

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет  
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЖУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою**

**«Радіотехнічні інформаційні технології»**

**спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи РТ-гб1-1

Вергелес Тарас Андрійович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доц., к.т.н.,

Шпилька Олександр Олександрович \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:

К.б.н., доцент

Гусев Аркадій Миколайович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доц., к.т.н.,

Сушко І.О. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЖУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломний проект студенту

**Вергелесу Тарасу Андрійовичу**

1. Тема проекту «Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари», керівник проекту Шпилька Олександр Олександрович, к.т.н. доцент, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом проекту 05.06.2020
3. Вихідні дані до проекту:  
Спроекувати пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари, з наступними технічними характеристиками:  
Вхідна напруга живлення 9–12 В;  
Вхідний струм живлення 2,5 А;  
Вхідний опір сигналу 10М Ом;
4. Зміст пояснювальної записки:

Розділ 1: «ОГЛЯД АНАЛОГІВ».

Розділ 2: «ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ».

Розділ 3: «СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА».

Розділ 4: «ЕФЕКТ ЗВУКУ. РЕВЕРБЕРАЦІЯ».

Розділ 5: «КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗДІЛ».

Розділ 6: «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ».

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) схема електрична принципова, друкована плата, друкований вузол.

6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Гусев А.М., к.б.н., доцент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	ОГЛЯД АНАЛОГІВ	27.04.20 – 01.05.20	
2	ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	01.05.20 – 10.05.20	
3	СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА	10.05.20 – 17.05.20	
4	ЕФЕКТ ЗВУКУ. РЕВЕРБЕРАЦІЯ	17.05.20 – 20.05.20	
5	КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	20.05.20 – 25.05.20	
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	06.06.2020	

Студент

Тарас ВЕРГЕЛС

Керівник

Шпилька ОЛЕКСАНДР

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

## АНОТАЦІЯ

**Актуальність теми** зумовлена активним розвитком цифрових пристроїв та їх впливом на музичну індустрію.

**Метою роботи** є проектування пристрою внесення звукових ефектів для електрогітари. Основним завданням є прийом, цифрова обробка на основі ефектів реверберації та підсилення вихідного сигналу електрогітари.

Для досягнення мети розглянуто та проаналізовано аналоги пристрою. Було здійснено аналіз ТЗ, спроектовано структурну схему та схему електричну принципову, а також конструкцію друкованої плати.

**Ключові слова:** педаль ефектів, підсилення, цифрова обробка сигналу, реверберація.

## ANNOTATION

**The urgency of the topic** is due to the active development of digital devices and their impact on the music industry.

**The purpose of the work** is to design a device for making sound effects for an electric guitar. The main task is the reception, digital processing based on the effects of reverberation and amplification of the output signal of the electric guitar.

To achieve this goal, the analogues of the device are considered and analyzed. The analysis of the vehicle was performed, the structural scheme and the circuit diagram were designed, as well as the design of the printed circuit board.

Keywords: effects pedal, amplification, digital signal processing, reverberation.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до дипломного проекту**

на тему: Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари

Київ — 2020 року

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
ВСТУП .....	3
<b>1.1 Аналіз технічного завдання .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Актуальність теми .....</b>	<b>4</b>
<b>1 ОГЛЯД АНАЛОГІВ.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Педаль ефектів Еко EOD-3.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Педаль ефектів BOSS BD-2 .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Педаль ефектів Dunlop M116 MXR Fullbore Metal.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Педаль ефектів Dunlop M104 MXR Distortion+.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Педаль ефектів Dunlop MC402 Custom Audio Electronics .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 Педаль ефектів Bogner Burnley .....</b>	<b>8</b>
<b>1.7 Педаль ефектів Dunlop M234 Analog Chorus.....</b>	<b>9</b>
<b>1.8 Педаль ефектів Daphon E10CS .....</b>	<b>9</b>
<b>1.9 Педаль ефектів Electro-Harmonix Big Muff PI .....</b>	<b>10</b>
<b>1.10 Висновки .....</b>	<b>11</b>
<b>2 ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Блок обробки.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1 Цифровий сигнальний процесор.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2 АЦП (Аналого-цифровий перетворювач) .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3 ЦАП (Цифро-аналоговий перетворювач).....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Блок попереднього підсилення .....</b>	<b>15</b>

						<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>		
ЗМ	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари	Літ	Лист	Листів
Розроб-	Вергелес Т.А.						1	
Переві-	Мирончук О.Ю.							
Н. Кошт	ПІБ					<b>PTr-61-1 PTF</b>		
Затвер-	Шпилька							

2.2.1 Звукознімач DIMARZIO DP427BK Sugar Charka.....	15
2.2.2 Звукознімач DIMARZIO DP281BK Rainmaker Neck .....	16
2.2.3 Звукознімач DIMARZIO DP252W Gravity Strom Neck .....	16
2.2.4 Звукознімач DIMARZIO DP123BK Model J Set.....	17
2.2.5 Звукознімач DIMARZIO DP419W Area 67 .....	17
2.2.6 Висновки.....	18
2.3 Блок управління.....	18
2.3.1 Огляд управління аналогів .....	18
2.3.2 Висновки.....	19
2.4 Блок індикації.....	19
2.5 Блок підсилення вихідного сигналу.....	20
2.6 Блок живлення .....	21
2.7 Побудова структурної схеми.....	21
<b>3. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА .....</b>	<b>22</b>
3.1 Вибір цифрового сигнального процесора .....	22
3.2 Забезпечення живлення .....	26
3.3 Попереднє підсилення .....	27
3.4 Підсилювачі.....	28
3.5 Під'єднання .....	28
3.5.1 STM32F4 Discovery.....	28
3.5.2 Кнопки .....	28
3.5.3 Дисплей.....	29

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари	Літ.	Лист.	Листів
Розроб-		Вергелес Т.А.					1	
Переві-		Мирончук О.Ю.			<b>PTг-61-1 РТФ</b>			
Н. Кошт.		П.І.Б.						
Затвер-		Шпилька						

3.6 Висновки .....	29
<b>4. ЕФЕКТ ЗВУКУ. РЕВЕРБЕРАЦІЯ.....</b>	<b>30</b>
4.1 Походження .....	30
4.2 Ефекти .....	30
4.2.1 Ефект спотворення .....	31
4.2.2 Ефект овердрайв.....	31
4.2.3 Ефект фуз .....	31
4.2.4 Ефект Вау-вау.....	31
4.2.5 Ефект Ділей .....	32
4.2.6 Ефект Хорус .....	32
4.2.7 Ефект Фланжер .....	32
4.2.8 Ефект Файзер .....	32
4.2.9 Ефект Лупер.....	33
4.2.10 Ефект Компресор .....	33
4.2.11 Ефект Октавер.....	33
4.2.12 Висновки .....	33
4.3 Ефект Реверберація .....	34
4.3.1 Суть ефекту реверберації .....	34
4.3.2 Штучне отримання реверберації.....	35
4.3.3 Структура та методи відтворення .....	36
4.3.4 Типи реверберації.....	38
4.3.5 Висновки .....	39

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари	Літ.	Лист.	Листів
Розроб-		Вергелес Т.А.					1	
Переві-		Мирончук О.Ю.			<b>PTг-61-1 РТФ</b>			
Н. Кошт.		П.І.Б.						
Затвер-		Шпилька						

<b>5 КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1 Схема електрична принципова.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2 Бібліотека компонентів для AD.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3 Розрахунки площі друкованої плати (ДП).....</b>	<b>44</b>
<b>5.4 Розрахунки ширини провідників.....</b>	<b>46</b>
<b>5.4.1 Для сигнальних.....</b>	<b>46</b>
<b>5.4.2 Для силових.....</b>	<b>47</b>
<b>5.4.3 Висновки.....</b>	<b>47</b>
<b>5.5 Трасування ДП.....</b>	<b>47</b>
<b>5.5.1 Трасування плати у 2D.....</b>	<b>48</b>
<b>5.5.2 Трасування плати у 3D.....</b>	<b>48</b>
<b>5.6 Висновки.....</b>	<b>49</b>
<b>6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>50</b>
<b>6.1 Перелік основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні досліджень.....</b>	<b>50</b>
<b>6.2 Основні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.....</b>	<b>51</b>
<b>6.2.1 Відповідність параметрів виробничого приміщення санітарним нормам.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.2 Відповідність рівня освітленості робочої зони санітарним нормам.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.3 Відповідність санітарним нормам параметрів мікроклімату в робочій зоні.....</b>	<b>53</b>

				<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>								
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб-		Вергелес Т.А.			Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари	<table border="1"> <tr> <td>Літ.</td> <td>Лист</td> <td>Листів</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td></td> </tr> </table>	Літ.	Лист	Листів		1	
Літ.	Лист	Листів										
	1											
Переві-		Мирончук О.Ю.										
Н. Кошт.		ПІБ			<b>PTг-61-1 РТФ</b>							
Затвер-		Шпилька										

6.2.4	Відповідність електробезпеки відповідним нормам .....	55
6.3	Пожежна безпека та профілактика .....	56
7	ВИСНОВКИ .....	59
	Перелік посилань .....	60

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>			
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб-</i>	<i>Вергелес Т.А.</i>				<i>Пристрій внесення звукових</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Переві-</i>	<i>Мирончук О.Ю.</i>						1	
<i>Н. Кошт.</i>	<i>П.І.Б.</i>				<i>ефектів для електрогітари</i>	<b>PTг-61-1 РТФ</b>		
<i>Затвер-</i>	<i>Шпилька</i>							

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЦСП — Цифровий сигнальний процесор

АЧХ — Амплітудно-частотна характеристика

АЦП — Аналого-цифровий перетворювач

ЦАП — Цифро-аналоговий перетворювач

СП — Схема електрична принципова

ДП — Друкована плата

AD — Altium Design 18

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						2
<i>Зм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Ще на початку ХХ століття джазові виконавці, які грали блюз, кантрі чи соул, могли запросто обійтись без підсилення звуку свої музичних інструментів. Але вже на початку 1930-х років все частіше і частіше у джазових гітаристів почала виникати потреба у звуковому підсиленні. Перша електрогітара була сконструйована в 1924 році інженером-винахідником Ллойдом Лоером, який на той момент працював у компанії Gibson. У 1930–1940х роках електрогітара з магнітним звукознімачем, який перетворював коливання металевих струн в коливання електричного струму, призвела до справжньої революції в музичній індустрії. Спотворення звуку, яке спочатку сприймалось як брак, змогло дати для музикантів того часу неймовірну кількість нових тембрів та забезпечити значно цікавіше звучання.

Вже зараз можна з впевненістю сказати, що до такої революції призвів саме винахід магнітного звукознімача, а не електрогітари в цілому. Сигнал з такого звукознімача можна обробляти для досягнення різноманітних звукових тембральних ефектів, а потім підсилювати за допомогою акустичних систем. Було виявлено, що при підключенні виходу одного підсилювача на вхід іншого, другий виявлявся перенавантаженим, що забезпечувало абсолютно нове звучання електрогітари. В процесі експериментів було створено новий, компактний пристрій, що зміг імпортувати звук, який створювався при перенавантаженні гітарних підсилювачів, саме такий пристрій і назвали “педаць ефектів” завдяки своїй компактності та своєму принципу використання.

### 1.1 Аналіз технічного завдання

Метою роботи є проектування пристрою внесення звукових ефектів для електрогітари. Основним завданням є прийом, цифрова обробка на основі ефектів реверберації та підсилення вихідного сигналу електрогітари.

Пристрій має мати зовнішнє джерело живлення та відповідати наступним вимогам:

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						3
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

Вхідна напруга живлення 9–12 В;

Вхідний струм живлення 2,5 А;

Вхідний опір сигналу 10М Ом;

Пристрій складається з наступних блоків:

- Блок попереднього підсилення сигналу;
- Блок оброки сигналу;
- Блок підсилення вихідного сигналу;
- Блок управління;
- Блок індикації;
- Блок живлення.

## 1.2 Актуальність теми

На сьогодні різноманітне звучання електрогітар, а саме нестандартні тембральні ефекти це те, що потрібно як і для професійного рок-музиканта так і звичайного новачка у цій галузі музичного мистецтва. Спосіб перепрограмування педалі ефектів під електрогітару дає безкінечну можливість та варіацію різноманітних ефектів для досягнення бажаного тембру. Досягти цього можна, використовуючи лише комп'ютер, без будь-яких інших зовнішніх засобів.

Сьогодні музиканти мають набагато більше можливостей надати своїм композиціям більш унікального звучання ніж раніше, оскільки, з'явилась можливість створювати педаль мультіефектів та обробляти звук в реальному часі. Це не тільки дає змогу збільшити кількість ефектів, а і значно пришвидшити написання музики.

Значними характеристиками при виборі такої педалі ефектів є її легкість, компактність, простота в керуванні та невелика ціна.

					<i>PT61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						4
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

Педаль ефектів на сьогодні є незамінним атрибутом для сучасного електрогітариста, в якому б стилі він не виступав. Для певних жанрів використовують різні види ефектів. Також існують і педалі, які призначені безпосередньо для бас-гітар. В цілому вони є аналогічними до електрогітарних, проте можуть відрізнятися своєю структурою.

В першу чергу для кожного музиканта важливим є чистота звучання інструменту. Безпосередньо саме звучання може залежати від багатьох факторів: якість та матеріал виготовлення електрогітари, комбопідсилювач (комб'юк), основними елементами якого можуть бути як і електронні лампи так і напівпровідники, гітарний медіатор ну і звичайно сама педаль ефектів (примочка).

Якщо брати саму примочку, то такий фактор, як висока чистота звуку забезпечується достатньо якісною елементною базою приладу та конструкції в цілому. Відповідно ціна таких примочок є досить великою і не кожен бажаючий може забезпечити себе хорошим звучанням ефектів своєї електрогітари.

Розглянемо декілька аналогів для пристрою внесення звукових ефектів. Візьмемо до уваги основні параметри, якість та ціну.

## 1.1 Педаль ефектів Еко EOD-3

Така педаль призначена для легкого джазового звучання та чудово підходить як для соло-партій так і для ритм-партій рис. 1.1.

Ціна: 3100 грн.

Тип приладу: аналоговий.

Вихід та вхід: jack (1/4).

Має лише один ефект: overdrive.

Основними характеристиками є відносно стандартні габарити та вага.

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						5
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 — Гітарна педаль ефектів Еко EOD-3

### 1.2 Педаль ефектів BOSS BD-2

Даний пристрій забезпечує блюзове звучання електрогітари. Можна використовувати і для бас-гітар. Має 5-ти річну гарантію рис. 1.2.

Ціна: 3250 грн.

Тип: аналоговий.

Вихід та вхід: jack (1/4).

Ефекти: overdrive, distortion.

Стандартні габарити та вага.



Рис 1.2. — Гітарна педаль ефектів BOSS BD-2

### 1.3 Педаль ефектів Dunlop M116 MXR Fullbore Metal

Дана педаль характерна досить потужним звучанням, з можливою перенастройкою верхніх та нижніх частот для ще більш агресивнішого та гострого звучання. Також має вбудований шумопонижувач, який регулюється додатковим перемикачем. Але має проблему з налаштуванням високих частот рис. 1.3.

					<i>PT61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						6
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

Ціна: 3000 грн.

Тип: аналоговий.

Ефект: distortion.

Вихід та вхід: jack (1/4).

Допустима вага та габарити.



Рис. 1.3 — Педаль ефектів Dunlop M116 MXR Fullbore Metal

#### 1.4 Педаль ефектів Dunlop M104 MXR Distortion+

Саме така педаль забезпечує звучання електрогітари з культових рок-альбомів 70-х. Забезпечує класичний Distortion рис. 1.4.

Ціна: 2800 грн.

Тип: аналоговий.

Вхід та вихід: jack (1/4).

Ефект: класичний Distortion.

Малі габарити та вага.



Рис. 1.4 — Педаль ефектів Dunlop M104 MXR Distortion+

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PT61.468152.001 ПЗ

Лист

7

## 1.5 Педаль ефектів Dunlop MC402 Custom Audio Electronics

Девайс задає класичне звучання двох ефектів, додає теплоту та густоту насичення до звуку. Забезпечує безшумну та легку роботу рис. 1.5.

Ціна: 4000 грн.

Тип: аналоговий.

Вхід та вихід: jack (1/4).

Ефект: boost/overdrive.

Відносно має більші габарити та вагу.



Рис. 1.5 — Педаль ефектів Dunlop MC402 Custom Audio Electronics

## 1.6 Педаль ефектів Bogner Burnley

Bogner Burnley – це педаль абсолютний distortion. Має надзвичайно багате та насичене звучання, завдяки унікальному трансформатору Rupert Neve Designs рис. 1.6.

Ціна: 7800 грн.

Тип: аналоговий.

Вхід, вихід: jack (1/4).

Ефект: абсолютний Distortion.

Стандартні габарити та вага.

					PT61.468152.001 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лис.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.6 — Педаль ефектів Bogner Burnley

### 1.7 Педаль ефектів Dunlop M234 Analog Chorus

Класична аналогова педаль. Забезпечує класичне та плавне звучання. Для такої примочки характерним є 2-полосний фільтр, що дає об'ємний контроль над звуком рис. 1.7.

Ціна: 3100 грн.

Тип: повністю аналоговий.

Вхід, вихід: jack (1/4).

Ефект: chorus.

Міцний металевий корпус та стандартні габарити.



Рис. 1.7 — Педаль ефектів Dunlop M234 Analog Chorus

### 1.8 Педаль ефектів Daphn E10CS

Досить проста та бюджетна примочка. Забезпечує звичайне перенавантаження для отримання заданого ефекту рис. 1.8.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

PT61.468152.001 ПЗ

Лист

9

Ціна: 800 грн.

Тип: аналоговий.

Ефект: overdrive.

Вхід, вихід: jack (1/4).

Звичайний пластиковий корпус, стандартні габарити та вага.



Рис. 1.8 — Педаль ефектів Daphon E10CS

### 1.9 Педаль ефектів Electro-Harmonix Big Muff PI

Характерна якісним сустейном, об'ємним звуком та чистими високими частотами. Недолік, блок живлення не входить в комплектацію рис. 1.9.

Ціна: 3200 грн.

Тип: аналоговий.

Вхід, вихід: jack (1/4).

Ефект: distortion/sustain.

Допустимі маса та габарити.



Рис. 1.9 — Педаль ефектів Electro-Harmonix Big Muff PI

## 1.10 Висновки

Судячи з вище наведених аналогів, можна зробити висновок. Кожна педаль ефектів має компактні розміри, що значно спрощує їх використання. Здебільшого використовується лише один ефект з можливістю перестройки. Більшість таких примочок є аналоговими, що не може задовольняти сьгоднішні потреби та надавати значну кількість ефектів. Звичайно, ще одним вагомим фактором при виборі педалі звукових ефектів сьгоднішнім покупцем є ціна. За примочку високої якості, а саме, чисте звучання, шумопониження, велика кількість ефектів, потрібно буде заплатити більше 5000 грн, тому актуальним є проектування та виготовлення педалі мультиефектів на основі інтегральних мікросхем.

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						11
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Для подальшого розуміння режимів роботи пристрою, взаємодій його частин, блоків та вузлів, спроектуємо структурну схему основних функцій та призначень девайсу. Розглянемо функціональні частини (блоки), їх основні задачі та зв'язки між ними для більш точно проектування та побудови самої структурної схеми.

### 2.1 Блок обробки

Основним завданням такого блоку, є змога забезпечити обробку сигналу та програмування, а саме, забезпечити перетворення аналогового сигналу в цифровий, перетворення цифрового сигналу в аналоговий та забезпечувати цифрову обробку семплів (цифровий звуковий сигнал) за допомогою різних алгоритмів.

#### 2.1.1 Цифровий сигнальний процесор

Цифрову обробку семплів за допомогою програмування в повній мірі може забезпечити цифровий сигнальний процесор. Такий спеціалізований мікропроцесор, призначений для обробки цифрового сигналу, зазвичай в реальному часі рис. 2.1.



Рис. 2.1 — ЦСП (цифровий сигнальний процесор)

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Вибір ЦСП спрямований на значне пришвидшення виконання таких типових задач обробки цифрового сигналу як цифрова фільтрація, перетворення Фур'є, пошук сигналів та значна кількість інших математичних операцій. В цифровій фільтрації вихідний сигнал фільтра з кінцевою імпульсною характеристикою дорівнює сумі добутків коефіцієнтів фільтра на вектор вибірок сигналу, аналогічні обчислення проводяться при пошуку максимумів кореляційних і автокореляційних функцій вибірок сигналів [1]. Тому сигнальні процеси оптимізовані під швидкодією для виконання саме таких операцій.

Основні задачі ЦСП:

- підсумування декількох сигналів;
- перенесення спектра сигналу;
- фільтрація сигналу;
- завадостійке кодування;
- формування кадрів;

Значною характеристикою ЦСП є можливість вирівнювання АЧХ (амплітудно-частотної характеристики) при підвищенні низьких частот, та максимальному звучанні акустичних систем. На відміну від аналогових обмежувачів, які стискають спотворення звучання на максимальній потужності акустичних систем, ЦСП забезпечує адаптивну динамічну цифрову обробку сигналу, що дає змогу звести до мінімуму нелінійні спотворення.

Ще одним значним фактором ЦСП є підтримка цифрового інтерфейсу, оскільки наявність інтерфейсу є надзвичайно важливим фактором для користувача педалі з великою кількістю ефектів.

### ***2.1.2 АЦП (Аналого-цифровий перетворювач)***

Так як ЦСП працює виключно з цифровим сигналом, вихідний аналоговий сигнал гітари необхідно перетворити в дискретний код (цифровий сигнал) рис. 2.2.

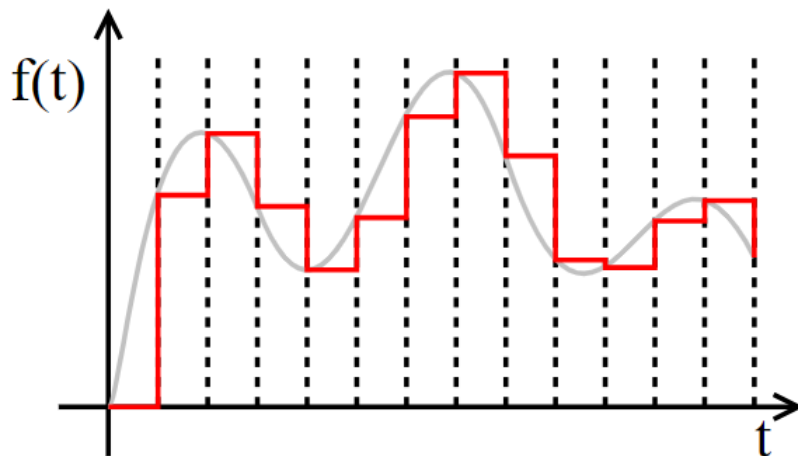


Рис. 2.2 — Аналоговий сигнал (сірий), отриманий цифровий сигнал (червоний)

Однією з важливих характеристик АЦП, є передаточна характеристика. Це залежність числового еквіваленту вихідного сигналу двійкового коду від величини вхідного аналогового сигналу [1].

Аналоговий сигнал є неперервною функцією часу, в АЦП він перетворюється в послідовність цифрових значень. Частота з якою відбуваються цифрові значення має назву частота дискретизації АЦП. Згідно з теоремою Котельникова – Шеннона точне відтворення амплітуди можливе, тільки якщо частота дискретизації більша, ніж максимальна частота в спектрі помножена на 2.

Вибір частоти дискретизації, бітової глибини та інтерфейсу АЦП має бути прийняте до уваги.

### 2.1.3 ЦАП (Цифро-аналоговий перетворювач)

Після отримання вихідного цифрового сигналу з ЦСП, необхідно перетворити його назад в аналоговий сигнал для подальшого використання. Таку функцію забезпечує ЦАП рис. 2.3. Цифро-аналогові перетворювачі є інтерфейсом між дискретним цифровим світом та аналоговими сигналами. Основними характеристиками ЦАП є розрядність та напруга живлення. Розрядність визначає кількість рівнів аналогового сигналу, які може видавати ЦАП.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

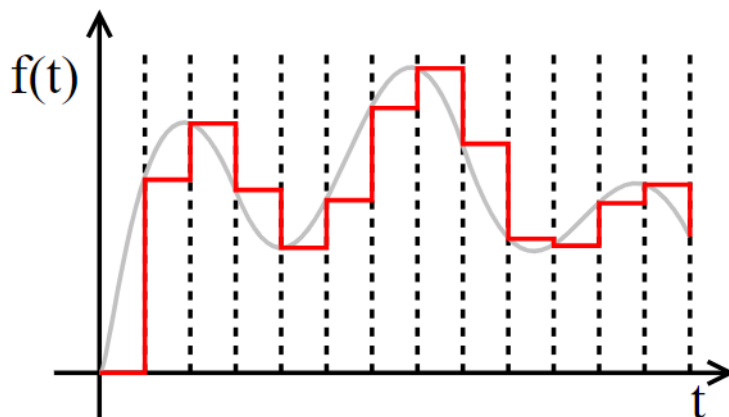


Рис. 2.3 — Аналоговий сигнал з ЦАП на фоні цифрового сигналу

## 2.2 Блок попереднього підсилення

Спочатку необхідно звернути увагу на таку невід’ємну частину електрогітари, як звукознімач. Енергію коливання струн звукознімач перетворює в електричний струм і потребує підсилення для подальшого використання в обробці сигналу для отримання різних звуків та ефектів і в подальшому відтворенні в акустичних системах.

Розглянемо декілька типів звукознімачів:

### 2.2.1 Звукознімач *DIMARZIO DP427BK Sugar Charka*

Є легендарним звукознімачем. Має густий звук та повний хамбакер (притиснення шуму вихідного сигналу) рис. 2.4 [2].

Основні характеристики:

Максимальна вихідна напруга: 337 мВ;

Опір по постійному струму: 21.77 кОм.



Рис. 2.1 — Звукознімач DIMARZIO DP427BK Sugar Charka

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата		15

### 2.2.2 Звукознімач *DIMARZIO DP281BK Rainmaker Neck*

Забезпечує виразну, потужну, насичену та інтенсивну тембральну глибину та красу рис. 2.5 [2].

Основні характеристики:

Максимальна вихідна напруга: 275 мВ;

Опір по постійному струму: 11.66 кОм.



Рис. 2.5 — Звукознімач DIMARZIO DP281BK Rainmaker Neck

### 2.2.3 Звукознімач *DIMARZIO DP252W Gravity Strom Neck*

Має солодке та тепле, водночас різке звучання. DIMARZIO DP252W є хамбакером, проте дає змогу витягувати штучні флажолети, що дає значну перевагу при виборі такого звукознімача рис. 2.6 [2].

Основні характеристики:

Максимальна вихідна напруга: 290 мВ;

Опір по постійному струму: 12.56 кОм.



Рис. 2.6 — Звукознімач DIMARZIO DP252W Gravity Strom Neck

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

*PT61.468152.001 ПЗ*

Лист

16

#### **2.2.4 Звукознімач DIMARZIO DP123BK Model J Set**

Характерно округлість та теплота звучання, збільшена віддача та шумопониження рис 2.7. [2].

Основні характеристики:

Максимальна вихідна напруга: 150 мВ;

Опір по постійному струму: 6.82 кОм.



Рис 2.7. — DIMARZIO DP123BK Model J Set

#### **2.2.5 Звукознімач DIMARZIO DP419W Area 67**

Класичне рок-звучання. Зберігає сустейн струн та інтонацію звучання рис. 2.8 [2].

Основні характеристики:

Максимальна вихідна напруга: 120 мВ;

Опір по постійному струму: 5.86 кОм.



Рис. 2.8 — Звукознімач DIMARZIO DP419W Area 67

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						17
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

## 2.2.6 Висновки

Перш ніж почати обробку семплів, необхідно взяти до уваги ще один досить важливий фактор. Повернувшись до пункту 2.1.2, можна сказати, що для подальшої цифрової обробки сигналу, аналоговий сигнал необхідно перетворити в цифровий. Звертаючи увагу на вище наведені типи звукознімачів, можна зробити наступний висновок. Максимальна вихідна напруга електрогітари коливається в межах 120 – 350 мВ. В залежності від виробника та типу звукознімачів, вихідний сигнал електрогітари значно відрізняється один від одного і є досить слабким для подальшої подачі на АЦП. Оскільки амплітуда для певних електрогітар різна, необхідно спроектувати вхідний каскад, який зможе підсилювати вихідний сигнал електрогітари різноманітного типу.

## 2.3 Блок управління

### 2.3.1 Огляд управління аналогів

Розглянемо класичну аналогову педаль ефектів. Керування, тобто, саме управління для зміни сигналу, відбувається за допомогою ключів, які керуються маленькими кнопками рис. 2.9 [1], що часто виходять з ладу. По суті ключі є звичайними тумблерами, які можуть приймати два положення, в залежності від керуючого сигналу.



Рис. 2.9 — кнопка

Коли ключі не замкнені, сигнал проходить через бейпас (звук має зберігатись максимально чистим та не спотвореним). Проте сигнал набуває незначного, але все ж спотворення. Якщо підключити такі примочки послідовно через бейпас, можна почути

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

PT61.468152.001 ПЗ

Лист

18

значне спотворення звуку. Тому більшість першокласних виробників використовують холодний бейпас. В таких педалях сигнал перемикається механічною кнопкою, тобто, в режимі бейпас, сигнал надходить відразу на вихід, що забезпечує чистоту сигналу. Проте такі кнопки часто не використовують, так як при масовому виробництві такий тип кнопки в значній мірі впливає на ціну педалі ефектів.

### 2.3.2 Висновки

Для зручного керування та вводу інформації було прийнято використати саме звичайні кнопки – перемикачі, рис. 2.10 [1].



Рис. 2.10 — кнопка

На сьогодні такий вибір є досить актуальним, оскільки функції такої кнопки, в нашому випадку, повністю забезпечують керування інтерфейсу. Управління відбувається шляхом замикання та розмикання двох контактів, по суті така кнопка є датчиком зовнішнього фізичного впливу.

### 2.4 Блок індикації

Звичайно, для зручного керування педаллю ефектів самих лише кнопок замало. Тому було прийнято рішення в розробці блоку індикації.

Що ж собою являє сама індикація. Це такі методи та прийоми спостереження, фіксації, контролю, характеристики та оцінки стану і стадій розвитку різних процесів, об'єктів та систем дослідження для встановлення і контролю залежностей від зміни умов у часі [1].

Наприклад, розглянемо автомобільний блок індикації системи контролю рис. 2.11 [3]. Основним завдання такого блоку є донесення до користувача, в даному випадку водія, виходу з ладу чи закінчення необхідних речовин для

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

забезпечення стабільної роботи автомобіля. А саме, при фіксації сигналізатором тої чи іншої несправності, на додатковому дисплеї відбувається підсвічення світлового індикатора, що дає змогу водію помітити несправність та усунути її.

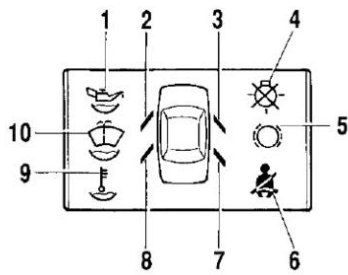


Рис. 2.11 — автомобільний блок індикації системи контролю.

1. Сигналізатор недостатнього рівня масла. 2. Сигналізатор незачинених лівих передніх дверей. 3. Сигналізатор незачинених правих передніх дверей. 4. Сигналізатор несправності ламп стоп-сигналу та габаритних вогнів. 5. Сигналізатор зносу накладок тормозів. 6. Сигналізатор незастебнутих ременів безпеки водія. 7. Сигналізатор незачинених правих задніх дверей. 8. Сигналізатор незачинених лівих задніх дверей. 9. Сигналізатор недостатнього рівня охолоджувальної речовини. 10. Сигналізатор недостатнього рівня омиваючої рідини.

Таким чином стає зрозуміло наскільки блок індикації спрощує керування, зв'язок самого абонента та пристрою який він використовує.

Існує багато різних способів взаємодії користувача та самої педалі. Одним з таких способів є інтерфейс. Інтерфейс є дуже важливою частиною для оператора, який використовує педаль. Тому при виборі інтерфейсу слід звернути увагу на зручність та практичність.

## 2.5 Блок підсилення вихідного сигналу

Електричні сигнали, по своїй функції, призначенні для передачі інформації. Тобто, важливим є правильне та бережне підсилення сигналу і передача його в неспотвореному вигляді. Підсилення сигналу є основною функцією при обробці та передачі. Слабкі струми та напруги, які видають різні джерела, необхідно доводити до заданого рівня для передачі сигналу в ефір, розділити для декількох отримувачів та в кінці кінців підсилити його так, щоб його змогли відтворити потужні акустичні системи [4].

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Більшість АЦП та ЦАП зчитують сигнал дві 0 – 3,3В. Це дає змогу зрозуміти, що для того щоб забезпечити підключення оператором до виходу педалі ефектів акустичних систем, сигнал необхідно як і на вхідному каскаді підсилити.

## 2.6 Блок живлення

Звичайно, для постійної правильної роботи електричних приладів та обладнань необхідно забезпечувати їх електричним живленням. Основним завданням блока живлення є перетворення електричного струму в правильну напругу, струм та живлення навантаження. Всі джерела живлення мають вхідну напругу, які отримують енергію у вигляді електричного струму. Джерело живлення може надходити як від електричної сітки, тобто розетки, так і від приладів накопичення електроенергії, батарей, акумуляторів [5].

Більшість сучасних примочок працюють від батарей 9В з наявним адаптером змінного струму.

Для проектування цифрової педалі ефектів необхідно забезпечити живлення постійного струму. При проектуванні необхідно врахувати різні фактори, які забезпечать правильне живлення пристрою.

## 2.7 Побудова структурної схеми

Взявши до уваги вище наведені блоки спроектуємо та зобразимо структурну схему пристрою внесення ефектів для електрогітари. Рисунок структурної схеми буде доданий до дипломного проекту.

## 3. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

### 3.1 Вибір цифрового сигнального процесора

Ключовою вимогою до цифрового сигнального процесора є забезпечення можливості обробки сигналів в реальному часі. Обробка сигналів в реальному часі потребує високої швидкодії. Одним із провідних світових виробників цифрових сигнальних процесорів являється компанія Texas Instruments. Розглянемо цифровий сигнальний процесор TMS320C6678 від цього виробника.

TMS320C6678 – це 8-ми ядерний ЦСП, який підтримує обчислення у цілочисельному форматі і у форматі з плаваючою крапкою  $nf$  працює на частоті до 1.25 ГГц.

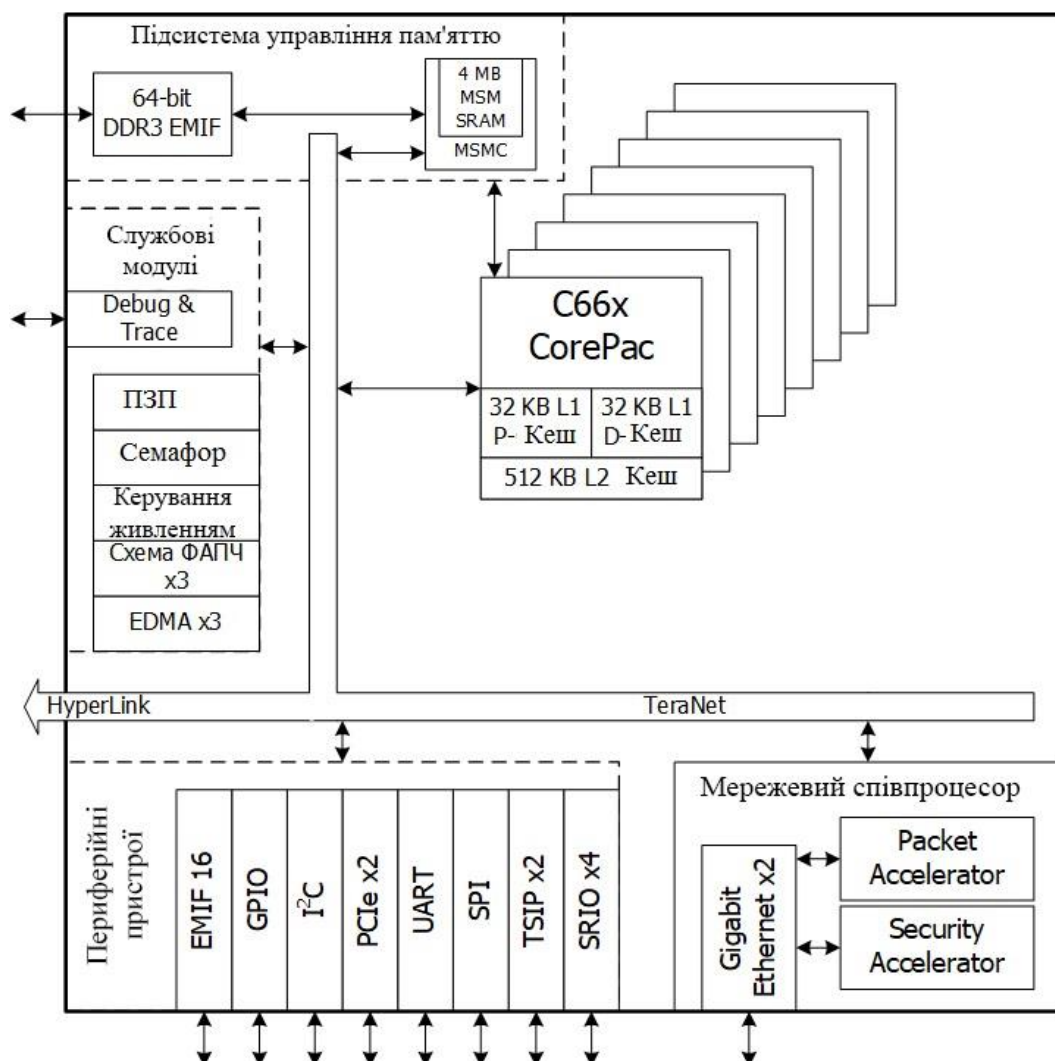
ЦСП TMS320C6678 має наступний склад периферійних пристроїв і службових модулів:

- 16 пінів GPIO (порти введення-виведення загального призначення);
- SPI - універсальний послідовної інтерфейс;
- I2C - шина внутрішнього зв'язку;
- UART - універсальний асинхронний послідовний порт;
- 16 таймерів (64-бітних);
- TSIP (Telecom Serial Ports) - телекомунікаційний послідовний порт, який забезпечує швидкості передачі до 8 Мбіт;
- HyperLink - інтерфейс внутрішньої шини, що дозволяє узгоджувати між собою процесори і здійснювати обмін на внутрішньокристальних швидкостях - до 50 Gbaud;
- Serial RapidIO (SRIO) - швидкість передачі даних до 5 GBaud;

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						22
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

- PCI Express (PCIe) - швидкість передачі даних до 5 GBaud;
- Gigabit Ethernet (GbE) - швидкості передачі: 10/100/1000 Mbps;
- EMIF DDR3 - інтерфейс зовнішньої пам'яті типу DDR3 (розрядність шини - 64 біта);
- EMIF - інтерфейс зовнішньої пам'яті загального призначення (розрядність шини - 16 біт).
- EDMA - контролер прямого доступу в пам'ять;
- Debug and Trace - модуль налагодження і трасування;
- Boot ROM - завантажувальний ПЗП;
- Semaphore - апаратний семафор;

Структурна схема ЦСП TMS320C6678 представлена на рис. 3.1.



PT61.468152.001 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

### Рис. 3.1 Структурна схема ЦСП TMS320C6678

Окрім цифрових сигнальних процесорів з поставленою задачею може справитися мікроконтролер з підтримкою DSP інструкцій. Одними із таких мікроконтролерів являється сімейство STM32F407xx від компанії STMicroelectronics.

STM32F407xx –це 32-розрядні мікроконтролери з функцією обчислень для цифрової обробки сигналів у форматі з плаваючою крапкою, які працюють на частоті до 168 МГц.

Мікроконтролери STM32F407xx мають наступний склад периферійних пристроїв і службових модулів:

- До 140 пінів GPIO (порти введення-виведення загального призначення);
- До 3 SPI - універсальний послідовної інтерфейс;
- До 3 I2C - шина внутрішнього зв'язку;
- До 4 UART - універсальний асинхронний послідовний порт;
- До 2 CAN інтерфейсів;
- До 17 таймерів (серед яких 16 бітні і 32 бітні);
- 3 ADC - аналогово цифрових перетворювачі (розрядністю 12 біт)
- 2 DAC – цифро аналогові перетворювачі;
- DMA - контролер прямого доступу в пам'ять;

Структурна схема мікроконтролерів сімейства STM32F407xx представлена на рис 3.2.

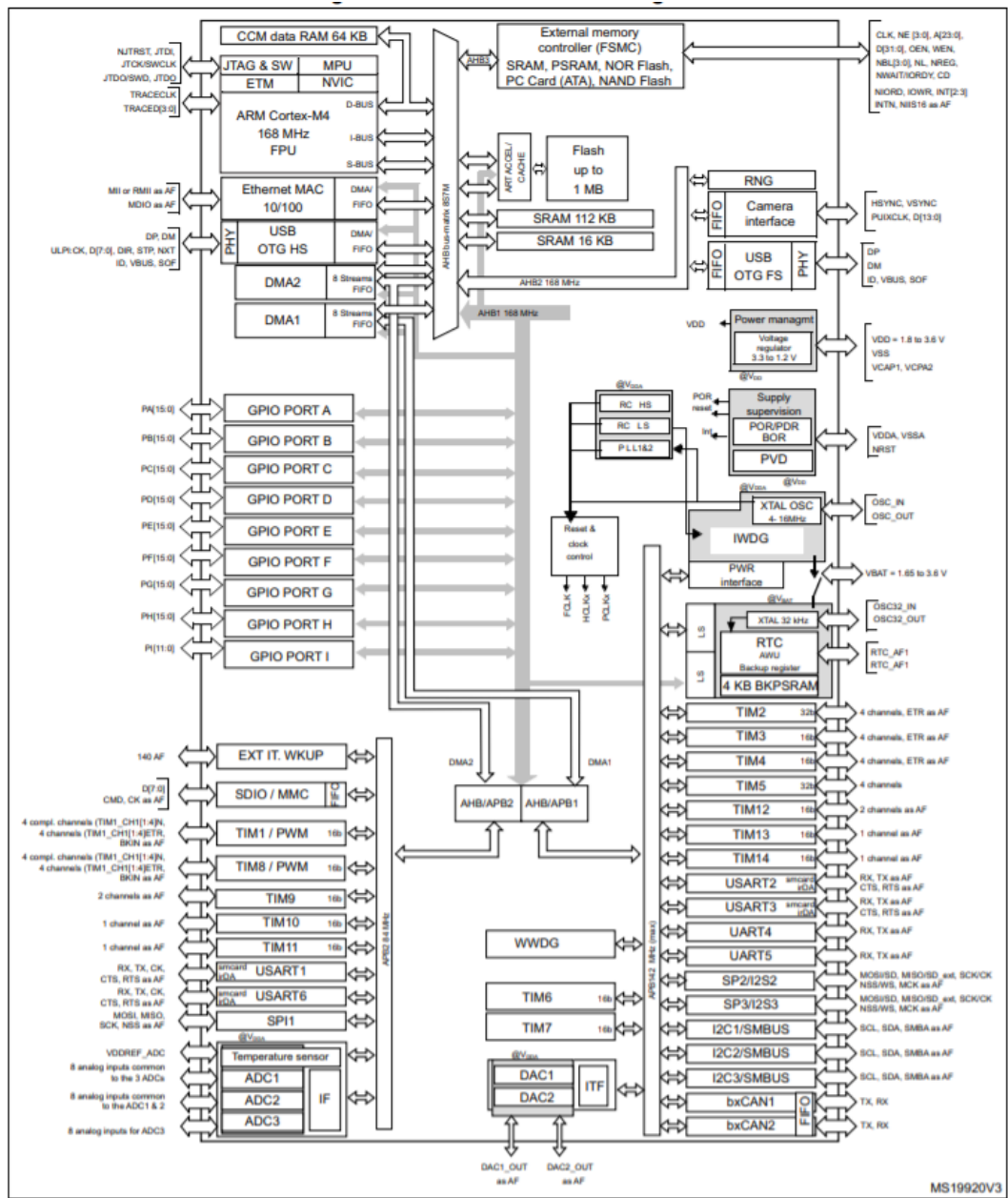


Рис. 3.2 Структурна схема мікроконтролерів сімейства STM32F407xx

Порівняння параметрів мікроконтролера STM32F407VG і ЦСП TMS320C6678 наведені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Параметри TMS320C6678, STM32F407VG, ATmega6490

Параметр	TMS320C6678	STM32F407VG
Тактова частота	1,25 ГГц	168 МГц
Флеш пам'ять	64 МБ	1 МБ
Оперативна пам'ять	512 МБ	192 кБ

ЗМ	Лист	№ докум	Підпис	Дата
----	------	---------	--------	------

Підтримка обчислень з плаваючою крапкою	Є	Є
GPIO	16	82
АЦП	відсутній	3x12-ти бітні АЦП
Рівень сигналу на портах вводу/виводу	1,8 В	3,3 В
Таймери	16 шт.	16 шт.
Продуктивність	44,8 GMAC	1,25MIPS

Як видно з таблиці, мікроконтролер STM32F407VG значно слабший за ЦСП TMS320C6678, але має у складі периферійних пристроїв аналогово-цифровий перетворювач і цифро-аналоговий перетворювач. Використання цього мікроконтролера дозволить уникнути необхідності застосування зовнішніх мікросхем АЦП і ЦАП, що значно спростить і здешевить пристрій. Окрім того, на базі мікроконтролера STM32F407VG зроблена відлагоджувальна плата STM32F4 Discovery, яка містить програматор і буде являтися оптимальним рішенням по критерію ціна/якість для реалізації пристрою, який проектується.

### 3.2 Забезпечення живлення

Для забезпечення живлення STM32F4 Discovery, операційних підсилювачів та ЖК-дисплея, розрахуємо наступний каскад СП.

Оскільки, для живлення STM32F4 Discovery необхідно надати 5 В постійної напруги, а для живлення операційного підсилювача та ЖК-дисплею достатньо 3,3 В. Скористаємося стабілізаторами напруги з низьким рівнем падіння напруги. На вході з 9 В можемо отримати вихідну напругу в 5 В та 3,3 В.

Розглянемо рисунок 3.3.

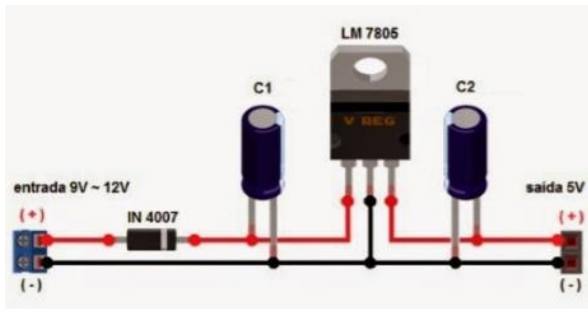


Рис. 3.3 — схема підключення стабілізатора напруги для 5В.

На рисунку зображений стабілізатор напруги типу LM7805, з кожної сторони припаюється по одному конденсатору мінімальною ємністю 0,1 мкФ. Також для захисту від переполюсовки встановимо діод 1N4007. Таким чином з 9В постійного струму ми отримуємо

стабільну напругу 5В для живлення мікроконтролера [12].

Розглянемо рисунок 3.4.

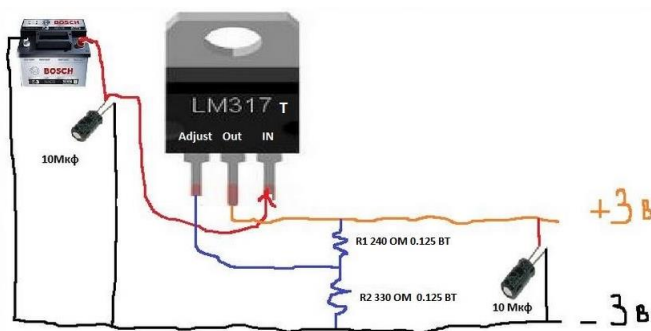


Рис. 3.4 — схема підключення стабілізатори напруги для 3,3В

Використаємо стабілізатор напруги LM317T, що при правильному під'єднанні елементів, забезпечить нас стабільною напругою в 3,3В.

### 3.3 Попереднє підсилення

Ця частина тракту підсилює вихідний сигнал гітари до його надходження до АЦП. Вхідний резистор R1 на 10 МОм використовується в ролі понижуючого резистора. Такий резистор використовується для того, щоб уникнути звуку, який появляється при включенні педалі. Простий дільник напруги, який живиться від 3,3В за допомогою двох резисторів на 100 кОм, забезпечує створення напруги в 1,65В. Це дає змогу підсилювачу підсилювати вихідний буферний сигнал гітари. Це необхідно для того, оскільки більшість АЦП зчитують сигнал від 0 — 3,3В. підсилення вихідного сигналу керується ручкою гучності гітари.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

### 3.4 Підсилювачі

Для забезпечення правильної роботи та функціонування операційного підсилювача [14], підключимо елементи відносно datasheet MCP601 E/P [12].

Рис. 3.5.

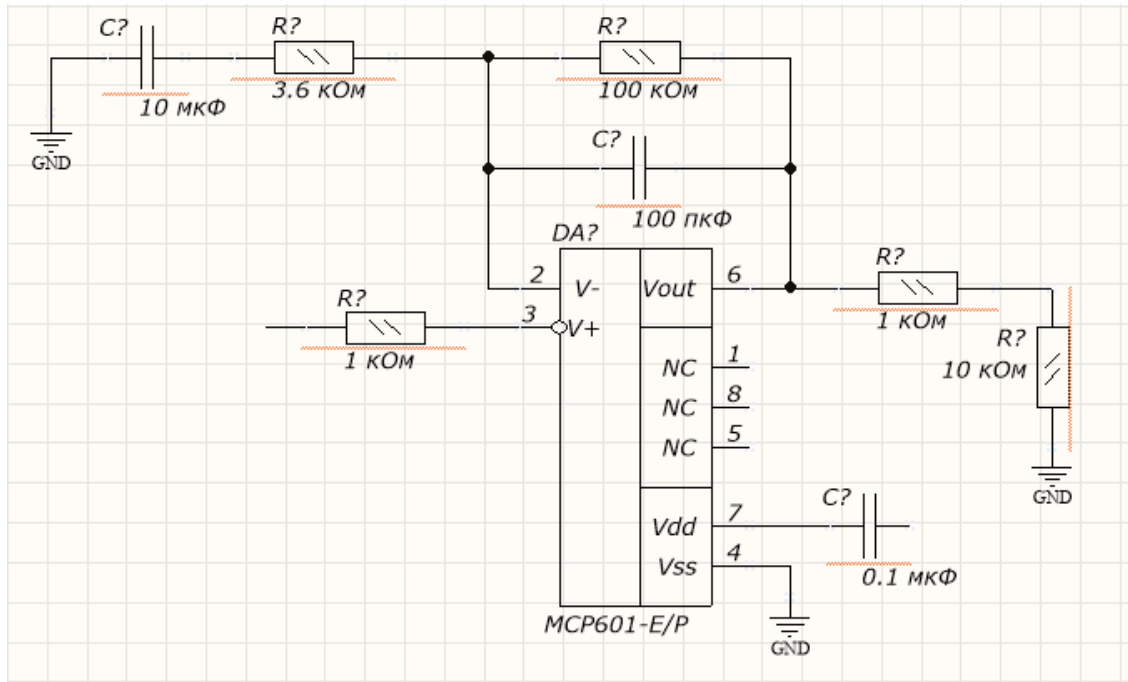


Рис. 3.5 — Підключення операційного підсилювача.

### 3.5 Під'єднання

#### 3.5.1 STM32F4 Discovery

Для під'єднання плати STM32F4 Discovery використаємо роз'єми Header 25/2, за допомогою яких і зможемо об'єднати блок обробки з іншими блоками.

#### 3.5.2 Кнопки

За допомогою клем, TE Connectivity 282857-3 реалізуємо управління пристроєм. При під'єднанні кнопок до роз'ємів Header 25/2, було взято до уваги функціонування пінів STM32F407VG [13].

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.5.3 Дисплей

Для зручного керування пристроєм користувачу необхідний зручний та досить простий у користуванні дисплей. Було прийнято рішення використати графічний LCD дисплей Nokia 5110 рис. 3.6. Забезпечуємо живлення в 3,3В. При підключенні контактів , які відповідають за керування дисплею та виведення інформації звернемо увагу на функціонування пінів STM32F407VG [13].



Рис. 3.6 — графічний LCD дисплей Nokia 5110.

### 3.6 Висновки

Схема електрична принципова сконструйована за всіма вимогами та буде додана до дипломної роботи.

## 4. ЕФЕКТ ЗВУКУ. РЕВЕРБЕРАЦІЯ

### 4.1 Походження

На відміну від таких акустичних інструментів як класична гітара чи скрипка, електрогітара як таким звуком не володіє. В неї немає пуского корпусу який би резонував звук. Завжди коли ми чуємо електрогітару, ми можемо чути поєднання електрогітари та гітарного підсилювача. Коливання струн знімає магнітний звукознімач та передає його на підсилююче обладнання. Перші підсилювачі були створені ще в 1940-х. Як правило це були звичайні комбіки не великої потужності, проте вони давали змогу не губитись звуку в звучанні оркестру. Електрогітарний звук зародився трішки пізніше, в 1950-х і по суті не змінився і по сьогоднішній день. Сучасні гітаристи так само використовують лампові підсилювачі або цифрові пристрої.

Перші звукові ефекти накладали виключно в студіях. Звичайний котушковий магнітофон використовували для створення ефекту еха та для інших різних звуків. А вже на початку 60-х з появою першої гітарної педалі, перенавантаження почали використовувати майже всі рок-гітаристи, проте звучання електрогітар було не таким потужним та мало слабкий сустейн рис 4.11.



Рис 4.1 — перша гітарна педаль

### 4.2 Ефекти

Розглянемо найбільш поширені гітарні ефекти [6].

					РТ61.468152.001 ПЗ	Лист
						30
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

#### **4.2.1 Ефект спотворення**

Почнемо з найпростішого ефекту спотворення. Такий ефект дає змогу отримати важкий звук, який є характерним для класичної електрогітари. Має велику кількість сустейну та хрусту. Інколи при сильному спотворенні губиться оригінальний тон гітари. Але все ж можна почути оригінальний звук вашої гітари.

#### **4.2.2 Ефект овердрайв**

Овердрайв, іншими слова перенавантаження. Такий ефект можна досягти досить просто, завдяки банальному обмеженню по амплітуді. Таке обмеження називають “м’яким”, оскільки обмеження по амплітуді синусоїди відбувається не прямими лініями а плавними закругленими. Таким чином на виході, після обробки звуку, завдяки “м’якому” обмеженню, сигнал спотворюється пропорційно вхідному сигналу. Це дає змогу підкреслити динаміку звуку.

#### **4.2.3 Ефект фуз**

Даний ефект оснований на нелінійному спотворенні звуку транзисторами та цифровими пристроями. В основі такого сигналу лежить нелінійне спотворення форми сигналу електрогітари. Для отримання чистого звучання, спочатку необхідна фільтрація, компресія та обмеження вхідного сигналу. Ефект має різке та виразне звучання.

#### **4.2.4 Ефект Вау-вау**

Характерним є зміна спектру звуку. В основі такого ефекту лежить зміна центральної частоти піку, що призводить до появи частотних смуг. Це дає

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						31
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

зможу маніпулювати та підкреслювати частини звуку. Найчастіше застосовується в соло партіях.

#### ***4.2.5 Ефект Ділей***

Ділей – це ефект, який базується на копіюванні вихідного сигналу та в подальшому додаванні цих копій затриманих по часі до вихідного сигналу. Звичай на цифрових педалях цей ефект не звучить так добре як на аналогових. Педалі з Ділей часто підходять для експериментування ефектів та звуків.

#### ***4.2.6 Ефект Хорус***

Звуковий ефект, який імітує хорове звучання музичних інструментів. Принцип роботи полягає в наступному, вхідний сигнал розбивається на два однакових. Один сигнал залишається незмінним, а інший подається на лінію затримки в 20 — 30 мс, після чого два сигнали змішуються на виході. Завдяки генератору низької частоти можна змінювати самий час затримки. Змінюючи амплітуду та частоту генератора можна отримувати різні вихідні сигнали. В цілому звук виходить об'ємним та насиченим.

#### ***4.2.7 Ефект Фланжер***

Принцип реалізації абсолютно аналогічний до хоруса, проте має деякі відмінності. Основна відмінність полягає в часі затримки, для хоруса це 20 — 30 мс, а для фланжера 5 — 15 мс. Також наявний зворотній зв'язок. Вихідний сигнал частково подається назад на вхід та в лінію затримки, тим самим забезпечує резонанс сигналів. Після обробки звуку таким ефектом складається відчуття ніби поблизу пролітає літак.

#### ***4.2.8 Ефект Файзер***

					<b><i>PT61.468152.001 ПЗ</i></b>	<i>Лист</i>
						32
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Файзер створюється за рахунок розділення сигналу на дві частини. Одна частина обробляється фазовим фільтром. Фільтр змінює фазу сигналу, проте залишає незмінною частоту. Після об'єднання двох сигналів, які є в протифазі, відбуваються провали в звуковому спектрі сигналу. Глибину ефекту можна змінювати, змінюючи відношення вхідного та зміненого оберненого сигналу. Ефект дає змогу отримати звучання хору.

#### ***4.2.9 Ефект Лупер***

В цілому, лупер не є як таким ефектом. Вся суть полягає в тому, що виконавець має змогу записати звук електрогітари та надалі відтворити його коли необхідно зіграти декілька партій, а гітарист лише один.

#### ***4.2.10 Ефект Компресор***

Ефект реалізується на стисненні динамічного діапазону вхідного сигналу, тобто забезпечує мінімальну різницю звучання між самим тихим та самим гучним звуками. В електрогітарах використовується для подовження звучання нот.

#### ***4.2.11 Ефект Октавер***

По самій назві ефекту можна зрозуміти його призначення. Ефект полягає в тому, що з основним сигналом змішується додатковий сигнал, який є абсолютною копією вхідного, про підвищений або понижений на одну або дві октави. В аналогових педалях ефект реалізується за допомогою діодних мостів або звичайних випрямлячів струму. Забезпечує товсте та повне звучання.

#### ***4.2.12 Висновки***

					<b><i>PT61.468152.001 ПЗ</i></b>	<i>Лист</i>
						33
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Отже, наведені вище ефекти є основними для реалізації сучасних педаль ефектів. Деякі реалізувати просто, деякі важче. Проте все залежить яким саме пристроєм буде ваша педаль, аналоговим чи цифровим. В даному випадку для проектування педалі був вибраний ефект, приклад якого не наведений вище. Даний ефект є найбільш актуальним, оскільки може чудово доповнювати абсолютно любий ефект з наведених та має досить просте математичне пояснення. Це ефект – реверберація.

### 4.3 Ефект Реверберація

#### 4.3.1 Суть ефекту реверберації

Реверберація – це процес поступового зменшення інтенсивності звуку, який виникає внаслідок багаторазового відбиття від поверхонь та поглинання звукових хвиль. Звук від джерела випромінювання до слухача доходить багатьма шляхами. За рахунок того, що рівень і час приходу звуку різні, слухач спостерігає ефект відлуння рис 4.2 [10].

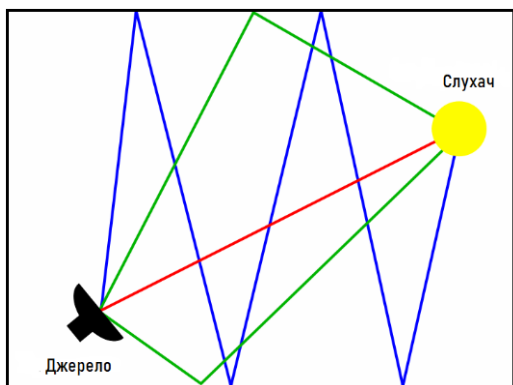


Рис 4.2 — Ефект реверберації

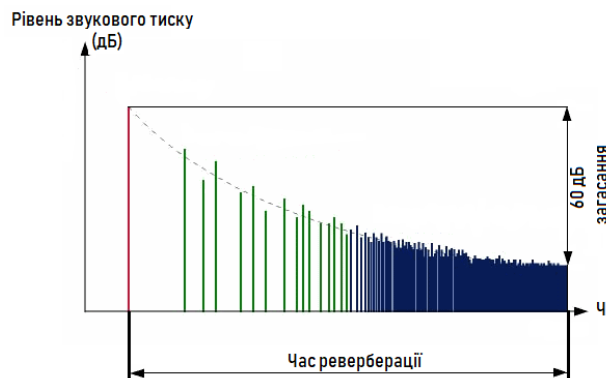


Рис 4.3 — Імпульсна характеристика реверберації

Першим від джерела до слухача надходить саме прямий сигнал, який має найвищу інтенсивність. Наступними до слухача надходять перевідбиваючі сигнали від стін, стелі та підлоги, інтенсивність яких значно залежить від звукопоглинання матеріалів поверхонь відбиття та шляху проходження. Далі до

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

слухача надходять і інші сигнали з великою кількістю перевідбиття інтенсивність яких є значно зменшеною. Імпульсна характеристика реверберації представлена на рис 4.3 [1].

Для аудіозаписів реверберація надає значної глибини простору. Суб'єктивно джерело звуку з ефектом реверберації, відчувається на певній відстані від слухача [7].

Тривалість реверберації залежить від декількох факторів. Чим більші розміри приміщення та чим менше звукопоглинання поверхонь відбиття, тим тривалість буде більшою.

Однією з найважливіших характеристик реверберації є час загасання  $T_{60}$ . Протягом цього часу інтенсивність звуку зменшується на 60 дБ. За часом загасання реверберації та її глибини можна визначити розміри приміщення і його акустичні властивості. Якщо розглянути звучання голосу на сцені, в пустій кімнаті та кімнаті заставленій меблями, можна помітити значу відмінність тембру звучання.

Для природньої реверберації характерна зміна частотного спектру. Низькі частоти затихають більш повільніше, ніж високі, тому тембр відбитого звуку по відношенню до оригіналу є більш м'яким та приглушеним. Від пройденого шляху та матеріалів відбиття також залежить втрата високочастотних складових спектру.

#### ***4.3.2 Штучне отримання реверберації***

Для отримання найбільш якісного ефекту реверберації необхідно реалізувати запис в хорошому акустичному приміщенні. Проте є очевидним факт, що такий спосіб отримання бажаного ефекту не є доступним абсолютно кожному. Тому методи штучного створення ефекту реверберації виникли ще задовго до появи цифрових пристроїв [15].

Ехо-кімната – це перше невелике приміщення для імітації ефекту реверберації, яке включало в себе звуковідтворюючу систему та мікрофон для запису звуку. Стіни такої кімнати покривали спеціальними звуковідбиваючими матеріалами.

Ще одним досить популярним методом отримання ефекту реверберації, був метод пружинної реверберації. Суть методу полягала, що на одному кінці пружини розміщували електромагнітний перетворювач, а на іншому кінці звукознімач. Електромагнітний перетворювач надавав пружині коливань, а звукознімач фіксував абсолютно всі коливання.

Інші методи штучного створення ефекту реверберації розглянуто в [8].

### 4.3.3 Структура та методи відтворення

Найпростішим способом реалізації реверберації є застосування структури Шредера. Вона являє собою всепропускаючий фільтр на основі рекурсивної лінії затримки довжиною  $m$  відліків рис 4.4, та описується виразом:

$$y(n) = -g \cdot x(n) + x(n - m) + g \cdot y(n - m). \quad (1)$$

Більш складним способом реалізації реверберації є застосування структури на основі ліній затримок, з'єднаних колом зворотного зв'язку у вигляді матриці, яка називається мережею зворотних ліній затримок рис 4.5.

Мережу зворотних ліній затримок можна представити, як вектор узагальнення рекурсивного гребінчастого фільтру, що має наступну математичну модель:

$$y(n) = x(n - m) + g \cdot y(n - m). \quad (2)$$

Лінія затримки розміром  $m$  відліків замінюється багатьма лініями затримок з різною довжиною, а коефіцієнт підсилення  $g$  замінюється зворотною матрицею  $G$ . Відношення між входом та виходом з зворотною матрицею описується виразом:

$$y(n) = \sum_{j=1}^N c_j s_j(n) + dx(n). \quad (3)$$

Вихід  $i$ -тої лінії затримки  $s_i(n)$  має наступний вигляд:

$$s_i(n + m_i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} s_j(n) + b_i x(n), \quad (4)$$

де  $a_{ij}$  - елементи зворотної матриці  $G$ .

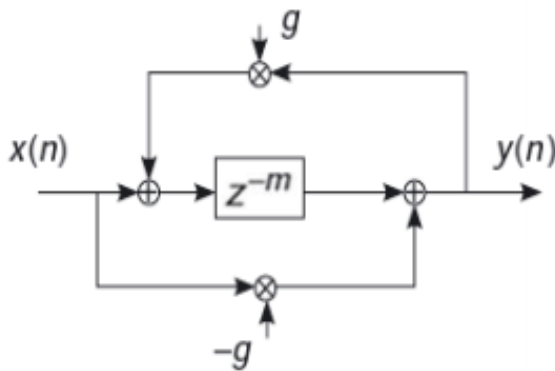


Рис 4.4 — Структура Шредера

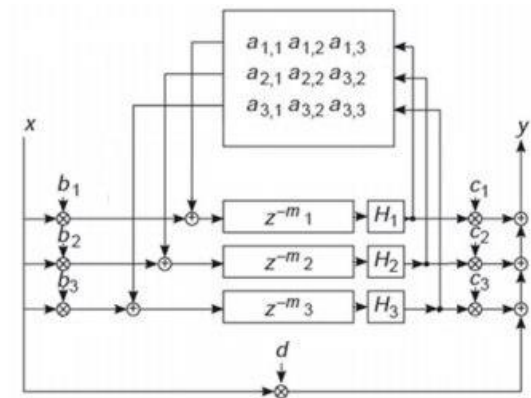


Рис 4.5 — Мережа зворонтих ліній затримок

Моделювання структури Шредера та мережі зворонтих ліній затримок виконано в середовищі MatLab. В результаті моделювання отримано імпульсні характеристики даних методів, які представлені на рис 4.6 та рис 4.7.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

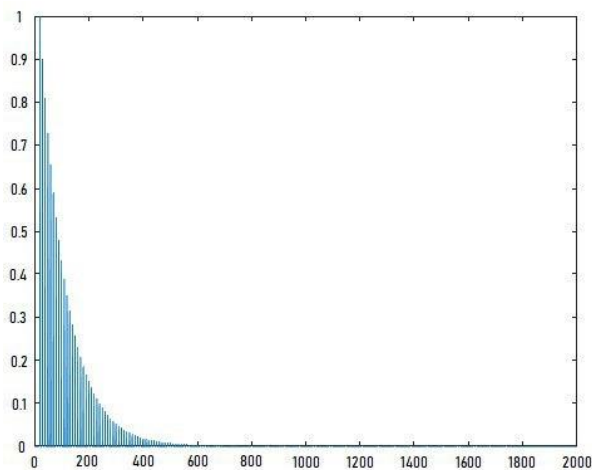


Рис 4.6 — Імпульсна характеристика структури Шредера

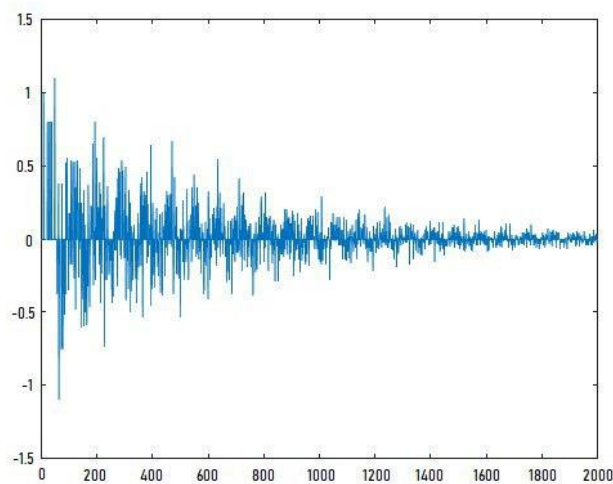


Рис 4.7 — Імпульсна характеристика мережі зворотних ліній затримок

З результатів моделювання видно, структура Шредера, на відміну від мережі зворотних ліній затримок, є досить простою в реалізації, але має досить швидко загасаючу імпульсну характеристику, що обмежить можливості пристрою, який виконуватиме обробку звуку електрогітари для створення ефекту реверберації. Мережа зворотних ліній затримок дозволяє отримати більш широку імпульсну характеристику. Це, в свою чергу, дозволить отримати кращий ефект реверберації і, в свою чергу, забезпечить більше насичення звуку.

#### 4.3.4 Типи реверберації

На сьогодні існує досить багато цифрових пристроїв, які мають змогу імітувати ефект реверберації. Нижче наведені основні типи реверберації [7]:

Hall (зал) – за самою назвою можна здогадатись, що цей ефект імітує акустику концертних приміщень. Має відносно великий час затухання, цим самим ніби віддаляє джерело звуку від слухача.

Room (кімната) – реверберація невеликого приміщення.

Live (живий) – імітація живого виступу на сцені.

Spring (пружина) – імітація описаного раніше приміщення з пружиною.

Chamber (ехо-кімната) – імітація вище описаної кімнати для відтворення та запису ефекту реверберації.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Gate (шлюз) – реверберація з відрізаною кінцевою фазою.

Revers (реверс) – ефект реверберації, який базується на плавному наростанні та різкому спаданні.

#### **4.3.5 Висновки**

Отже, основним ефектом пристрою внесення звукових ефектів для електрогітари є реверберація. Оскільки такий ефект є досить простим для реалізації цифровими пристроями. Основною характеристикою реверберації є імітація перевідбиття звуку та значна кількість типів, що надалі дасть змогу користувачу експериментувати та створювати нові типи реверберації. Основні параметри реверберації, такі як час затухання та імпульсна характеристика були прийняті до уваги. Програмне забезпечення знаходиться у розробці.

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						39
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

## 5 КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Даний розділ передбачає проектування та конструювання друкованої плати (ДП) для пристрою внесення звукових ефектів для електрогітари. Уся робота по конструюванню проводилась у середовищі AD (Altium Design 18).

### 5.1 Схема електрична принципова

Для створення СП в середовищі AD було створено бібліотеку елементів відповідно до ГОСТ графічних зображень елементів електричних схем. При побудові СП, усі значення, з'єднання та знаходження елементів нанесено та розміщено з урахуванням розділу №3 та з дотриманням усіх допустимих норм. Схема електрична принципова була прокомпільована в середовищі AD, помилок та порушень не виявлено. СП зображена на рис 5.1.

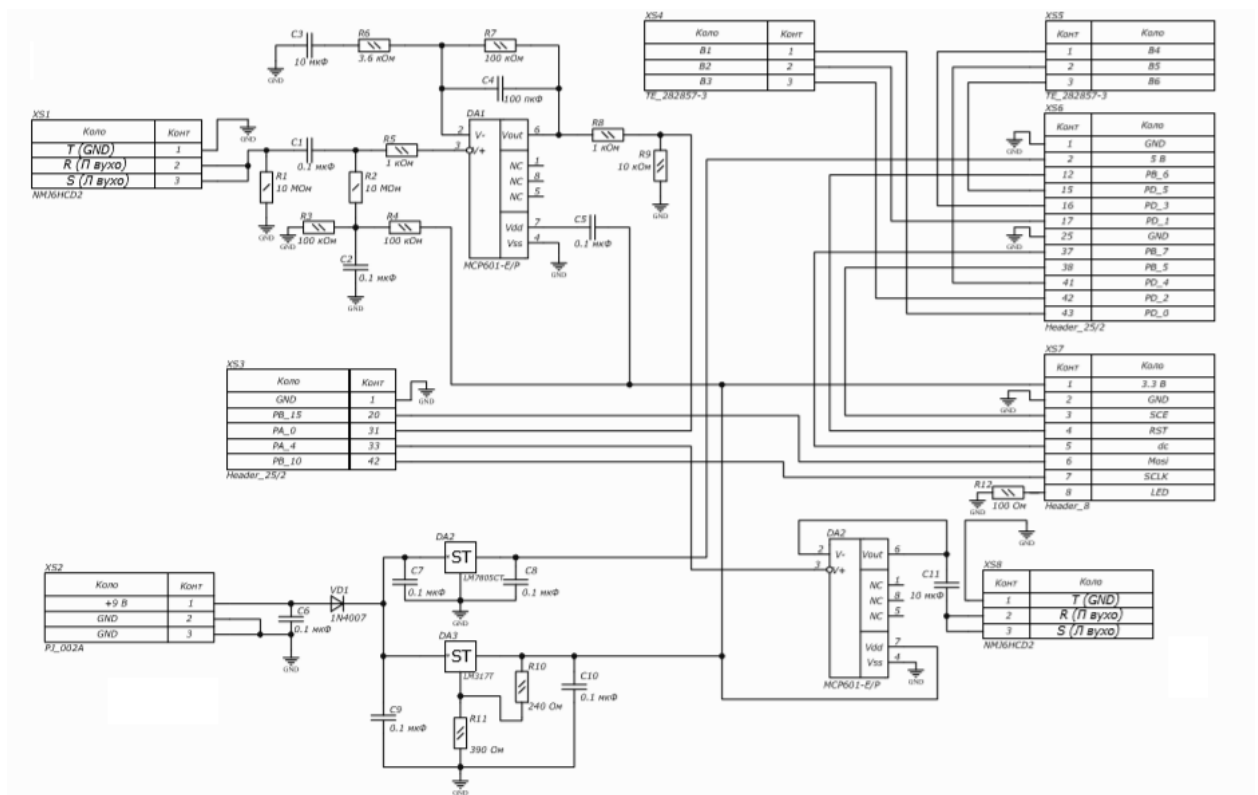


Рис 5.1 — Схема електрична принципова

## 5.2 Бібліотека компонентів для AD

1. Резистор з типом корпусу (0603) рис 5.2;

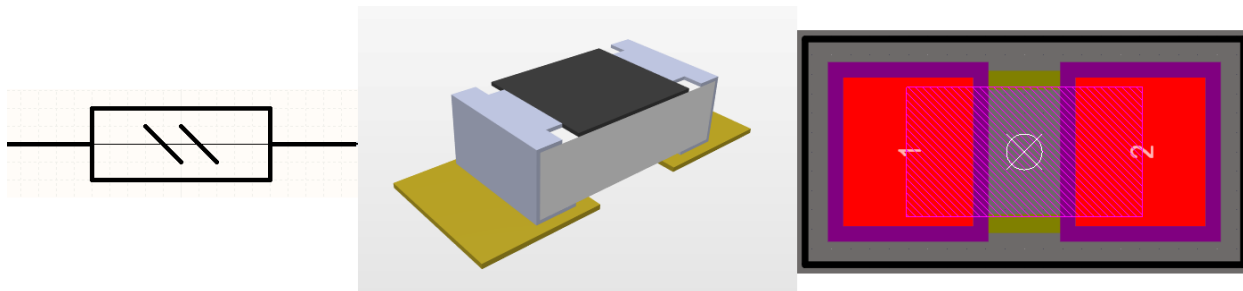


Рис 5.2 — Резистор – корпус (0603)

2. Резистор з типом корпусу (0805) рис 5.3;

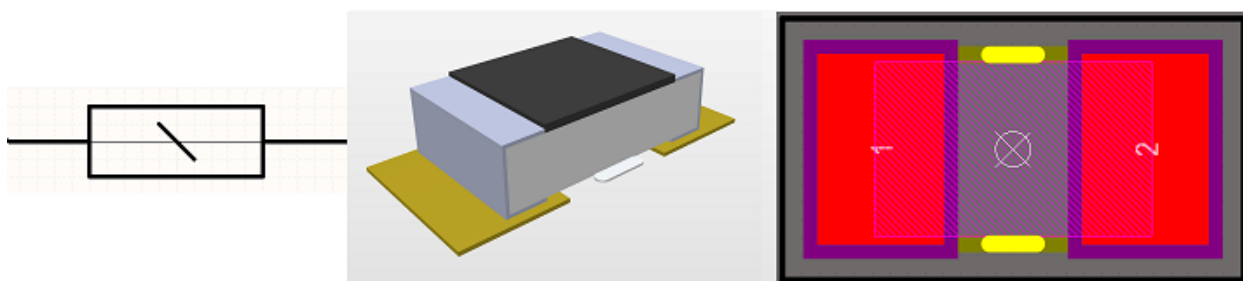


Рис 5.3 — Резистор – корпус (0805)

3. Ємність з типом корпусу (1206) рис 5.4;

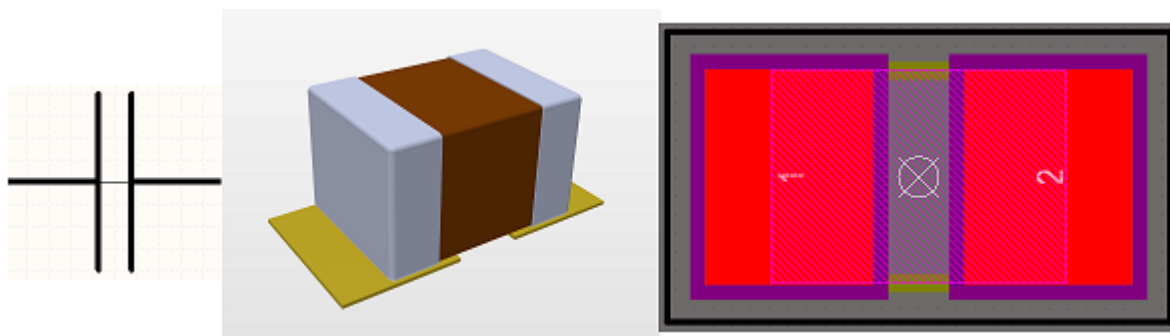


Рис 5.4 — Ємність – корпус (1206)

4. Діод – 1N40007 рис 5.5;

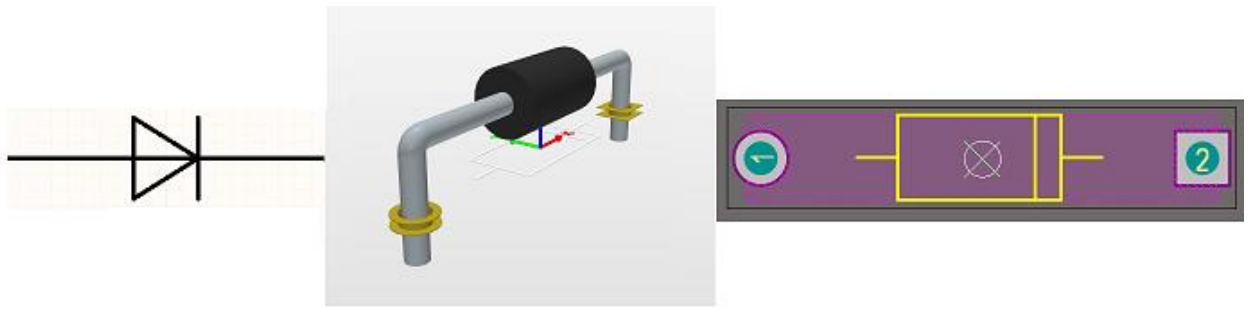


Рис 5.5 — Діод – 1N40007

5. Стабілізатор напруги – LM7805СТ рис 5.6;

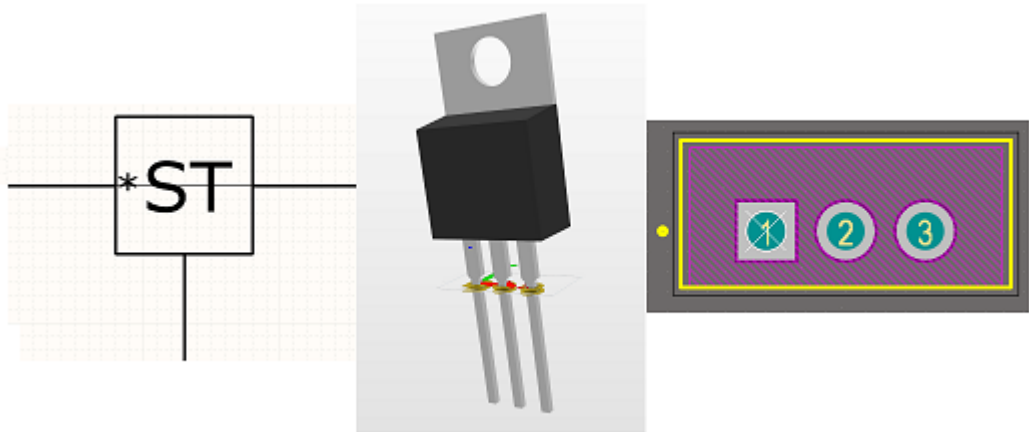


Рис 5.6 — Стабілізатор напруги – LM7805СТ

6. Стабілізатор напруги – LM317Т рис 5.7;

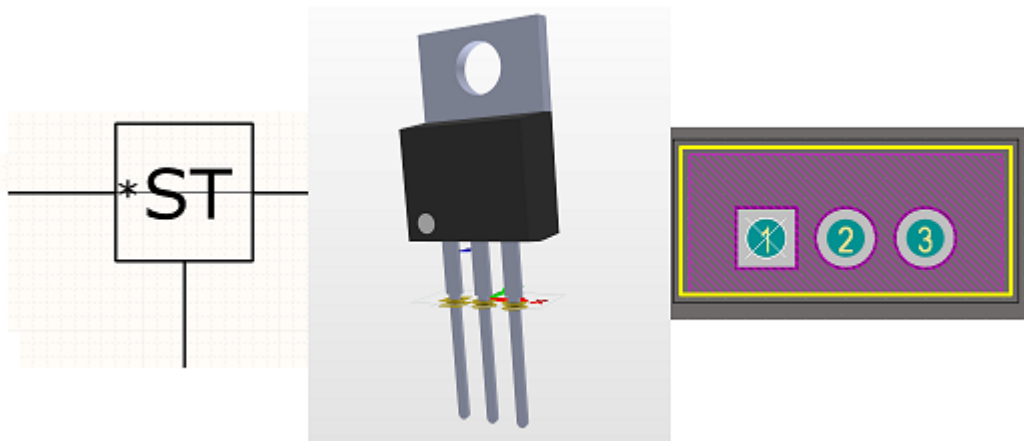


Рис 5.7 — Стабілізатор напруги – LM317Т

7. Операційний підсилювач – МСР601-Е/Р рис 5.8;



Коло	Конт
B1	1
B2	2
B3	3

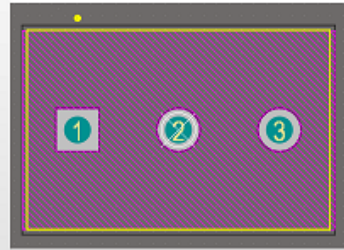
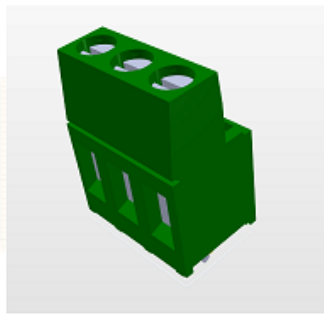


Рис 5.11 — Роз'єм для підключення кнопок – TE Connectivity 282857-3

11. Роз'єм для підключення дисплею – Header-8 рис 5.12;

Коло	Конт
3.3 В	1
GND	2
SCE	3
RST	4
dc	5
Mosi	6
SCLK	7
LED	8

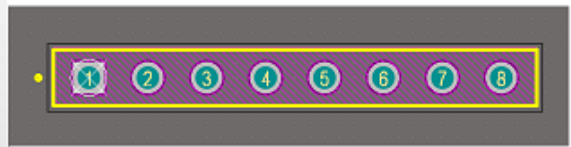
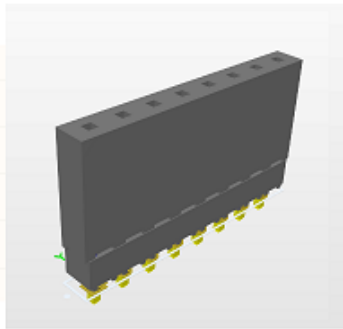


Рис 5.12 — Роз'єм для підключення дисплею – Header-8

12. Роз'єм для підключення STM32F4 Discovery – Header-25/2 рис 5.13;

Коло	Конт
GND	1
5 В	2
PB_6	12
PD_5	15
PD_3	16
PD_1	17
GND	25
PB_7	37
PB_5	38
PD_4	41
PD_2	42
PD_0	43

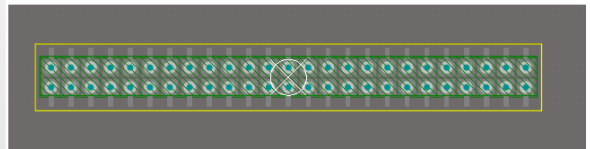
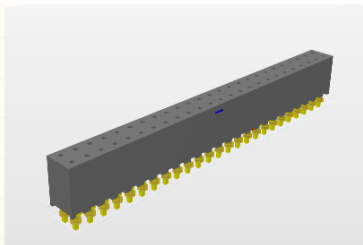


Рис 5.13 — Роз'єм для підключення STM32F4 Discovery – Header-25/2

### 5.3 Розрахунки площі друкованої плати (ДП)

Під час розрахунків площі ДП необхідно врахувати: загальну площу кількості елементів, площу для отворів кріплення та площу плати STM32F4 Dis-

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата
----	-----	---------	--------	------

covery. Також необхідно врахувати необхідність додаткового місця для трасування ДП, для цього необхідно визначити габаритність елементів та у відповідності помножити на коефіцієнт.

Малогабаритні:

- R1 — R12;
- C1 — C11;
- VD1;
- DA3 – DA4.

Середньогабаритні:

- DA1 – DA2;
- XS7.

Великогабаритні:

- XS1 – XS8;
- XS3 – XS6;
- XS4 – XS5;
- XS2.

Для одного отвору кріплення достатньо буде забезпечити площу 100 мм<sup>2</sup>, відповідно для чотирьох таких отворів необхідно буде надати площу 400 мм<sup>2</sup>. Діаметр самого отвору кріплення – 3 мм.

Враховуючи площу плати STM32F4 Discovery, необхідно додати додаткову площу в 2510 мм<sup>2</sup>.

Площа кожного елемента та кількість була розрахована та занесена до таблиці 1.

Таблиця 1

Елемент	Кількість елементів	Площа одного елемента	Загальна площа елементів
R1	2	5.9	11.8
R3	10	3.9	39
C1	11	6	66
VD1	1	48.3	48.3

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

PT61.468152.001 ПЗ

Лист  
45

DA3	2	57.2	144.4
DA1	2	30	60
XS7	1	59.6	59.6
XS1	2	399	798
XS3	2	341.7	683.4
XS4	2	159.6	319.2
XS2	1	151.2	151.2

Розрахунок площі ДП:

$$S_{\text{ДП}} = \sum S_{stm} + 1 \cdot \sum S_{\text{МГ}} + 1,5 \cdot \sum S_{\text{СГ}} + 2,5 \cdot \sum S_{\text{ВГ}} + \sum S_{\text{от}} \quad (5.1)$$

де  $S_{stm}$  — площа плати STM32F4 Discovery;

$S_{\text{МГ}}$  — площа малогабаритних елементів;

$S_{\text{СГ}}$  — площа середньогабаритних елементів;

$S_{\text{ВГ}}$  — площа великогабаритних елементів;

$S_{\text{от}}$  — площа отворів кріплення.

Після розрахунків проведених в середовищі Mathcad:  $S_{\text{ДП}} = 8250 \text{ мм}^2$ , було вирішено обрати наступні розміри ДП: довжина — 150 мм, ширина — 55 мм. Такі розміри мають повністю задовільняти умови розміщення елементів та трасування ДП.

## 5.4 Розрахунки ширини провідників

Розрахунки проводимо для силових та сигнальних провідників.

### 5.4.1 Для сигнальних

При розрахунках необхідно звернути увагу на основні параметри:

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						46
Зм	Лис	№ док	Підпис	Дата		

- прикладена напруга 3,3 В;
- максимальний прикладений струм 1,5 А;
- Товщина фольги 70 мкм

Розрахунки ширини доріжок проводились в середовищі Mathcad. Після розрахунків отримали наступні дані:

- Максимально-допустима ширина провідника 0,8 мм;
- Мінімально-допустима ширина провідника 0,47 мм.

#### **5.4.2 Для силових**

- прикладена напруга 9 В;
- максимальний прикладений струм 2,5 А;
- Товщина фольги 70 мкм

Розрахунки ширини доріжок проводились в середовищі Mathcad. Після розрахунків отримали наступні дані:

- Максимально-допустима ширина провідника 1,19 мм;
- Мінімально-допустима ширина провідника 1,19 мм.

#### **5.4.3 Висновки**

Після розрахунків ширини доріжок було прийняте наступне рішення. Трасування живлення проводити шириною доріжки 1,19 мм, сигнальне трасування проводити шириною доріжки в 0,8 мм. Максимально допустима відстань між провідниками була розрахована та врахована при трасуванні ДП.

#### **5.5 Трасування ДП**

Трасування плати відбувалось з урахуванням усіх допустимих норм та розрахунків для правильної роботи та функціонування пристрою.

					<b>РТ61.468152.001 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
						47
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 5.5.1 Трасування плати у 2D

1. Трасування ДП, вид зверху рис 5.14.

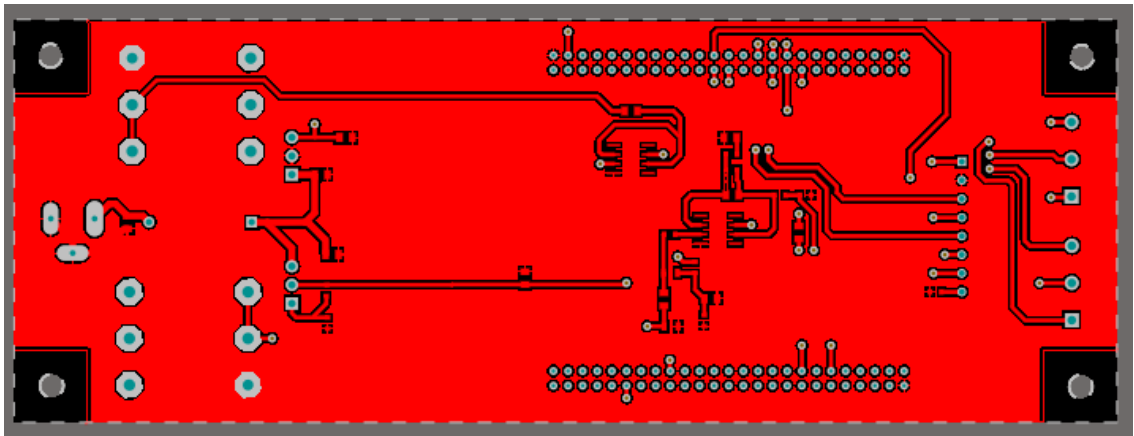


Рис 5.14 — Трасування ДП, вид зверху

2. Трасування ДП, вид знизу рис 5.16.

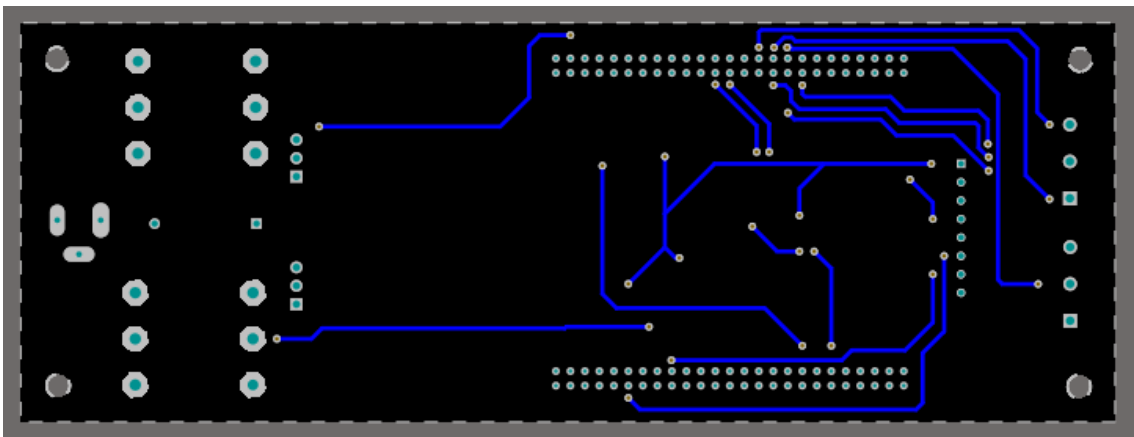


Рис 5.16 — Трасування ДП, вид знизу

### 5.5.2 Трасування плати у 3D

1. Трасування ДП, вид зверху рис 5.17.

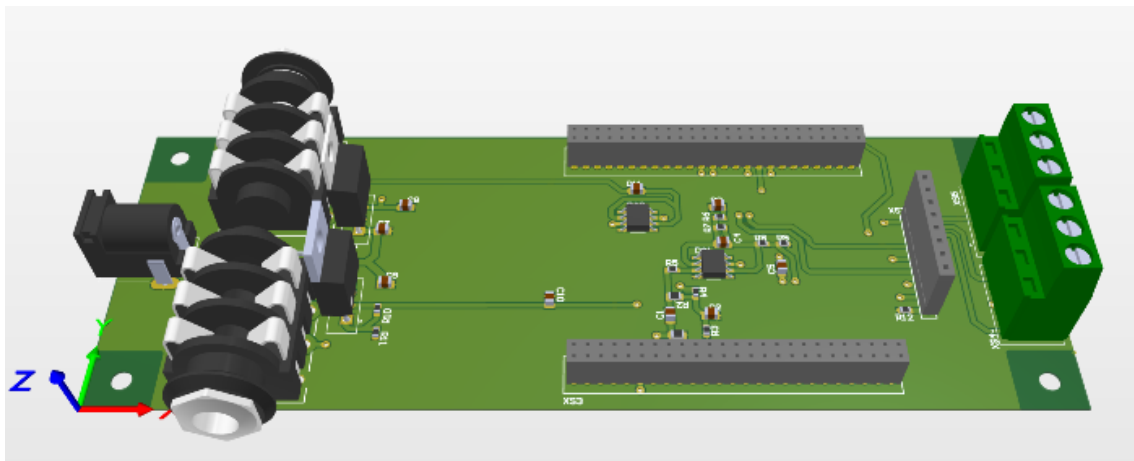


Рис 5.17 — Трасування ДП, вид зверху в 3D

2. Трасування ДП, вид знизу рис 5.18.

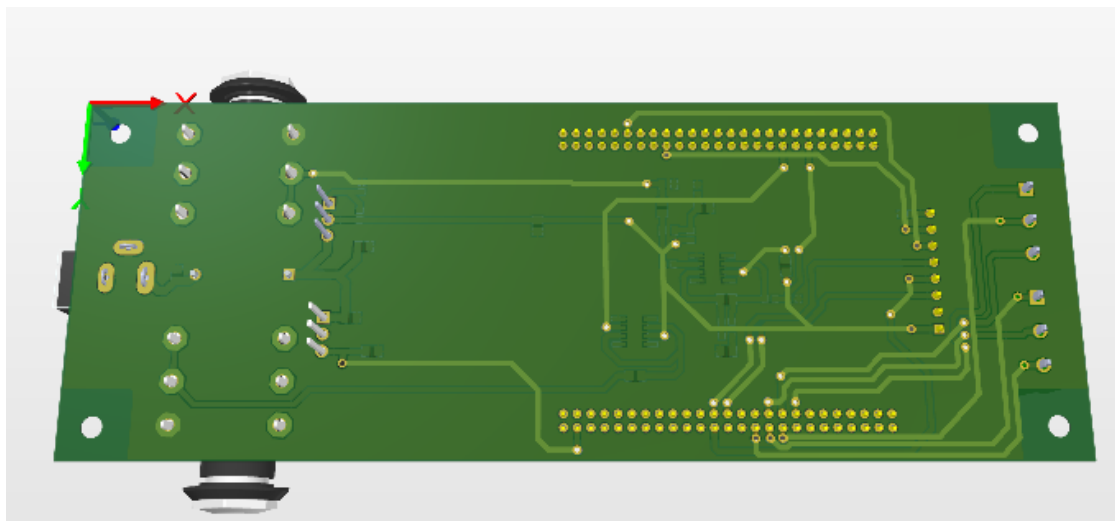


Рис 5.18 — Трасування ДП, вид знизу в 3D

## 5.6 Висновки

Отже, ДП для пристрою внесення звукових ефектів для електрогітари успішно спроектована та розроблена в середовищі AD. Основні параметри взяті до уваги при розрахунку площі ДП та ширини доріжок. Корпус пристрою знаходиться у розробці.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Даний розділ дипломного проекту розповідає нам про основні потенційно шкідливі та небезпечні фактори, котрі відіграють важливу роль при проектуванні та проведенні експериментальних досліджень параметрів пристроїв внесення звукових ефектів до електрогітари.

Також даний розділ містить інформацію стосовно розрахування необхідних заходів з електробезпеки, перелік технічних рішень та організаційних заходів з безпеки, гігієни праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки.

Згідно з законодавством України, охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Тому дотримання безпечних умов праці є обов'язковим для будь-якого підприємства, а ухилення від дотримання цих норм вважається злочином та переслідується адміністративним або кримінальним кодексом України.

### 6.1 Перелік основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні досліджень.

Під час проведення вимірів є можливість зіштовхнутися з різними шкідливими й небезпечними виробничими факторами. Розглянемо найбільш ймовірні з них.

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						50
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Перш за все потрібно зазначити про небезпеку ураження електричним струмом, вона виникає в процесі експлуатації вимірювальних приладів. Зокрема ризику ураження збільшуються при перевірці й калібруванні апаратури, під час збору та налагодження вимірювального стенду, а також при ігноруванні та порушенні правил безпеки.

Найбільш шкідливими та небезпечними факторами, що знижують працездатність людини та негативно впливають на її організм, є:

- метеорологічні (температура, вологість, швидкість руху повітря);
- фізичні (рухомі машини та механізми; пересувні частини виробничого устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена та понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, інфразвукових коливань, іонізуючих випромінювань; електромагнітних випромінювань; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла);
- хімічні (хімічні речовини різного характеру, які викликають тяжкі захворювання).

Зазвичай приміщення, в якому проводяться вимірювальні роботи, обладнані штучним освітленням, котре при тривалому впливі може призвести до ультрафіолетової недостатності, при якій знижуються бактерицидні властивості шкіри та знижується імунітет.

Програмування мікроконтролера проводиться за допомогою персонального комп'ютера (ПК). Тому працівники частото піддаються впливу інфрачервоного й ультрафіолетового випромінювань екрана монітора, рівні яких повинні відповідати «Вимогам що до безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

## **6.2 Основні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.**

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						51
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### **6.2.1 Відповідність параметрів виробничого приміщення санітарним нормам**

Для створення та забезпечення сприятливих умов праці для працівників, необхідним є дотримання санітарно гігієнічних норм та вимог. Це, в першу чергу, стосується параметрів виробничого приміщення, основні вимоги до яких вкладені в ДСанПіН 3.3.2.007-98 та інших нормативних документах.

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК, встановлено такі норми:

- Площа – не менше 6.0 кв. м;
- Об'єм – не менше 20.0 куб. м.

Заземлені конструкції, такі як: батареї опалення, водопровідні труби, кабелі тощо, мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику. Обов'язковим є наявність медичної аптечки першої допомоги, переносних вогнегасників, системи автоматичної пожежної сигналізації тощо. Також загальними правилами встановлюються висота робочої поверхні робочого столу, параметри ширини і глибини для робочих столів, які мають забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

### **6.2.2 Відповідність рівня освітленості робочої зони санітарним нормам**

Відповідно до загальних санітарно гігієнічних норм штучне освітлення в робочому приміщенні забезпечується світильниками з лампами денного світла типу ЛТБ-40, потужністю 40 Вт, а додаткове (індивідуальне) настільними світильниками з лампами розжарювання потужністю 60 Вт і напругою 36 В. Для освітленого часу доби краще використовувати природне освітлення через встановлені вікна.

Для розрахунку і нормування природного освітлення головною величиною, зазвичай, прийнято вважати метод коефіцієнта використання світлового

					<b>PT61.468152.001 ПЗ</b>	Лист
						52
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		

поток. Він призначений для того, аби розраховувати загальне рівномірне освітлення горизонтальних поверхонь, при відсутності затемнюючих предметів, враховуючи пряме та відбите світло.

Для визначення необхідного світлового потоку лампи пропонується формула:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{ф}} k_z S z}{N n \eta}$$

де  $F_{\text{л}}$  — світловий потік лампи, лм;

$N$  — кількість ламп, од;

$n$  — кількість ламп в світильнику, од;

$\eta$  — коефіцієнт використання світлового потоку;

$S$  — площа приміщення, м<sup>2</sup>

$k_z$  — коефіцієнт запасу, обираємо;

$z$  — коефіцієнт нерівномірності, обираємо.

Для того аби визначити коефіцієнт використання світлового потоку слід спершу визначити індекс приміщення  $i$  та коефіцієнти відбиття стелі  $\rho_n$ , стін  $\rho_c$ , робочої поверхні  $\rho_p$ :

$$i = \frac{ab}{h_c(a + b)}$$

де  $a$  — довжина приміщення, м;

$b$  — ширина приміщення, м;

$h_c$  — висота підвісу світильників над робочою поверхнею, м.

Штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5.-28-2018.

### **6.2.3 Відповідність санітарним нормам параметрів мікроклімату в робочій зоні**

Важливим для збереження здоров'я та підвищення працездатності особи є створення оптимальних метеорологічних умов, до яких входить мікроклімат

повітряного середовища (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового опромінення).

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 про «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», мікроклімат виробничих приміщень - умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Санітарні норми поширюються на умови мікроклімату в межах робочої зони виробничих приміщень підприємств, закладів, установ тощо, незалежно від їх форми власності та підпорядкування.

Цей документ (ДСН 3.3.6.042-99) регламентує нормативні величини оптимальних та допустимих показників мікроклімату та встановлює вимоги до методів вимірювання мікрокліматичних параметрів та їх оцінки.

Вимогами до параметрів мікроклімату є показники:

- температури повітря;
- відносної вологості повітря;
- швидкості руху повітря;
- інтенсивності теплового ( інфрачервоного ) опромінення;
- температури поверхні.

Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього виробничих факторів, що утворюються в процесі трудової діяльності людини.

Для нормальної життєдіяльності людини важливий парціальний тиск кисню – 21331 Па (160 мм рт.ст.) та необхідно, щоб повітря в приміщеннях містило не менше 19-20% кисню.

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в робочій зоні розробника, користуються ДБН В.2.5 – 67:2013.

					<i>PT61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						54
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Нормовані значення параметрів мікроклімату в робочій зоні розробника наведені в таблиці 4.2.3.

Пора року	Параметр	Нормативне значення	
		Допустиме	Оптимальне
Холодна	Температура, °С	21-25	22-24
	Вологість, %	75	40-60
	Швидкість, м/с	< 0,1	< 0,1
Тепла	Температура, °С	22-28	23-25
	Вологість, %	55 при 28° С	40-60
	Швидкість, м/с	0,1-0,2	< 0,1

Таблиця 4.2.3 — Нормовані значення параметрів мікроклімату у робочій зоні розробника.

Тож для того, аби досягти оптимальних умов робочої зони, слід пам'ятати, що мікроклімат впливає не тільки на організм людини, а й на вимірювальну техніку. Тому недотримання вимог мікроклімату може нести негативні наслідки, зокрема несправність вимірювальної техніки, через що збільшиться кількість бракованих виробів, зменшення працездатності.

#### **6.2.4 Відповідність електробезпеки відповідним нормам**

Згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 відповідний розроблений пристрій має II клас електрозахисту (у складі готової системи).

Виконаємо розрахунок ланцюга захисного відключення фазного проводу при короткому замиканні. Струм короткого замикання можна обчислити по формулі:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{\phi} + Z_{Tp}}$$

де  $U_{\phi} = 220$  В – напруга фазного проводу;

$R_0 = 2.4 \text{ Ом}$  – опір нульового проводу;

$R_\phi = 2.4 \text{ Ом}$  – опір фазного проводу;

$Z_{Tr} \cong 0,1 \text{ Ом}$  – еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{K3} = \frac{220}{2.4 + 2.4 + 0.1} = 44.9 \text{ А}$$

Струм спрацьовування автоматів захисту з електромагнітним розчіплювачем повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання при струмі до 100А.

$$I_{спр} = \frac{44.9}{1.4} = 32.07 \text{ А}$$

Таким чином, струм спрацьовування автомата повинен бути менше 32А. Напруга дотику на корпусах електрообладнання при його аварійному режимі роботи:

$$U_{K \max} = I_{K3} \cdot R_0 = 44.9 \cdot 2.4 = 107.6 \text{ В}$$

t (сек)	До 0.1	0.2	0.5	0.7	0.9	>1 сек. до 5 сек.
$U_{I_{\text{доп.дот}}}$	500	400	200	130	100	65

Таблиця 4.2.4

Відповідно до ПУЕ-2017 (див. таблицю 4.2.4). При часі спрацьовування автомата захисту менш 0.2с.

Із проведеного аналізу видно, що у вимірювальному залі основним захистом від поразки електричним струмом є занулення й застосування пристроїв максимального струмового захисту.

### 6.3 Пожежна безпека та профілактика

У вимірювальному залі знаходиться значна кількість твердих горючих речовин і матеріалів (дерев'яні меблі, пластмасові вироби, гума, папір, що пог-

линає покриття на стінах). Згідно ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», вимірювальний зал відноситься до пожежонебезпечних приміщень категорії В (тверді горючі й важкогорючі речовини й матеріали, речовини й матеріали, які при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним здатні тільки горіти).

Згідно із класифікацією пожежних зон (відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01) вимірювальний зал відноситься до зон класу П-Па, що містять тверді горючі речовини, нездатні переходити у зважений стан.

Джерелами загоряння можуть бути електричні іскри, коротке замикання, перевантаження електропроводки, несправність апаратури, паління в приміщенні. Тому для запобігання пожежі в приміщенні проводяться пожежно-профілактичні роботи: застосування запобіжників в електричних мережах, використання світильників тільки в закритому виконанні, захист електропроводки шляхом прокладки її в металевих трубах або коробках, використання пілоне-проникних сполучних і розподільних коробок, а також проводиться інструктаж з техніки пожежної безпеки.

Відповідно до ДСТУ 3675-98 та ISO 394-77 у вимірювальному залі знаходяться два вогнегасники: вуглекислотний типу «ВВ-5» і порошковий «ВП-2». «ВВ-5» розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч із вихідними дверима.

У коридорі знаходяться коробки, у яких знаходиться пожежний кран і рукав, а також знаходиться вогнегасник типу «ВХП-10». В обох кінцях коридору знаходяться телефонні апарати, над якими знаходяться таблички з номерами телефонів для виклику внутрішньої, а також, якщо потрібно, міської пожежної охорони.

У вимірювальному залі є план евакуації у випадку виникнення пожежі. Максимальна віддаленість робочих місць від евакуаційних виходів і ширина евакуаційних проходів. Час евакуації відповідає вимогам ДБН В 1.1-7-2016.

У приміщенні виконані всі вимоги НАПБ А.01.001-2014 «Правил пожежної безпеки України».

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						57
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таким чином, у вимірювальному залі забезпечуються заходи щодо пожежної безпеки.

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						58
<i>Зм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 7 ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту було розраховано та спроектовано пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари на основі ефекту реверберації. Також було спроектовано структурну та електричну принципову схеми. Пристрій відповідає всім умовам ТЗ. Педаль ефектів забезпечить користувачу велику та різноманітну кількість електрогітарних ефектів. Ще однією значною характеристикою пристрою є змога користувача перепрограмувати педаль для створення абсолютно нових стилів звучання не тільки основаних на ефекті реверберації, а й багатьох інших, оскільки реалізація ефектів з розвитком цифрових процесів не стоїть на місці.

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://ru.wikipedia.org>
2. <https://jam.ua/guitar-pickups?list=3>
3. <http://www.vazbook.ru/10/2110/main/manual/blok-indikacii-bortovoy-sistemy-kontrolya>
4. <https://www.avclub.pro/articles/av-likbez/obrabotka-signalov-usilenie-signalov/>
5. <https://www.hisour.com/ru/power-supply-42819/>
6. <https://4club.com.ua/blog/osnovnye-vidy-gitarnyh-effektov-ru/>
7. <https://www.ixbt.com/proaudio/theory-of-reverb.shtml>
8. Udo Zolder. DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition. Willey, 2011.
9. Yan Zhang, A Method to Predict Reverberation Time in Concert Hall Preliminary Design Stage, Georgia, Institute of Technology December, 2005.
10. Вергелес Т.А. Моделирование эффекта реверберации для электрогитари / Т.А. Вергелес, О.Ю. Мирончук, О.О. Шпилька // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи», Київ, 28-24 листопада 2019р. / НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». – 2019.
11. <https://crast.ru/instrumenty/7805st-harakteristiki-shema-podkljuchenija>
12. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/216831/MICROCHIP/MCP601-EP/488/1/MCP601-EP.html>
13. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f303re.pdf>
14. Справочник по схемотехнике усилителей. Ежов Ю.С., 2002
15. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 0729. Козюренко Ю.И. Искусственная реверберация.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник дипломного проекту

\_\_\_\_\_ Шпилька О.О.

14 квітня 2020 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на дипломний проект студенту Вергелесу Тарасу Андрійовичу.

Тема проекту: «Пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари»

Спроекувати пристрій внесення звукових ефектів для електрогітари, з наступними технічними характеристиками:

1. Вхідна напруга живлення 9–12 В;
2. Вхідний струм живлення 2,5 А;
3. Вхідний опір сигналу 10М Ом;

Студент

Вергелес Т.А.

					<i>РТ61.468152.001 ПЗ</i>	Лист
						1
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
C1,C2	1206 - 0,1 мкФ - 1% - 25В	2	
C3	1206 - 10 мкФ - 1% - 25В	1	
C4	1206 - 100 пкФ - 1% - 25В	1	
C5 - C10	1206 - 0,1 мкФ - 1% - 25В	6	
C11	1206 - 10 мкФ - 1% - 25В	1	
	<u>Операційні підсилювачі</u>		
DA1,DA2	MCP601-E/P	2	
	<u>Стабілізатори напруги</u>		
DA3	LM7805CT	1	
DA4	LM317T	1	
	<u>Резистори</u>		
R1,R2	RS - 0805 - 10 МОм - 1% - 0,25Вт	2	
R3,R4	RS - 0603 - 100 кОм - 1% - 0,125Вт	2	
R5	RS - 0603 - 1 кОм - 1% - 0,125Вт	1	
R6	RS - 0603 - 3,6 кОм - 1% - 0,125Вт	1	
R7	RS - 0603 - 100 кОм - 1% - 0,125Вт	1	
R8	RS - 0603 - 1 кОм - 1% - 0,125Вт	1	
R9	RS - 0603 - 10 кОм - 1% - 0,125Вт	1	
R10	RS - 0603 - 240 Ом - 1% - 0,125Вт	1	
R11	RS - 0603 - 390 Ом - 1% - 0,125Вт	1	
R12	RS - 0603 - 100 Ом - 1% - 0,125Вт	1	

<b>РТ61.468152.001 ПЕ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Вергелес		
Перевір.				
Н. контр.				
Затверд.		Шпилька		
			Лім.	Аркуш
				1
<b>НТУУ "КПІ" РТФ Група РТ-зб1-1</b>				



