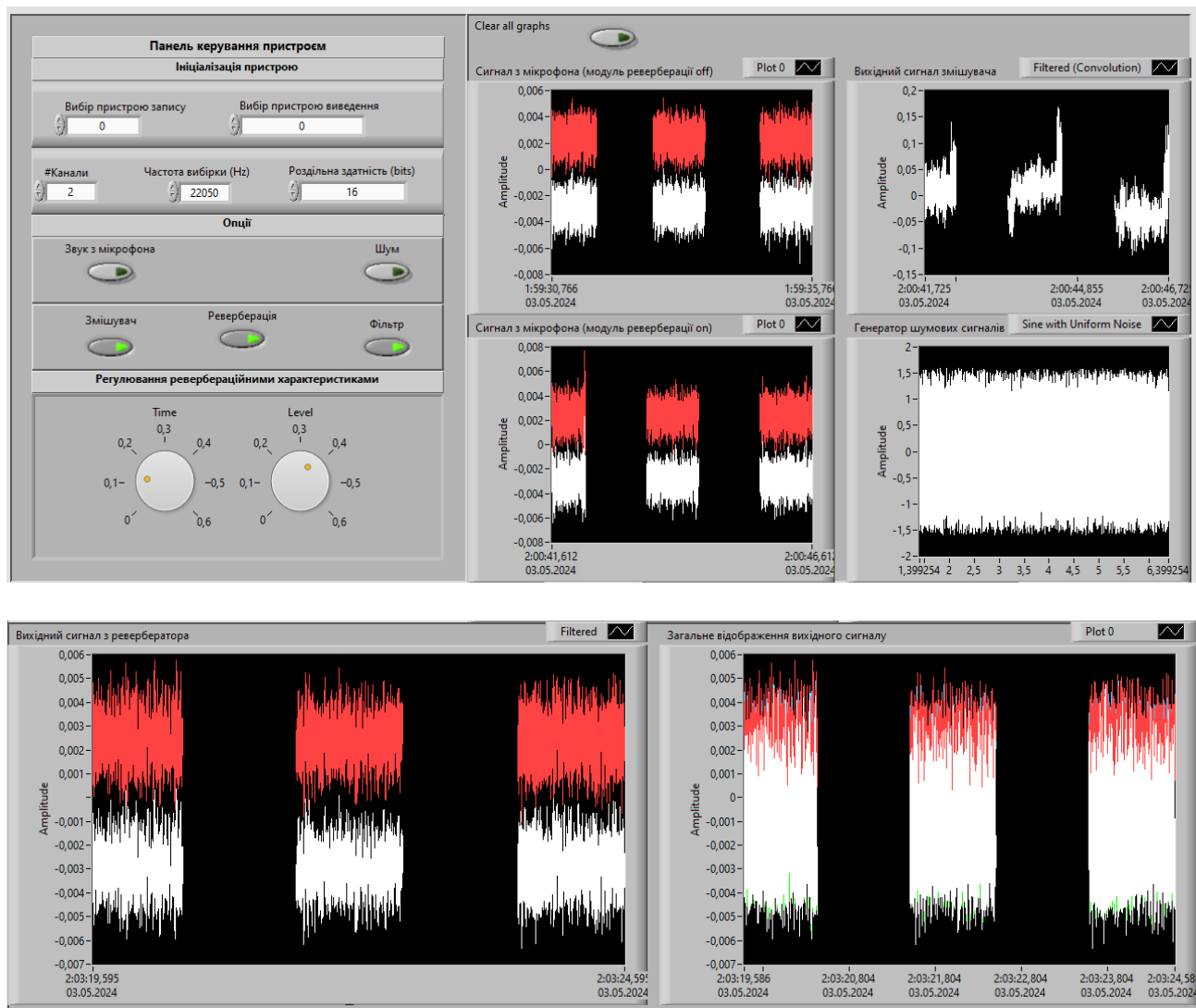


Рисунок 3.13 – Інтерфейс програми віртуального генератора шумових сигналів в робочому режимі

3.3 Перевірка роботи лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів в умовах проведення експериментального дослідження

Як було розглянуто в Розділі 1, дослідження акустичних каналів витоку інформації може зводитись до різноманітних сценаріїв. Можливості розробленого лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів дозволяють розширити рамки класичних досліджень акустичних каналів витоку інформації за рахунок використання не тільки стандартних

шумових сигналів, а й реверберованих. Таким чином, дослідження стають різнобічними за рахунок можливості врахування додаткових факторів, що мають вплив на поширення сигналів в середовищах які можуть розглядатися як потенційні об'єкти інформаційної діяльності. Отримані дані дадуть розширені уявлення, що, в свою чергу, впливатимуть на оцінку захищеності інформації і як наслідок впливатимуть на кінцеву мету – підвищення захищеності.

Основним етапом перед проведенням будь-яких досліджень є окреслення мети та наявної бази. Для проведення експериментального дослідження і перевірки роботи розробленого пристрою обрано науково-технічну лабораторію центра інформаційних технологій і технічного захисту інформації Вінницького національного технічного університету. Виходячи з наявної матеріально-технічної бази можливі такі напрямки досліджень у цьому випадку:

1. аналіз спектру звуку;
2. оцінка рівня шуму;
3. дослідження реверберації.

Для експериментального дослідження роботи розроблюваного апаратно-віртуального генератора шуму пропонується схема представлена на рис.3.14.

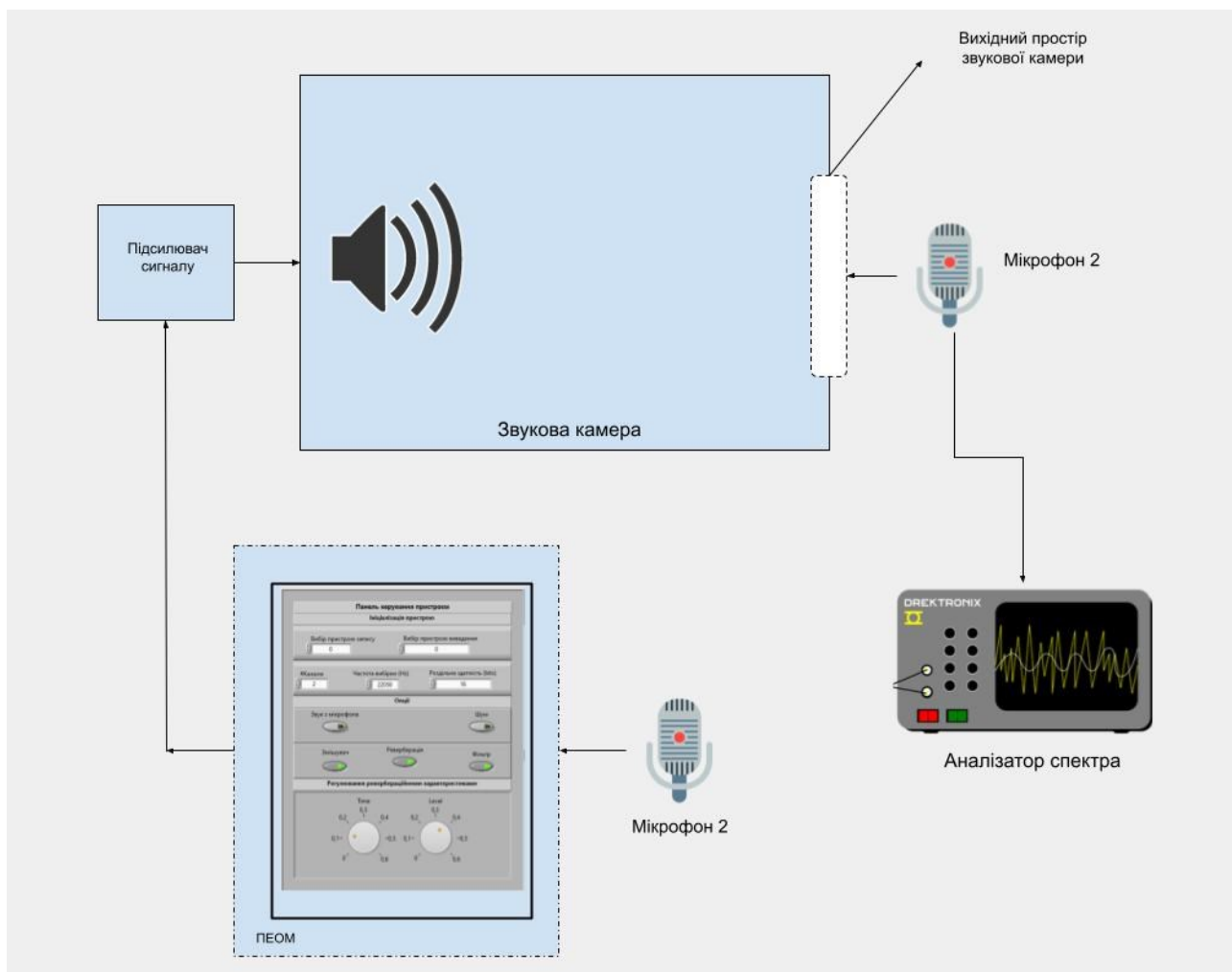


Рисунок 3.14 – Структурна схема експериментального дослідження

Відповідно до схеми рис.3.14, сигнал на виході звукопоглинальної камери може зніматися за допомогою мікрофону або акустичного датчика. Отриманий сигнал можна подати на аналіз або обробку за допомогою аналізатора спектра, осцилографа або програмного забезпечення для обробки звуку. В нашому випадку для аналізу сигналу було використано аналізатор спектра. За генерування досліджуваних сигналів відповідає віртуальний генератор розроблений в програмному середовищі LabView 2019 на базі ПЕОМ.

Конструкція звукопоглинальної екранованої камери імітує приміщення яке розглядається в якості зменшеного в масштабах об'єкта інформаційної діяльності і передбачає досліджувати акустичний вплив на різні поверхні. Детальне креслення конструкції звукопоглинальної камери наведено в Додатку Г. В якості

досліджуваної поверхні використовувалась перегородка з оргскла розміщення навпроти акустичного випромінювача на відстань довжини камери.

В Додатку Д наведено зображення зібраної установки для дослідження.

Акустичний вплив на досліджувану поверхню відбувався наступними сигналами:

- «чистий» сигнал з мікрофона;
- шумовий сигнал;
- реверберований сигнал;
- змішаний сигнал.

Як було зазначено в п.3.2, можливостями розробленого пристрою передбачено використання різних типів сигналів для безпосереднього генерування і подачі на акустичні випромінювачі. Для перевірки роботи пристрою в умовах дослідження ми обмежилися Гауссовим білим шумом.

Вихідна потужність акустичного сигналу була встановлена на рівні 70 дБ. Частотний діапазон вимірювання було встановлено від 20 Гц до 20 кГц, що відповідає звуковому.

При спектральному аналізі стандартними досліджуваними параметрами є частота та амплітуда. На основі отриманих даних частоти і амплітуди виконується оцінка цієї залежності. В табл.3.1 приведено значення отримані в ході дослідження.

Таблиця 3.1 – Значення амплітуд досліджуваних сигналів

Частота (Гц)	Амплітуда «чистого» сигналу (дБ)	Амплітуда шумового сигналу (дБ)	Амплітуда реверберованого сигналу (дБ)	Амплітуда змішаного сигналу (дБ)
20	-45	-55	-50	-48
50	-30	-40	-35	-32
100	-25	-35	-30	-27
200	-20	-30	-25	-22
500	-15	-25	-20	-18
1000	-10	-20	-15	-13
2000	-5	-15	-10	-8
5000	-2	-10	-5	-4
10000	-1	-8	-3	-2
20000	0	-7	-2	-1

На рис.3.15 зображено графік отриманих результатів дослідження спектру звуку.

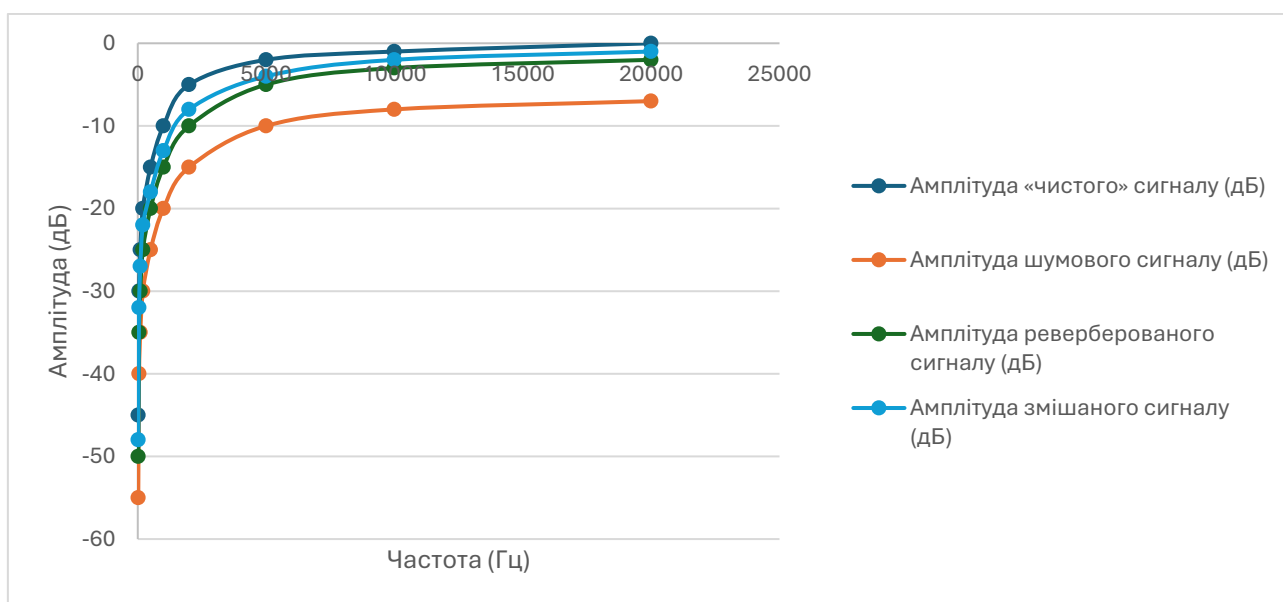


Рисунок 3.15 – Графік рівнів сигналів різного типу

Для оцінювання рівня шуму проведено дослідження, де було виміряно амплітуду на різних частотах для окремих шумових сигналів. Результати отриманих значень відображено в табл.3.2. Вимірювання виконувалося на 10 різних частотах від 20 Гц до 20 кГц для трьох обраних типів шумових сигналів: гамма шум, періодичний випадковий шум, шум Бернуллі. На рис.3.16 зображено графік отриманих результатів.

Таблиця 3.2 – Значення амплітуд досліджуваних типів шуму

Частота (Гц)	Гамма шум (дБ)	Періодичний випадковий шум (дБ)	Шум Бернуллі (дБ)
20	-55	-52	-58
50	-40	-38	-42
100	-35	-33	-36
200	-30	-28	-31
500	-25	-23	-26
1000	-20	-18	-21
2000	-15	-13	-16
5000	-10	-8	-11
10000	-8	-6	-9
20000	-7	-5	-8

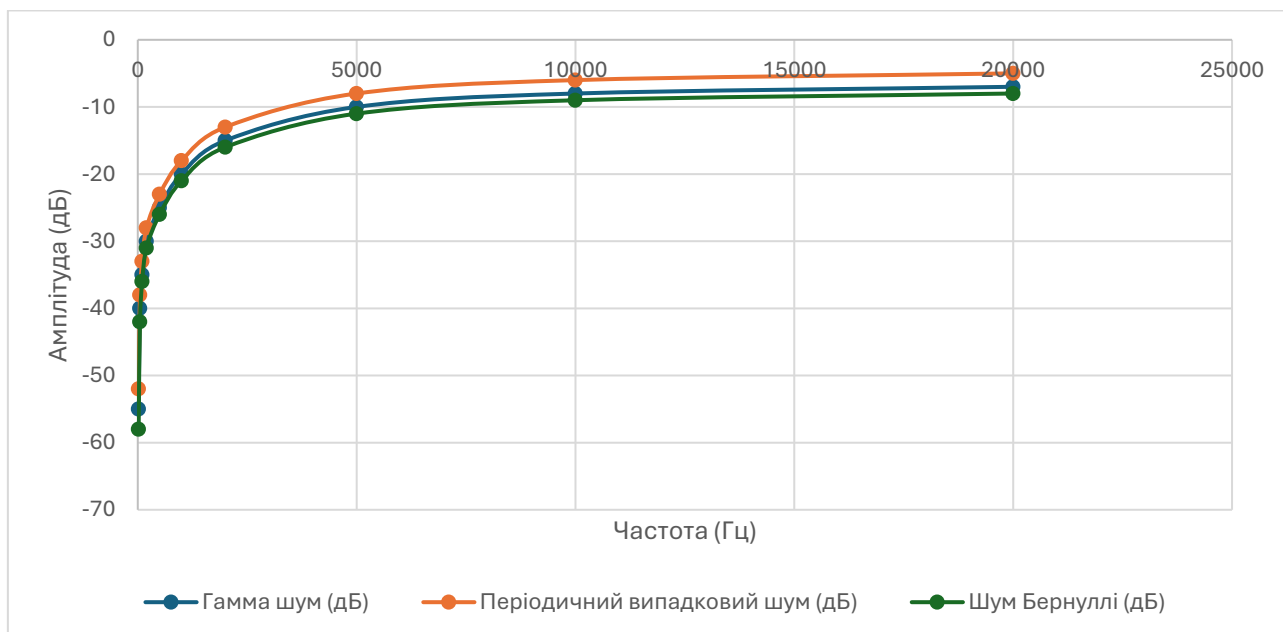


Рисунок 3.16 - Графік рівнів шумових сигналів різного типу

Для дослідження реверберації можна виміряти час затримки і амплітуду для звукового сигналу, який відтворюється в звукопоглинальній камері та його відбитків від стін камери. В нашому випадку розроблений генератор має в своєму складі блок реверберації, таким чином сигнал в камеру надходить вже реверберований програмно, це означає, що він має ефект реверберації вбудований безпосередньо в нього.

Цифровий ревербератор має налаштовувані параметри. А саме рівень (level) та час (time). Діапазон значень для обох параметрів 0 - 0.6. Відповідно до цього можна провести дослідження, варіюючи ці параметри і виміряти їх вплив на характеристики реверберованого сигналу. В табл.3.3 наведено отримані значення рівня сигналу та часу затримки. У таблиці враховані лише сім комбінацій значень параметрів рівня та часу реверберації від 0 до 0.6. Для кожної комбінації виміряється час затримки та амплітуда реверберованого сигналу. Розширення кількості комбінацій дозволить отримати більш повний набір даних для подальшого аналізу впливу параметрів реверберації на характеристики акустичних сигналів.

Таблиця 3.3 – Значення рівнів і часу затримки реверберованого сигналу

Рівень	Час	Час затримки (мс)	Амплітуда (дБ)
0,0	0,0	0	50
0,1	0,1	10	55
0,2	0,2	20	60
0,3	0,3	30	65
0,4	0,4	40	70
0,5	0,5	50	75
0,6	0,6	60	80

Так як значення рівня та часу реверберації реверберації співпадають з результирующим часом затримки, побудуємо за отриманими даними графік залежності амплітуди вимірюваного сигналу від часу затримки.

На рис.3.17 зображено графік залежності амплітуди реверберованого сигналу від часу затримки.

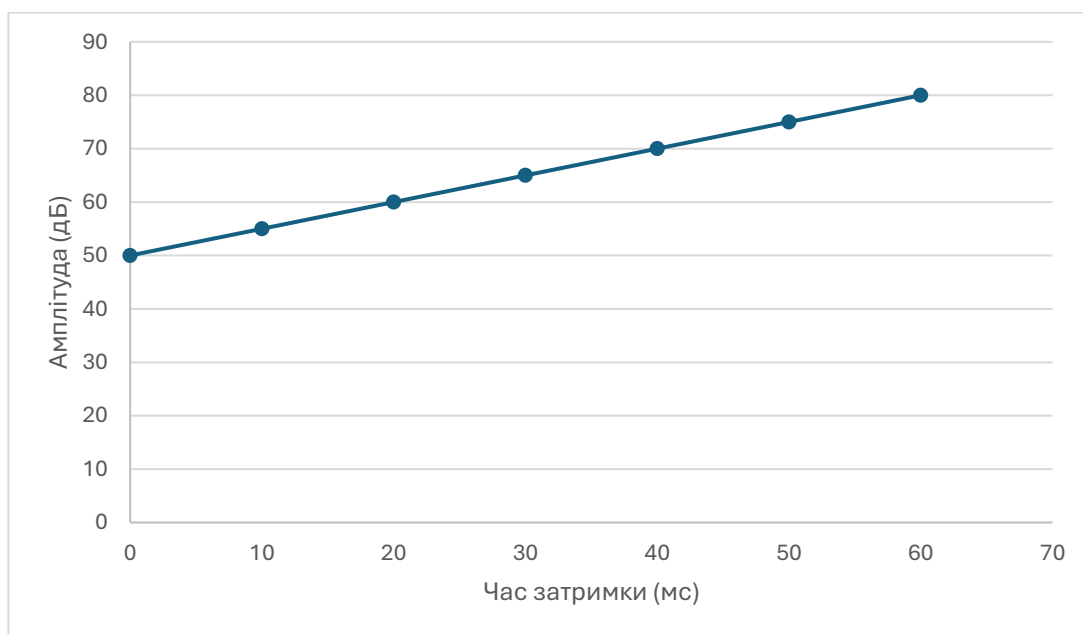


Рисунок 3.17 - Графік залежності амплітуди реверберованого сигналу від часу затримки

3.4 Висновки до розділу 3

Даний розділ бакалаврської дипломної роботи присвячено реалізації та дослідженню роботи лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму.

Для реалізації програмної частини розроблюваного пристрою було обрано програмне середовище LabView 2019. В п.3.1 розглянуто особливості даного програмного середовища та особливості обраної версії, а також обґрунтовано його вибір.

В п.3.2 представлено реалізацію програмної частини розроблюваного апаратно-віртуального генератора шуму за блоками, що передбачені структурною схемою яка була розроблена в Розділі 2 даної бакалаврської дипломної роботи, а також допоміжних функцій, що спрощуватимуть роботу з програмою та пристроєм в цілому. Зокрема, було продемонстровано розроблений користувацький інтерфейс віртуального пристрою, з яким буде взаємодіяти користувач безпосередньо при роботі.

Також, в даному розділі наведено результати перевірку розробки в умовах декількох сценаріїв експериментальних досліджень. Як зазначалося раніше, можливості лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму дозволяють розширити рамки відомих досліджень акустичних каналів витоку інформації.

В п.3.3 приведено результати експериментальних досліджень характеристик сигналів різного типу, що формуються за допомогою розроблюваного пристрою за схемою установки зображених на рис.3.14 і які було проведено на базі центру інформаційних технологій та технічного захисту інформації Вінницького національного технічного університету.

ВИСНОВКИ

Дана бакалаврська дипломна робота була присвячена розробці лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації.

В ході роботи над першим розділом було розглянуто питання утворення акустичних каналу витоку інформації. Проаналізувавши дане питання, було встановлено актуальність проведення досліджень захищеності акустичної інформації в умовах стрімкого розвитку людства та зростання ролі інформаційної безпеки. Проведення досліджень каналів витоку інформації є важливою складовою підвищення захищеності та підготовці кваліфікованих кадрів у сфері технічного захисту інформації.

Розглянуті в даному розділі методи дослідження каналів витоку акустичної інформації здатні в достатній мірі розкривати аспекти пов'язані з даними каналами, а засоби які при цьому можуть бути використані здатні забезпечити необхідний рівень проведення експериментів, проте недоліки пов'язані з високою вартістю, доступністю, складністю, гнучкістю, неможливістю розширення та покращення викликають потребу у створенні нових засобів які б були позбавлені цих недоліків.

Другий розділ бакалаврської дипломної роботи було присвячено розробці структурної функціональної схеми лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму, за якою визначено основні блоки загальної структури. Розроблено структурну схему віртуальної частини, визначено їх ролі, функції та параметри. Розроблено алгоритм реверберації для відповідного блоку віртуальної. А також розроблено підсилювач звуку і визначено його елементну базу.

В третьому розділі було здійснено вибір програмного середовища та виконано програмну реалізацію віртуальної частини лабораторного генератора шуму.

Реалізація програми лабораторного віртуального генератора шуму виконано засобами програмного середовища створення віртуальних приладів LabVIEW 2019. Представлено розроблені алгоритми і рішення які: реалізують генерування, обробку і відтворення акустичних сигналів; реалізують алгоритм реверберації; реалізують зчитування та відтворення сигналів; реалізують комбінування різних типів сигналів. Також було продемонстровано роботу комплексу. Розкрито можливості розробленого віртуального лабораторного генератора шуму, принцип його побудови та проведено експериментальну перевірку.

Розроблений лабораторний апаратно-віртуальний генератор шуму є простим та доступним за рахунок використання засобів та компонентів які є у доступності на сьогоднішній день, що дає можливість розгорнути його без серйозних фінансових витрат і використовувати у навчальних закладах. Даний пристрій володіє достатньою гнучкістю у використанні.

Програмна реалізація виконана таким чином, що дозволяє адаптовувати його роботу під різні типи задач досліджень, адже кожен елемент і блок можливо безпосередньо змінювати. Це ж і стосується апаратної частини, функціоналом комплексу передбачено заміщення компонентів на інші доступні чи більш прийнятні для тих чи інших задач.

Варіативність генерованих та оброблюваних сигналів дає можливість проводити детальні дослідження факторів, що впливають на захищеність інформації, а це, в свою чергу, впливатиме на покращення існуючих заходів направлених на безпеку інформації від витоку акустичними каналами.

Програмне середовище за допомогою якого реалізовано пристрій має відносно не високий поріг входження для роботи, що також є перевагою для роботи з ним студентами, адже є можливість додатково вивчати механіки та засоби за допомогою яких розроблений генератор функціонує, а це, в свою чергу, сприятиме кращому розумінню процесів і принципів які лежать в основі досліджень у галузі технічного захисту інформації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Акустика / О. М. Алещенко, С. Б. Дехтяр, Г. В. Лизунов, Г. В. Воронич, І. А. Котляревський, П. Д. Біленчук, М. В. Салтевський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001. – Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-43555>
2. Акустика слуху: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», освітньої програми «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: К. С. Дрозденко, О. І. Дрозденко.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 99 с.
3. Теоретичні основи акустики: тексти лекцій з дисципліни «Теоретичні основи акустики» для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»/ В. В. Усик. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 204 с.
4. Хмелевський Р. М. Дослідження оцінки загроз інформаційній безпеці об'єктів інформаційної діяльності. Сучасний захист інформації. 2016. № 4. С. 65–70.
5. Горліченко С. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ВІД СУЧАСНИХ ІКС. Ukrainian Scientific Journal of Information Security. 2023. Т. 29, № 2. С. 80–87. URL: <https://doi.org/10.18372/2225-5036.29.17872> (дата звернення: 24.05.2024).
6. Попович Н. І. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ УТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНИХ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. 2015. № 37. С. 154–160.
7. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації. Навчальний посібник / Іванченко С.О., Гавриленко О.В., Липський О.А., Шевцов А.С. – К.: ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2016. – 104 с.

8. Конахович Г.Ф., Климчук В.П., Паук С.М., Потапов В.Г., Чуприн В.М., Горбунов О.О. Захист інформації в телекомунікаційних системах: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2009. – 380 с.
9. mmEcho: A mmWave-based Acoustic Eavesdropping Method / P. Hu et al. *2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*, San Francisco, CA, USA, 21–25 May 2023. 2023.
10. H. Buchner, "Acoustic Echo Cancellation for Multiple Reproduction Channels: From First Principles to Real-Time Solutions," *ITG Conference on Voice Communication* [8. ITG-Fachtagung], Aachen, Germany, 2008, pp. 1-4.
11. Shvyrev B. A., Timonov D. A. Acoustic information leakage channel by modulating visible light. *Journal of the Ural Federal District Information security*. 2019. Vol. 19, no. 1. P. 11–16.
12. A Side-Channel Attack Resistive ECDSA / A. Samir Abo-Taleb et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1454. P. 012003. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1454/1/012003> (date of access: 24.05.2024).
13. Електронні системи: навчальний посібник / Й. Й. Білинський, К. В. Огороднік, М. Й. Юкиш. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 208 с.
14. Бортник, Г. Г. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах : підручник / Г. Г. Бортник, В. М. Кичак. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 232 с. ISBN 978-966-641-544-1
15. Лайонс, Р. Цифрова обробка сигналів: пров. з англ. / Р. Лайонс. - 2-е вид. - М.: Біном-Пресс, 2006.
16. Барсуков О. М., Кав'юк В. В., Потапенко В. В. Виділення аудіосигналу на фоні шуму з використанням методу сингулярного спектрального аналізу. *Системи озброєння і військова техніка*. 2018. № 1(53). С. 61–66.
17. Філатова Г.Є. Проектування цифрових фільтрів: навчальний посібник / Г.Є. Філатова. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – 120 с
18. Головін М., Головіна Н. Фур'є перетворення в якості аплікації спектрального аналізу звуків у курсах комп'ютерної фізики та захисту

інформації. *COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION*. 2021. № 42. С. 37–42.

19. Трасковецька Л., Вальчук О., Гащук І. МОЖЛИВОСТІ MATLAB У ДОСЛІДЖЕННІ СПЕКТРАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки*. 2020. Т. 79, № 1. С. 278–291.

20. Audacity. Audacity ® | Free Audio editor, recorder, music making and more!. URL: <https://www.audacityteam.org/download/windows/>

21. Ашихмін А. В. Автоматичне визначення шумового профілю аудіозапису / А. В. Ашихмін // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. - 2010. - Т. 112. - С. 110-116.

22. Бочарніков В. П. Частотно-часовий аналіз сигналів на основі функцій поведінки і арифметичних рядів. Частина 1. Аналіз підходів, опис методу. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського*. 2019. № 3-64. С. 103–115.

23. Овечко В. С. Вейвлет-аналіз часової структури електромагнітних сигналів на базі їх розкладу в ряд елементарних хвильових пакетів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Фізико-математичні науки"*. 2010. Вип. 1. С. 184–186.

24. Speaker verification from mixture of speech and non-speech audio signals via using pole distribution of piecewise linear predictive coding coefficients / T. Tagomori et al. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2020.

25. Sadeghi M., Marvi H., Ali M. The effect of different acoustic noise on speech signal formant frequency location. *International Journal of Speech Technology*. 2018. Vol. 21, no. 3. P. 741–752.

26. Ingard K. U. Noise reduction analysis. Hingham, Mass : Infinity Science Press, 2010.

27. Спектральна густина. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи ТЕЗ-3 з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / В.І. Корнієнко,

О.Ю. Гусєв, О.І. Нікольська, І.Г. Олішевський ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 24 с.

28. Методи та засоби технічного захисту інформації. Опорний конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Системи технічного захисту інформації» спеціальності 125 «Кібербезпека» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Луценко, Д. О. Прогонов. – Електронні текстові дані (1 файл: 37,65 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 289 с.

29. White Noise, Pink Noise, and Brown Noise: What's the Difference?. *WebMD*. URL: <https://www.webmd.com/sleep-disorders/pink-noise-sleep>

30. Барановський Д. ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ. Психолого-педагогічні основи впровадження сучасних інформаційних технологій та інноваційних методик навчання і виховання студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. 2014. Розд. 4. С. 194–198.

31. Мельник М. Р. Дослідження методів визначення часу реверберації T20 / М. Р. Мельник, А. Б. Керницький // Комп'ютерні технології друкарства. - 2017. - № 1. - С. 102-109

32. Дуняшев, М.Р. Розробка комп'ютерної програми для дослідження впливу шуму та реверберації на розбірливість мови : Дипломна робота бакалавра: 171 Електроніка - Київ, 2021. - 73 с.

33. Koriakin O. METHODS OF USING ARTIFICIAL REVERBERATION IN MODERN SOUND ENGINEERING. *OPEN EDUCATIONAL E-ENVIRONMENT OF MODERN UNIVERSITY*. 2022. No. 12. P. 49–58. URL: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2022.124>

34. Семенов Д. О. Тестування алгоритмів і плагінів для реверберації звука : пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 171 Електроніка / Д. О. Семенов

; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2023. – 65 с.

35. Valhalla DSP | Reverb & Delay Plugins. *Valhalla DSP*. URL: <https://valhalladsp.com/>

36. FabFilter Pro-R 2 - Reverb Plug-In. *FabFilter - Quality Audio Plug-Ins for Mixing, Mastering and Recording - VST VST3 AU CLAP AAX AudioSuite*. URL: <https://www.fabfilter.com/products/pro-r-2-reverb-plug-in>

37. Effects : Rc 48 | Komplete. *Native Instruments - Software And Hardware For Music Production And Djing*. URL: <https://www.native-instruments.com/en/products/komplete/effects/rc-48/>

38. TC Electronic M 3000 | MUSICMAG - Інтернет магазин. *musicmag.com.ua*. URL: <https://musicmag.com.ua/tc-electronic-m-3000.html>

39. Lexicon PCM96. *AudioShop*. URL: <https://audioshop.com.ua/lexicon2/pcm96/>.

40. Процесор ефектів EVENTIDE H8000FW. *Інтернет-магазин музичних інструментів, обладнання в Україні*. URL: <https://4club.com.ua/uk/processor-effektov-eventide-h8000fw/>.

41. Сигнальний процесор YAMAHA SPX2000. *Музичні інструменти • Інтернет магазин музичних інструментів - Jam.ua*. URL: https://jam.ua/ua/yamaha_spx2000?mobile=false.

42. Signal Hound BB60C аналізатор спектра реального часу 9 кГц – 6 ГГц. *Hantek вимірювальні прилади та обладнання*. URL: <https://hantek.com.ua/bb60c>.

43. N5182B MXG X-Series RF Vector Signal Generator, 9 kHz to 6 GHz. *Design, Emulation, and Test Solutions to Connect and Secure the World*. URL: <https://www.keysight.com/zz/en/product/N5182B/mxg-x-series-rf-vector-signal-generator-9-khz-6-ghz.html>

44. EVAL-AD5930. *Mixed-signal and digital signal processing ICs*.
URL: <https://www.analog.com/en/resources/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/eval-ad5930.html>
45. 2550 Series Digital Storage Oscilloscopes - B&K. *Mouser Electronics*.
URL: <https://eu.mouser.com/new/bk-precision/bkprecision-2550-oscilloscopes/>
46. Dynamic Signal Analyzer - SR785. SRS Home Page. URL: <https://www.thinksrs.com/products/sr785.html>.
47. Labcenter Electronics. *PCB Design and Circuit Simulator Software - Proteus*. URL: <https://www.labcenter.com/>
48. Test and Measurement Systems, a part of Emerson. *Mess- und Prüfsysteme, bei Emerson - NI*. URL: <https://www.ni.com/en.html>
49. Introduction to LabVIEW. *LabVIEW™ Advanced Programming Techniques*. 2017. P. 1–68. URL: <https://doi.org/10.1201/9781420004915-1>
50. LabVIEW Features. *LabVIEW™ Advanced Programming Techniques*. 2017. P. 69–134. URL: <https://doi.org/10.1201/9781420004915-2>
51. Bitter R., Mohiuddin T., Nawrocki M. *LabVIEW: Advanced Programming Techniques*. Taylor & Francis Group, 2010. 500 p.
52. Real-time programming. *Graphical Programming Using LabVIEW™: Fundamentals and advanced techniques*. 2022. P. 303–318.
URL: https://doi.org/10.1049/pbpc046e_ch17

ДОДАТКИ

Додаток А. Технічне завдання

Вінницький національний технічний університет

Факультет менеджменту та інформаційної безпеки

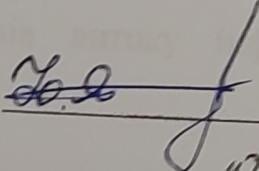
Кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова секції “Управління інформаційною

безпекою” кафедри МБІС

д.т.н., професор


Ю.Є. Яремчук

«22» березня 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

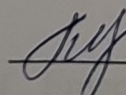
до бакалаврської дипломної роботи на тему:

«Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів
для дослідження акустичних каналів витоку інформації»

08-72.БДР.018.00.087.ТЗ

Керівник бакалаврської дипломної роботи

д.ф., доцент каф. МБІС


Салієва О.В.

«_____» _____

Вінниця – 2024р.

1. Найменування та область застосування

Лабораторний апаратно-віртуальний генератор шумових сигналів.

Область застосування: проведення досліджень акустичних каналів витоку інформації .

2. Підстава для розробки

Розробка виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 66 від 24.03.2024 р.

3. Мета та призначення розробки

3.1 Мета розробки: розроблення лабораторного генератора шумових сигналів для вирішення питань оцінювання захищеності та дослідження акустичних каналів витоку інформації.

3.2 Призначення: розроблений пристрій дозволяє розширити можливості проведення досліджень акустичних каналів витоку інформації та бути використаним в навчальному процесі.

4. Джерела розробки

4.1. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації. Навчальний посібник / Іванченко С.О., Гавриленко О.В., Липський О.А., Шевцов А.С. – К.: ІСЗЗІ НТУУ «КПІ», 2016. – 104 с.

4.2. Конахович Г.Ф., Климчук В.П., Паук С.М., Потапов В.Г., Чуприн В.М., Горбунов О.О. Захист інформації в телекомунікаційних системах: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2009. – 380 с.

4.3. Барановський Д. ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ. Психолого-педагогічні основи впровадження сучасних інформаційних технологій та інноваційних методик навчання і виховання студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. 2014. Розд. 4. С. 194–198.

4.4. Test and Measurement Systems, a part of Emerson. Mess- und Prüfsysteme, bei Emerson - NI. URL: <https://www.ni.com/en.html>

4.5.Real-time programming. Graphical Programming Using LabVIEW™: Fundamentals and advanced techniques. 2022. P. 303–318. URL: https://doi.org/10.1049/pbpc046e_ch17

5. Вимоги до розробки

5.1 Апаратна частина розробки повинна містити:

- мікрофонний пристрій;
- ПЕОМ;
- підсилювач сигналів;
- акустичні випромінювачі.

5.2 Складові програмної частини:

- блок приймання, обробки та відтворення сигналів;
- блок фільтрів сигналів;
- цифровий ревербератор;
- блок генерування шумових сигналів різного типу.

5.2 Вимоги до надійності:

5.2.1 Програмна частина повинен працювати без помилок, у випадку виникнення критичних ситуацій необхідно передбачити виведення відповідних повідомлень;

5.2.2 Програмна частина повинна виконувати свої функції.

5.3 Вимоги до складу і параметрів технічних засобів:

- процесор – Intel Pentium 4 або подібні до них, або старші ;
- оперативна пам'ять – не менше 1 Gb;
- середовище функціонування – операційна система сімейство Windows;
- вимоги до техніки безпеки при роботі з програмою повинні відповідати існуючим вимогам та стандартам з техніки безпеки при користуванні комп'ютерною технікою.

6. Вимоги до технічного захисту інформації

6.1 Неможливість отримання доступу сторонніх користувачів до відкритих даних.

6.2. Обробка даних без можливості перегляду їх вмісту третіми сторонами.

6.2. Обробка даних без можливості перегляду їх вмісту третіми сторонами.

7. Техніко-економічні показники

7.1 Цінність результатів використання даного проекту повинна перевищувати витрати на його реалізацію.

7.2 Має бути реалізований таким чином, щоб підходити для використання широкого загалу.

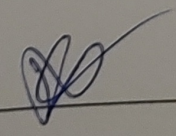
8. Стадії та етапи розробки

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Початок	Закінчення
1.	Визначення напрямку бакалаврської роботи, формулювання теми	22.03.2024	27.03.2024
2.	Аналіз предметної області обраної теми	28.03.2024	13.04.2024
3.	Розробка	14.04.2024	04.05.2024
4.	Написання бакалаврської роботи на основі розробленої теми	08.05.2024	27.05.2024
5.	Передзахист бакалаврської дипломної роботи	30.05.2024	10.06.2024
6.	Виправлення, уточнення, корегування бакалаврської дипломної роботи	12.06.2024	17.06.2024
7.	Захист бакалаврської дипломної роботи	12.06.2024	17.06.2024

9. Порядок контролю та прийому

9.1 До приймання бакалаврської дипломної роботи надається:

- ПЗ до бакалаврської дипломної роботи;
- демонстрація результату бакалаврської дипломної роботи;
- презентація;
- відгук керівника роботи;
- відгук рецензента.

Технічне завдання до виконання прийняв  Рудь В.В.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів для дослідження акустичних каналів витоку інформації

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: Кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем
Факультет менеджменту та інформаційної безпеки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 98 %

Схожість 2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Коваль Н.П.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Рудь В.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Салієва О.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток В. Технічні характеристики мікросхеми LM358



LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N
SH058TJ1 – JANUARY 2000 – REVISED MARCH 2002

LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-bump DSBGA chip-sized package (see AN-1112, [SNVA009](#))
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3 V to 32 V
 - Or dual supplies: ± 1.5 V to ± 16 V
- Very low supply current drain (500 μ A) essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing
- Unique characteristics:
 - In the Linear Mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
 - The unity gain cross frequency is temperature compensated
 - The input bias current is also temperature compensated
- Advantages:
 - Two internally compensated op amps
 - Eliminates need for dual supplies
 - Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
 - Compatible with all forms of logic
 - Power drain suitable for battery operation

2 Applications

- Active filters
- General signal conditioning and amplification
- 4-mA to 20-mA current loop transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

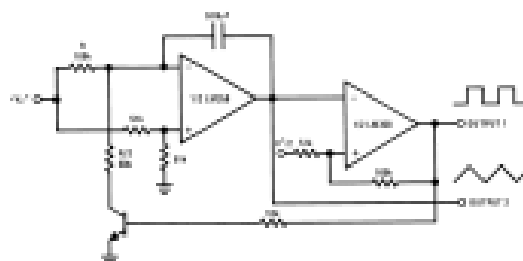
Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional ± 15 -V power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip-sized package (8-bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information

PART NUMBER ⁽¹⁾	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm $\times$ 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm $\times$ 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm $\times$ 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm $\times$ 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm $\times$ 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm $\times$ 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm $\times$ 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm $\times$ 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm $\times$ 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm $\times$ 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



Voltage Controlled Oscillator (VCO)

Додаток Г. Технічні характеристики транзисторів BC327 та BC338



BC327/328

Switching and Amplifier Applications

- Suitable for AF-Driver stages and low power output stages
- Complement to BC337/BC338



PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CE}	Collector-Emitter Voltage		
	: BC327	-50	V
	: BC328	-30	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage		
	: BC327	-45	V
	: BC328	-25	V
V_{EB}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current (DC)	-800	mA
P_C	Collector Power Dissipation	625	mW
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

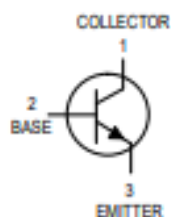
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
BV_{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = -10\text{mA}, I_B = 0$				
	: BC327		-45			V
	: BC328		-25			V
BV_{CES}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = -0.1\text{mA}, V_{EB} = 0$				
	: BC327		-50			V
	: BC328		-30			V
BV_{EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = -10\mu\text{A}, I_C = 0$	-5			V
I_{CES}	Collector Cut-off Current					
	: BC327	$V_{CE} = -45\text{V}, V_{BE} = 0$		-2	-100	mA
	: BC328	$V_{CE} = -25\text{V}, V_{BE} = 0$		-2	-100	mA
h_{FE1} h_{FE2}	DC Current Gain	$V_{CE} = -1\text{V}, I_C = -100\text{mA}$	100		630	
		$V_{CE} = -1\text{V}, I_C = -300\text{mA}$	40			
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -500\text{mA}, I_B = -50\text{mA}$			-0.7	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = -1\text{V}, I_C = -300\text{mA}$			-1.2	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = -5\text{V}, I_C = -10\text{mA}, f = 20\text{MHz}$		100		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CE} = -10\text{V}, I_C = 0, f = 1\text{MHz}$		12		pF

h_{FE} Classification

Classification	18	25	40
h_{FE1}	100 ~ 250	160 ~ 400	250 ~ 630
h_{FE2}	60-	100-	170-

Amplifier Transistors

NPN Silicon



BC337,-16,-25,-40
BC338,-16,-25,-40



CASE 29-04, STYLE 17
 TO-18 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC337	BC338	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	45	25	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	50	30	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	5.0		Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	800		mA dc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0		mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12		Watt mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–55 to +150		$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

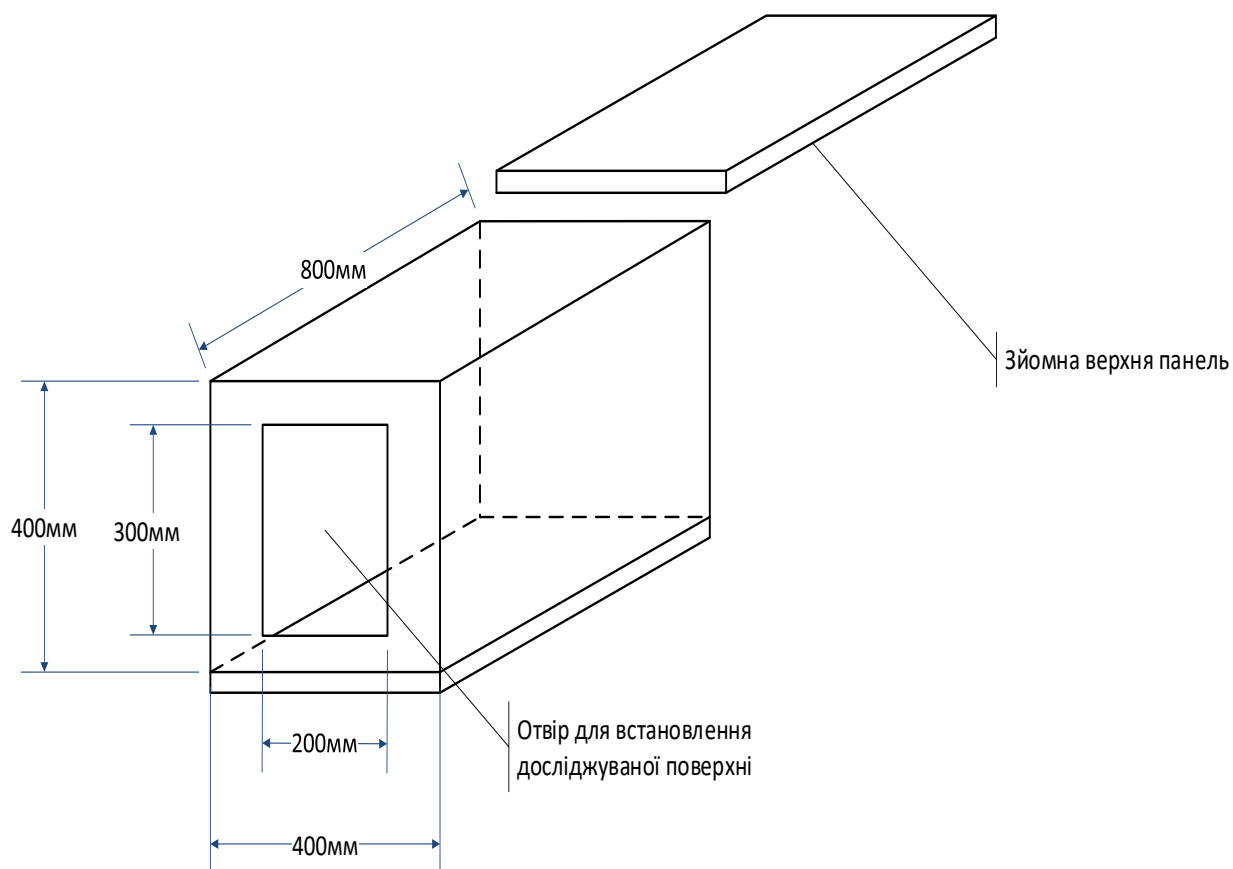
Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10\text{ mA}, I_E = 0$)	BC337 BC338	$V_{(BR)CEO}$	45 25	— —	— —	Vdc
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}, I_E = 0$)	BC337 BC338	$V_{(BR)CES}$	50 30	— —	— —	Vdc
Emitter–Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\text{ }\mu\text{A}, I_C = 0$)		$V_{(BR)EBO}$	5.0	—	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30\text{ V}, I_E = 0$) ($V_{CE} = 20\text{ V}, I_E = 0$)	BC337 BC338	I_{CBO}	— —	— —	100 100	nA dc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 45\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 25\text{ V}, V_{BE} = 0$)	BC337 BC338	I_{CES}	— —	— —	100 100	nA dc
Emitter Cutoff Current ($V_{EB} = 4.0\text{ V}, I_C = 0$)		I_{EBO}	—	—	100	nA dc

Додаток Д. Конструкція звукопоглинальної екранованої камери

Додаток Е. Вигляд установки для дослідження



Додаток Є. Ілюстративна частина

Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів для дослідження акустичних каналів витоку інформації

КЕРІВНИК: К.Т.Н. ДОЦ.КАФ.МБІС

САЛІЄВА О.В.

РОЗРОБИВ: СТ.ГР. 1КІТС-20Б

РУДЬ В.В.

Актуальність і мета роботи

Актуальність. Окрім цифрової інформації, яка на сьогоднішній день є найпоширенішою, особливо цікавою є мовна інформація. Особливо важливою з точки зору захисту є смислова складова мовної інформації.

У сучасному суспільстві будь-яка комерційна або некомерційна діяльність супроводжується проведенням конфіденційних переговорів. Первинним способом передачі мовної інформації є акустичні коливання повітряного середовища, що створюються мовним апаратом учасників переговорів. Вторинними способами стають вібраційні, магнітні, електричні та електромагнітні коливання у різних частотних діапазонах, які можуть призводити до витоку конфіденційної інформації за межі переговорного простору. Запобігання такому витоку здійснюється комплексно, за допомогою різноманітних заходів, включаючи використання технічних засобів та проведення відповідних досліджень.

Дослідження відіграють ключову роль у вивченні явищ, впливів та проблем у різних сферах діяльності, включаючи технічний захист інформації. За останній час, з різким зростанням інформаційних ресурсів і збільшенням інтересу до захисту даних, виникла потреба у підготовці кваліфікованих фахівців та проведенні спеціальних досліджень у цій галузі. Для цього необхідні відповідні інструменти та засоби, які допомагали б у проведенні досліджень і навчанні фахівців.

Для проведення таких досліджень необхідна спеціалізована апаратура, яка забезпечувала б швидке та точне вивчення процесів витоку інформації, а також отримання якісних та кількісних даних щодо захищеності інформації. Проте, існує проблема доступності такої апаратури, особливо для використання в освітньому процесі.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка лабораторного генератора шуму який можна було б використовувати при різнобічних дослідженнях акустичних каналів витоку інформації. Особлива увага зосереджена на тому, щоб генератор був доступним, гнучким у налаштуваннях, масштабованим та використовував сучасні методи побудови, а також повністю використовував можливості сучасних обчислювальних систем та програмного забезпечення.

Задачі

- проаналізувати особливості акустичних каналів витоку інформації;
- проаналізувати способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації;
- проаналізувати сучасні засоби які можуть бути використані при проведенні досліджень;
- розробити структурну схему лабораторного генератора шумових сигналів;
- вибрати основні компоненти та алгоритми;
- розробити основний алгоритм роботи розроблюваного пристрою;
- обрати програмне середовище для розробки;
- реалізувати обрані та розроблені алгоритми;
- реалізувати основну програму генератора шуму.

Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

Дослідження акустичних каналів витоку інформації є важливим напрямком у сфері технічного захисту інформації. Вони включають в себе аналіз різних аспектів акустичних сигналів та їх потенційних загроз безпеці інформації.

Методи дослідження акустичних каналів витоку інформації:

- спектральний аналіз;
- часовий аналіз;
- спектральний аналіз шуму.

Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

Спектральний аналіз шуму є відіграє важливу роль у багатьох областях, включаючи акустичні дослідження, сенсорну електроніку, телекомунікації та обробку сигналів. Найбільш близьким до теми розробки є саме цей метод.

Спектральний аналіз шуму в контексті досліджень акустичних каналів витоку інформації є важливим етапом для розуміння та виявлення потенційних загроз безпеці інформації. Оскільки акустичні сигнали можуть бути використані для передачі конфіденційної інформації, важливо мати можливість відрізнити корисний сигнал від шуму та інших небажаних джерел.

Основні аспекти спектрального аналізу шуму в дослідженнях акустичних каналів витоку інформації включають:

Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

Основні аспекти спектрального аналізу шуму в дослідженнях акустичних каналів витоку інформації включають:

- 1) Ідентифікація шуму. Акустичні канали можуть бути піддані різноманітним джерелам шуму, таким як природні амб'єнтні звуки, електричні шуми, артефакти обладнання тощо. Спектральний аналіз дозволяє ідентифікувати ці джерела шуму та визначати їх характеристики у частотній області.
- 2) Аналіз спектральних характеристик шуму. Шум може мати свої характеристики у спектральній області, які можуть відрізнятися від характеристик корисного сигналу. Спектральний аналіз дозволяє виявити ці характеристики, такі як розподіл частот, величину потужності тощо.
- 3) Фільтрація шуму. Одним із методів боротьби з шумом є фільтрація, яка полягає в приглушенні небажаних компонентів сигналу. Спектральний аналіз допомагає визначити частотні характеристики шуму, що дозволяє розробити ефективні фільтри для їх вилучення.
- 4) Виявлення відмінностей у спектрах. Спектральний аналіз може допомогти виявити відмінності між спектрами корисного сигналу та шуму. Це важливо для виявлення аномалій, які можуть бути пов'язані з витоком конфіденційної інформації через акустичний канал.
- 5) Моніторинг та виявлення загроз безпеці. Спектральний аналіз шуму може бути використаний для постійного моніторингу акустичних каналів з метою виявлення потенційних загроз безпеці та вчасної реакції на них.

Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

Серед досліджень акустичних каналів витоку інформації з використанням спектрального аналізу шуму слід виділити напрямок який стосується такого явища як **реверберация**.

Реверберация, або відбиття звуку від поверхонь у приміщенні, може впливати на спектральний аналіз шуму. залежно від матеріалів та розмірів приміщення, реверберация може призводити до підсилення або заглушення певних частот у спектрі шуму.

У дослідженнях впливу реверберации на генерацію шуму у закритих приміщеннях використовуються різні інструменти та обладнання для проведення вимірювань та аналізу. До них включають:

- звукові мікрофони;
- звукові аналізатори;
- акустичні камери;
- спектральні аналізатори;
- акустичні матеріали та обладнання.

Способи та методи дослідження акустичних каналів витоку інформації

У контексті захисту акустичної інформації, дослідження впливу реверберации на генерацію шуму може мати важливе значення. Враховуючи, що реверберация може впливати на спектральні характеристики звуку та робити його відновлення складнішим, ці дослідження можуть виявити особливості акустичного середовища, які можуть бути використані для витоку або перехоплення інформації.

Аспекти, які можуть бути досліджені з точки зору захисту акустичної інформації:

- Дослідження можуть виявити конкретні області в приміщенні, де рівень реверберации високий, що може призводити до підвищення рівня шуму та погіршення конфіденційності акустичної інформації.
- Дослідження можуть допомогти визначити, які частоти стають більш видимими або менш видимими через вплив реверберации. Це може бути важливим для аналізу можливостей атаки на акустичні системи.
- На основі досліджень можуть бути розроблені заходи для зменшення впливу реверберации на конфіденційність акустичної інформації. Це може включати використання акустичних матеріалів для зменшення реверберации або застосування технологій для компенсації впливу реверберации під час передачі або реєстрації акустичних сигналів.
- Дослідження можуть допомогти в ідентифікації можливих методів атаки, які можуть використовувати реверберацию для витоку акустичної інформації. Може включати аналіз методів експлуатації акустичних характеристик приміщення для перехоплення або аналізу акустичної інформації.

Як бачимо, дослідження впливу реверберации на генерацію шуму можуть мати важливе значення для розробки та вдосконалення методів захисту акустичної інформації в умовах закритих приміщень.

Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації

Ревербератори. Фізичні
цифрові ревербератори.



Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації

Ревербератори. Фізичні
цифрові ревербератори.

Параметр	TC Electronic M3000	Lexicon PCM96	Eventide H8000FW	Yamaha SPX2000
Час реверберації (сек)	До 8	До 12	До 5	До 5
Просторові моделі	15	Більше 20	Багато	Багато
Вхід / Вихід	XLR / TRS	XLR / TRS	XLR / TRS	XLR / TRS
Роздільна здатність (біти)	24	24	24	24
Динамічний діапазон (дБ)	128	120	115	105
Частотна характеристика	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц	20 Гц - 20 кГц
Вартість (грн.)	57 000	166 000	415 000	64 000

Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації

Генератори шуму

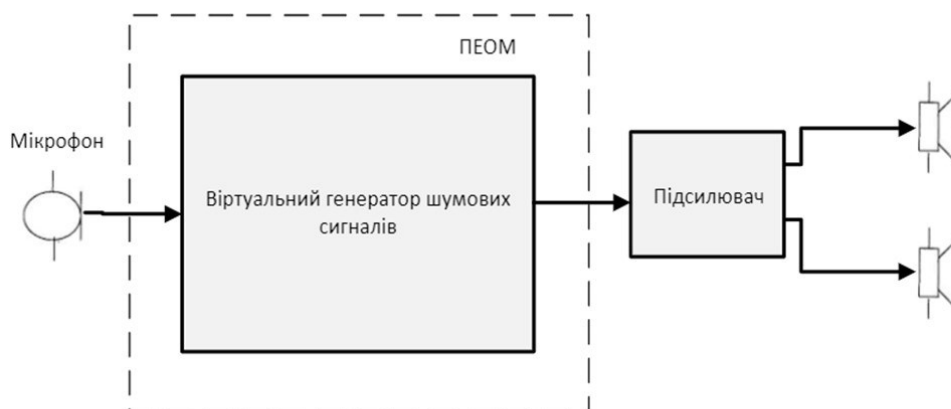


Засоби дослідження акустичних каналів витоку інформації

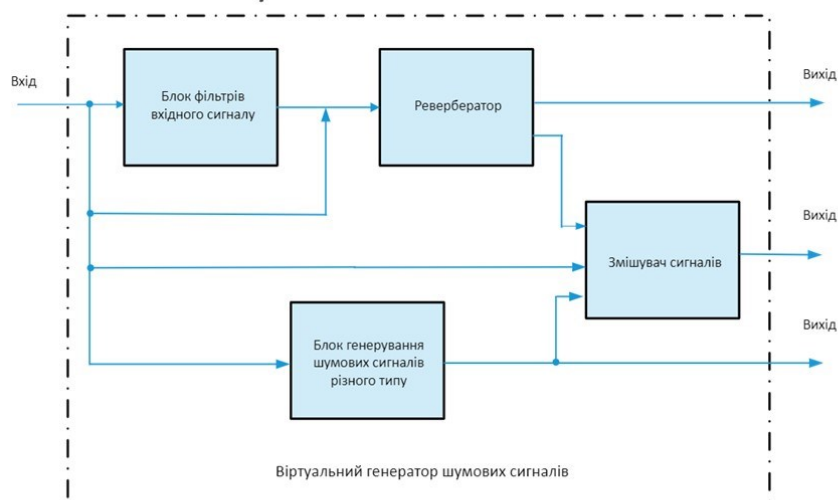
Генератори шуму

Характеристика / Модель	Signal Hound BB60C	Keysight N5182B MXG	AD5930 Programmable	B&K Precision 2550	SRS SR785
Діапазон частот	9 кГц - 6 ГГц	9 кГц - 6 ГГц	До 100 МГц	До 3.5 ГГц	До 102.4 кГц
Чутливість	-165 дБм/Гц	-165 дБм/Гц	-60 дБм/Гц	-165 дБм/Гц	До -133 дБм
Потужність	+10 дБм	До +23 дБм	5 Вт	40 Вт	+10 дБм
Генерація шуму	Білий, рожевий	Білий, АМ, FM, РМ	Білий, рожевий	Білий	Білий
Реальний час аналізу	До 24 МГц	До 1 кГц	200 Гц	20 МГц	102.4 Гц
Роздільна здатність частоти	До 1 Гц	До 1 Гц	1 мГц	1 мкГц	До 1 Гц
Вартість (USD)	3 700	43 000	200	2 090	15 000

Загальна структурна схема



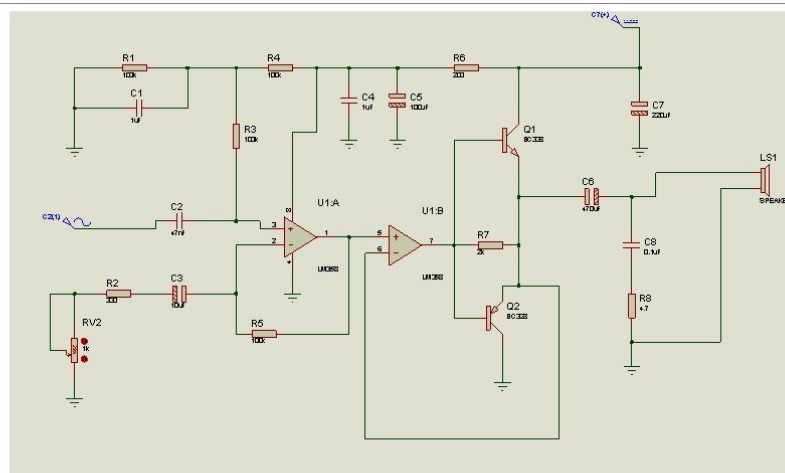
Структурна схема віртуального генератора шумових сигналів

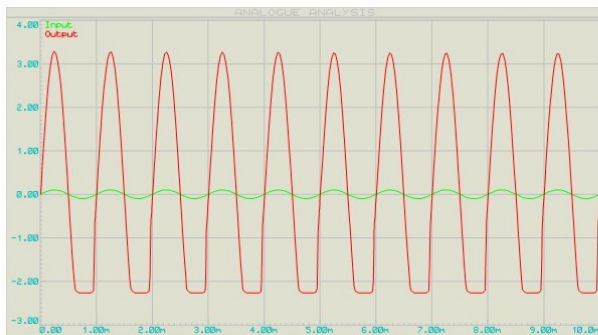


Алгоритм реверберації



Схема підсилювача



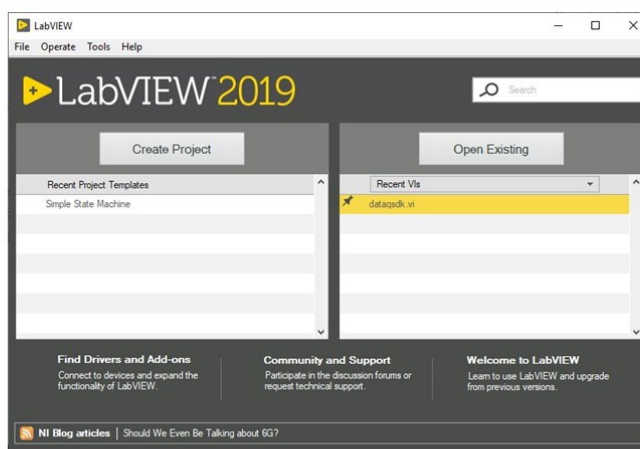


Відображення вхідного і вихідного сигналу

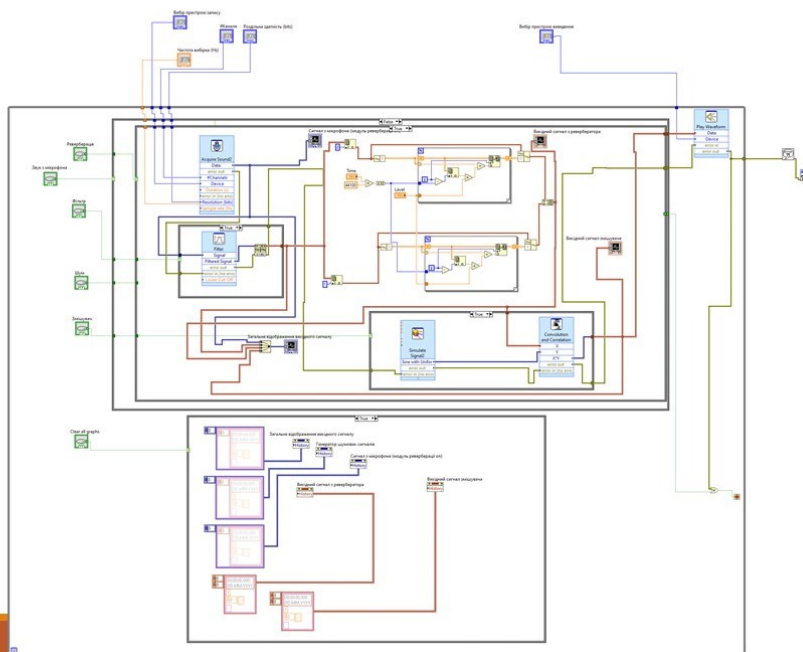


Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

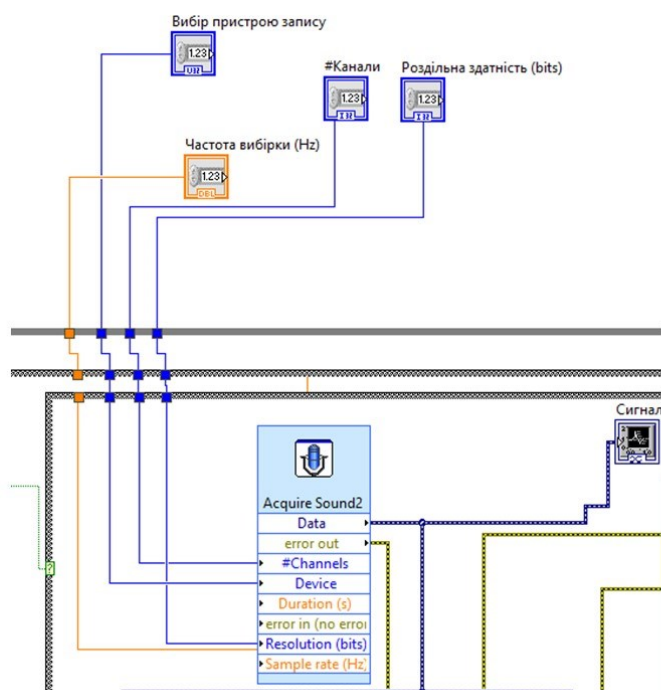
Середовище реалізації



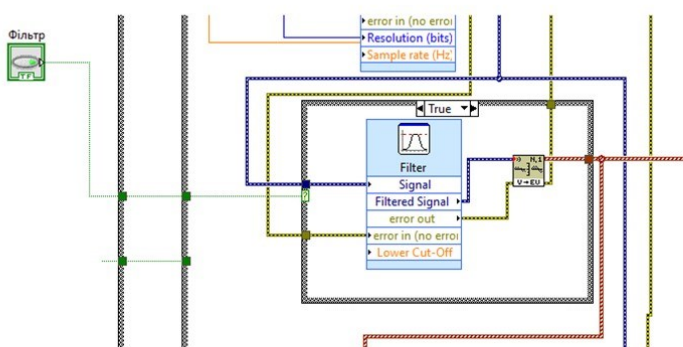
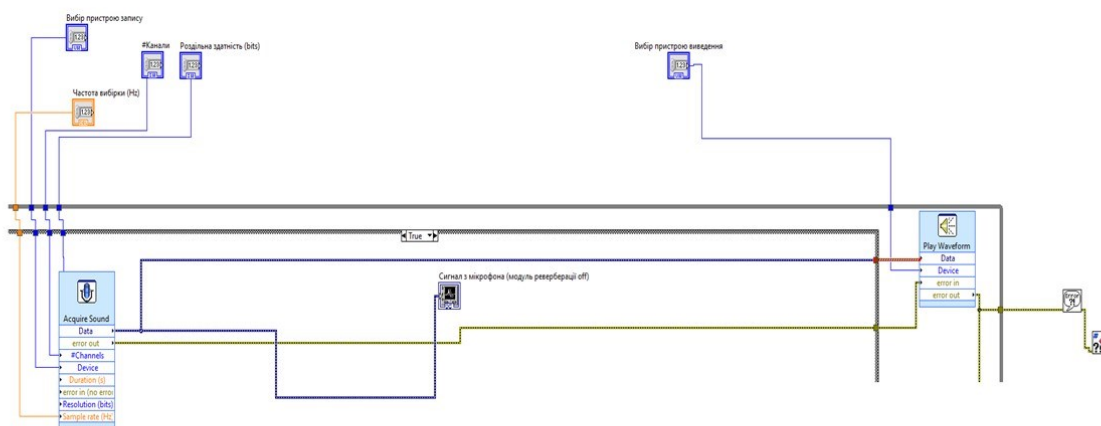
Графічний код програми віртуального генератора шумових сигналів



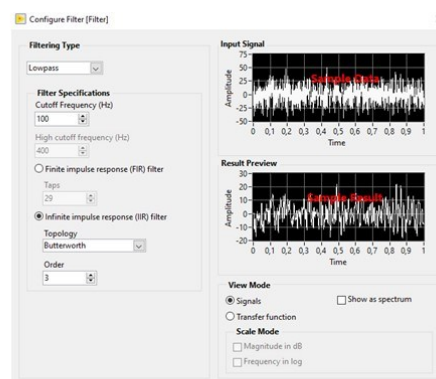
Графічний код
алгоритму
ініціалізації
мікрофонного
входу



Графічний код алгоритму тестування роботи мікрофону

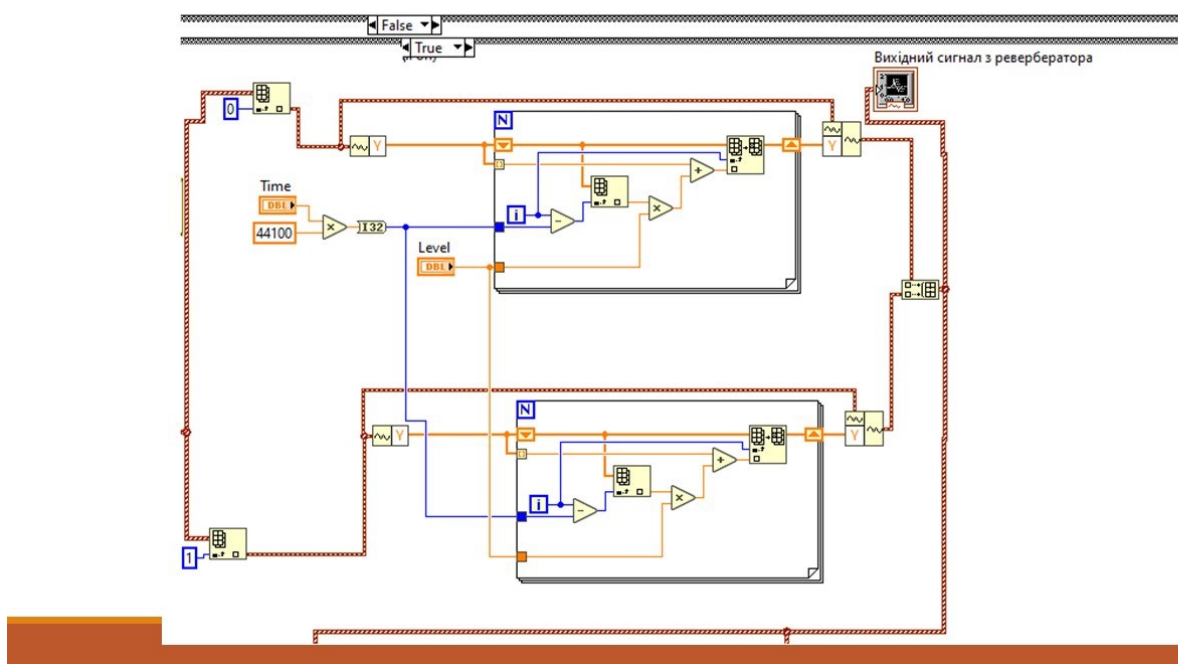


Блок фільтрів вхідного сигналу

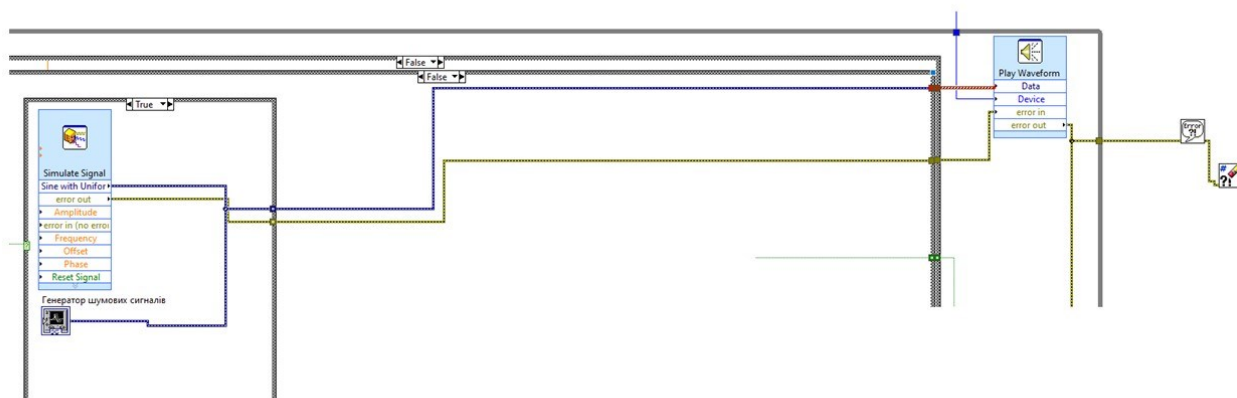


Вікно конфігурації блока фільтрів

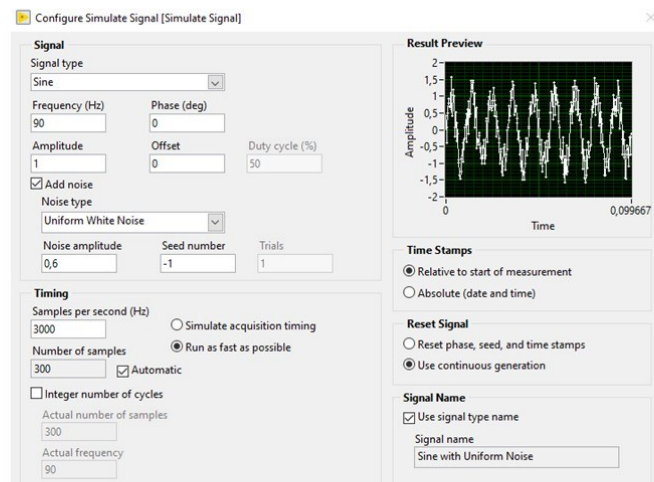
Графічний код алгоритму цифрового ревербератора



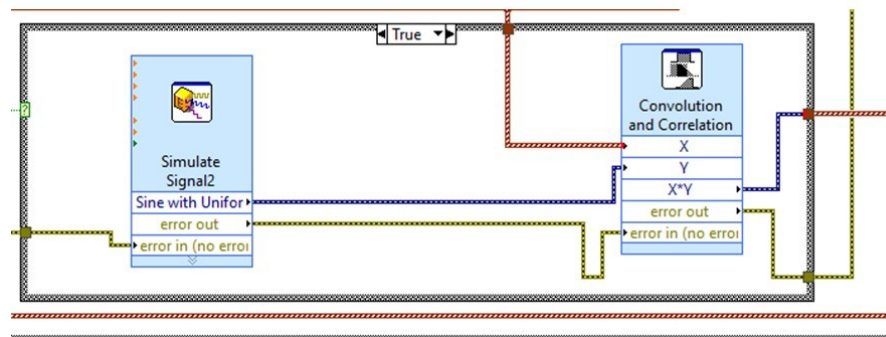
Графічний код алгоритму генерування шумових сигналів



Вікно конфігурування генерування шумових сигналів



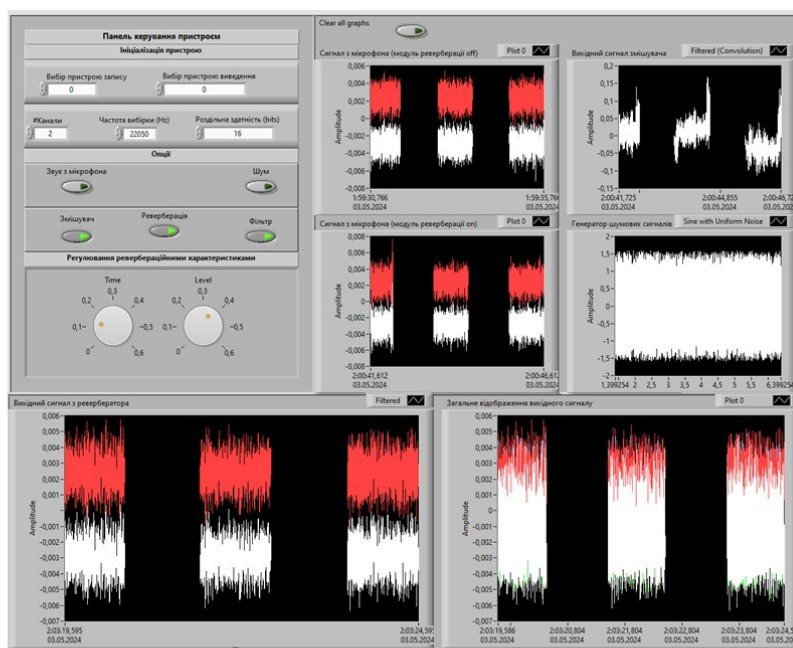
Графічний код алгоритму змішування сигналів



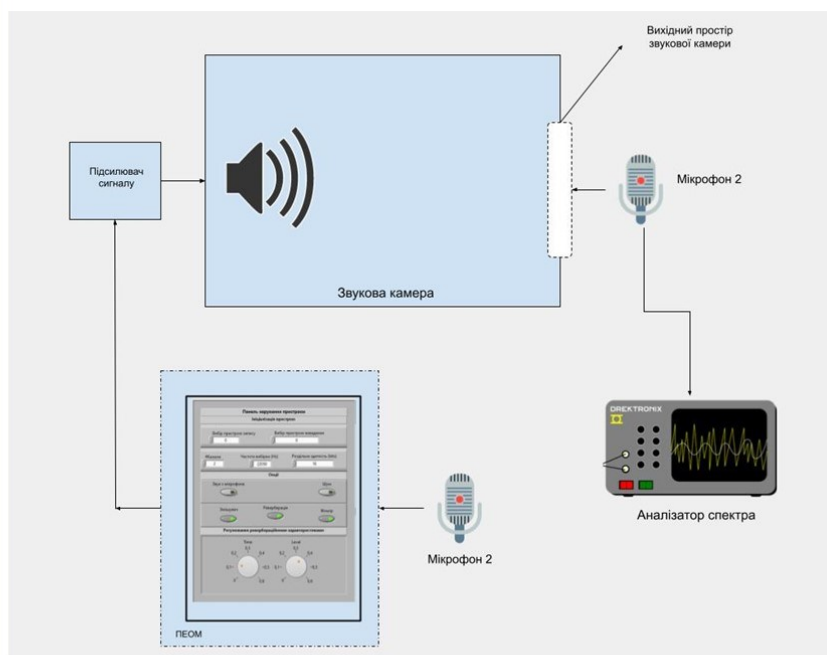
Інтерфейс віртуального генератора шумових сигналів



Інтерфейс віртуального генератора шумових сигналів



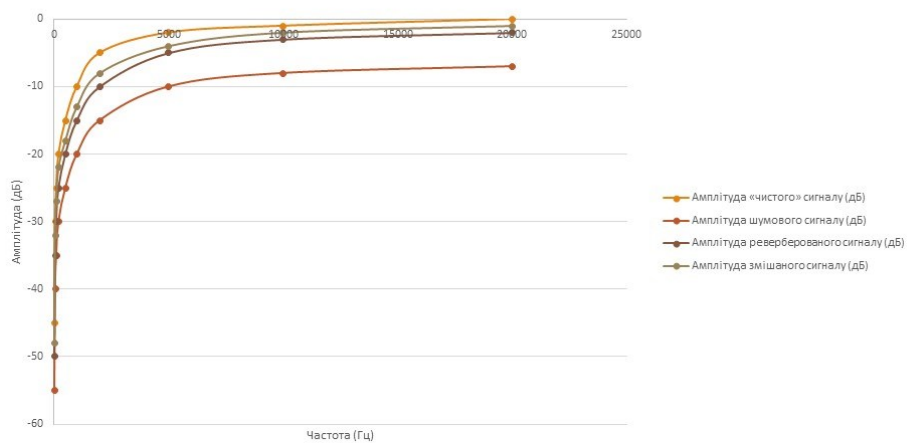
Структурна схема
експериментального
дослідження



Вигляд
установки для
дослідження



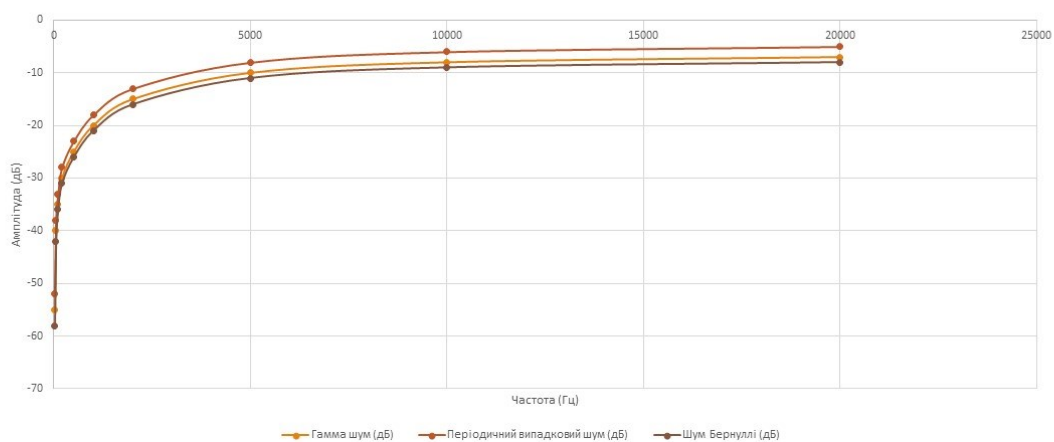
Отримані результати



Графік рівнів сигналів різного типу

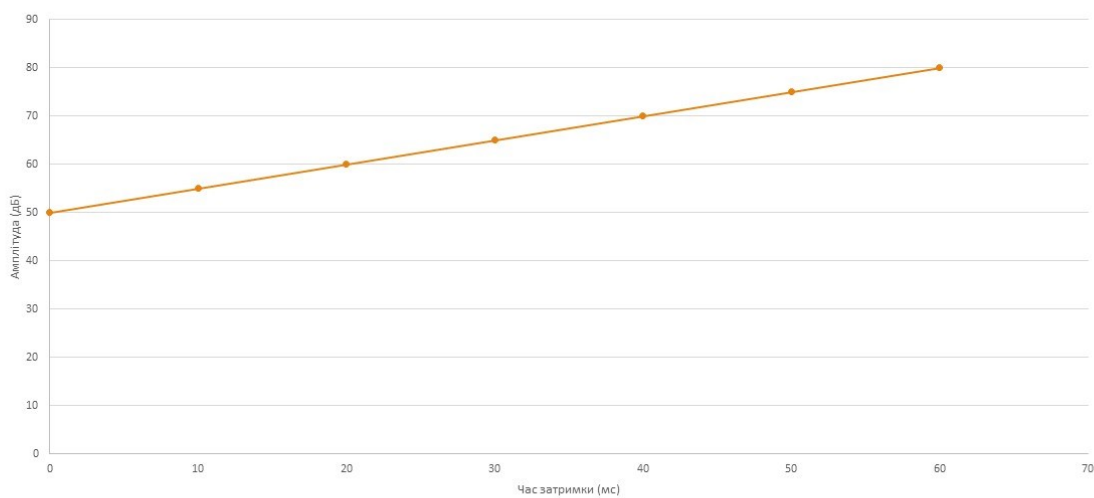


Отримані результати



Графік рівнів шумових сигналів різного типу

Отримані результати



Графік залежності амплітуди ревербованого сигналу від часу затримки

Висновки

Дана бакалаврська дипломна робота була присвячена розробці лабораторного апаратно-віртуального генератора шуму для дослідження акустичних каналів витоку інформації.

Розроблений лабораторний апаратно-віртуальний генератор шуму є простим та доступним за рахунок використання засобів та компонентів які є у доступності на сьогоднішній день, що дає можливість розгорнути його без серйозних фінансових витрат і використовувати у навчальних закладах. Даний пристрій володіє достатньою гнучкістю у використанні.

Програмна реалізація виконана таким чином, що дозволяє адаптовувати його роботу під різні типи задач досліджень, адже кожен елемент і блок можливо безпосередньо змінювати. Це ж і стосується апаратної частини, функціоналом комплексу передбачено заміщення компонентів на інші доступні чи більш прийнятні для тих чи інших задач.

Варіативність генерованих та оброблюваних сигналів дає можливість проводити детальні дослідження факторів, що впливають на захищеність інформації, а це, в свою чергу, впливатиме на покращення існуючих заходів направлених на безпеку інформації від витоку акустичними каналами.

Програмне середовище за допомогою якого реалізовано пристрій має відносно не високий поріг входження для роботи, що також є перевагою для роботи з ним студентами, адже є можливість додатково вивчати механіки та засоби за допомогою яких розроблений генератор функціонує, а це, в свою чергу, сприятиме кращому розумінню процесів і принципів які лежать в основі досліджень у галузі технічного захисту інформації.



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка лабораторного апаратно-віртуального генератора шумових сигналів для дослідження акустичних каналів витоку інформації

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: Кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем
Факультет менеджменту та інформаційної безпеки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 98 % Схожість 2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку _____ Коваль Н.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Рудь В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Салієва О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

