

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ
АПАРАТУРИ**

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Лисенко О.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 20__ р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 6.050902 РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему Електронний синтезатор звуку музичних інструментів

Виконав: студент IV курсу, групи ДК-51
Тимошенко Сергій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник к.т.н., доц. Лебедев Д.Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Факультет електроніки
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 6.050902 РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Лисенко О.М.
(підпис) (прізвище ініціали)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Тимошенка Сергія Вікторовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Електронний синтезатор звуку музичних інструментів
керівник проекту Лебедев Денис Юрійович, к.т.н., доцент
затвержені наказом по університету від _____
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 року
3. Вихідні дані до проекту Пристрій являє собою моноблочну конструкцію, кліматичне виконання УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69. Пристрій повинен генерувати ноти різних октав.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- аналіз технічного завдання та дослідження аналогів;
- опис структурної схеми
- обґрунтування вибору елементної бази;
- розробка схеми електричної принципової;
- проектування у Altium Designer;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- електричний розрахунок друкованої плати синтезатору;
- розрахунок надійності друкованої плати синтезатору;
- симуляція в Modelsim та Quartus
- висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

- схема електрична принципова синтезатору;
- друкована плата синтезатору;
- складальне креслення друкованої плати синтезатору.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Лебедев Д.Ю. к.т.н., доц.		
Розділ 6	Антонюк О.І. ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 04.03.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання Дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	06.04.19-13.04.19	виконано
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	13.04.19-15.04.19	виконано
3	Схемотехнічне проектування	15.04.19-22.04.19	виконано
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	22.04.19-23.04.19	виконано
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	23.04.19-30.04.19	виконано
6	Електричний розрахунок друкованої плати	30.04.19-07.05.19	виконано
7	Проектування у Altium Designer	14.05.19-21.05.19	виконано
8	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	21.05.19-28.05.19	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	28.05.19-10.06.2019	Виконано

Студент _____ Тимошенко С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Лебедев Д.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Роботу викладено на 54 сторінках, вона містить 6 розділів, 19 ілюстрацій, 13 таблиць та 18 джерел в переліку посилань.

Об'єктом розробки став електронний синтезатор звуку музичних інструментів

Предмет роботи – спосіб отримання звуку синтезом

Метою даної роботи є розробка такого пристрою, який буде застосовуватися для навчальних та розважальних цілей.

У першому розділі зроблено пошук існуючих аналогів синтезатору, сформовано уявлення про конструктивні та структурні рішення.

У другому розділі обрано елементну базу, розроблено схему електричну принципову, розрахунок схеми електричної принципової, який підтверджує правильність схемотехнічного рішення.

У третьому розділі зроблено аналіз класів точності, типів та матеріалів ДП, зроблено проектування в Altium Designer

У четвертому та п'ятому розділах виконано розрахунки, що підтверджують працездатність схеми.

У шостому розділі розроблено програмне забезпечення для синтезу звуку.

ABSTRACT

The work is presented in 53 pages, it contains 7 sections, 17 illustrations, 13 tables and 18 sources in the list of references.

The subject of development was the electronic synthesizer of musical instrument sound

The subject of work is the method of obtaining sound by synthesis

The purpose of this work is to develop such a device that will be used for educational and entertainment purposes.

In the first section, the search for existing analogues of the synthesizer is made, the idea of constructive and structural solutions is formed.

In the second section the element base was chosen, the circuit of the electric principle was developed, the circuit of the electric principle was developed, which confirms the correctness of the circuit design.

In the third section, the analysis of classes of accuracy, types and materials of the DP, designed in Altium Designer

In the fourth and fifth chapters, calculations have been made that confirm the efficiency of the scheme.

Sixth section developed software for synthesizing sound.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: **Електронний синтезатор звуку музичних інструментів**

Київ – 2019

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів.....	3
Вступ.....	4
Розділ 1. Аналіз технічного завдання.....	5
1.1 Аналіз можливостей синтезатору.....	5
1.2 Пошук та аналіз аналогів.....	6
1.3 Розробка структурної схеми.....	8
Розділ 2. Вибір елементної бази.	10
2.1 Вибір елементної бази.....	10
2.2 Розробка схеми електричної принципової.....	15
2.2.1 Центральний блок.....	15
2.2.2 Перетворювачі напруги.....	16
2.2.3 Блок вводу та індикації.....	18
2.2.4 Вихідний блок.....	22
Розділ 3. Проектування друкованого вузлу.....	23
3.1 Вибір типу, матеріалу ДП.....	23
3.2 Вибір класу точності ДП.....	24
3.3 Вибір методу виготовлення ДП.....	26
3.4 Розміщення та трасування компонентів.....	28
3.5 Проектування в Altium Designer.....	30
Розділ 4. Розрахунки, що підтверджують правильність конструкторського рішення.....	32
4.4 Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДМ.....	32
4.4.1. Мінімальна ширина для ланцюгів живлення і землі.....	32
4.4.2. З урахуванням допустимого падіння напруги.....	33
4.4.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору....	34

					<i>ДК51.411618.001 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Електронний синтезатор звуку музичних інструментів Пояснювальна записка</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Тимошенко С.В.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Сорокін Д.А.</i>					1	53
<i>Реценз.</i>						<i>«КПІ ім. І.Сікорського», ФЕЛ, гр. ДК-51</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лисенко О.І.</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Лебедев Д.Ю.</i>						

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

ДП – друкована плата

КМ – Контактний майданчик

ДВ – друкований вузол

FPGA, ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ЦП – центральний процесор

РЕА – радіоелектронна апаратура

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>3</i>

ВСТУП

На сьогоднішній день музика є невід’ємною частиною багатьох людей. Багато хто в дитинстві був у захваті від конкретного музичного гурту чи окремим співаком. Іноді діти створюють собі кумира і хочуть бути схожим на нього. А деякі хочуть навчитись так само віртуозно грати на музичних інструментах, як їх улюблені виконавці.

Суть дипломного проекту полягає у створенні простого у користуванні синтезатору звуку музичних інструментів. Пристрій позиціонується, як аматорський. Він може виступати в ролі навчального або розважального пристрою.

Синтезатор — електронний пристрій, який синтезує звук за допомогою одного чи кількох електричних генераторів коливань. Необхідне звучання досягається регулюванням властивостей електричного сигналу (в аналогових синтезаторах), або параметрів центрального процесора (у цифрових синтезаторах). Остаточно електричні коливання перетворюються у звук через гучномовці (або, при потребі, навушники).

Синтезаторами називають як окремі пристрої, що є основою електронних музичних інструментів, так і властиво електронні музичні інструменти.[1]

Актуальність даного пристрою полягає в тому, що на даний момент музика присутня повсюди. Багато дітей та підлітків хочуть навчитись грати на музичних інструментах. Проектований пристрій представляє собою простий у користуванні синтезатор. Ціна на такий пристрій буде відносно низькою в порівнянні з тими синтезаторами, які представлені на ринку. Але з цього випливає і недолік, а саме – функціонал проєктованого пристрою буде дещо меншим в порівнянні з тими ж синтезаторами на ринку.

Перевага синтезатору над іншими музичними інструментами полягає в тому, що за допомогою одного пристрою, можна витягувати звуки схожі на звуки інших музичних інструментів, таких як: піаніно, гітара, скрипка, духовний інструмент, тощо.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги над іншими синтезаторами:

- Простий інтерфейс
- Відносно низька ціна в порівнянні з іншими моделями на ринку
- Не потребує певних навиків гри на музичних інструментах

Недоліки перед іншими синтезаторами:

- Менший функціонал
- Якість звучання

Метою даного проекту. Є розробка простого, на даному етапі, електронного синтезатору звуку музичних інструментів, який буде генерувати звук прямокутної форми та матиме достатню кількість заготовлених частот.

Практична новизна. Прилад, що розробляється є простим у користуванні і не потребує великих навиків гри на музичних інструментах у порівнянні з професійними синтезаторами.

Практичне значення. Даний пристрій використовуватиметься в домашніх умовах. Призначений для навчальних та розважальних цілей.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

РОЗДІЛ 1. Аналіз технічного завдання

1.1 Аналіз можливостей синтезатору

Головна задача розробки даного пристрою – це створення електронного синтезатора звуку музичних інструментів. На даному етапі він представляє собою клавішний інструмент, який може відтворювати ноти різних октав та запрограмовані мелодії. Пристрій дозволяє генерувати ноти починаючи від першої октави (261 Гц) до шостої (15804 Гц). Людське вухо сприймає звук частот в діапазоні від 16 до 20000 Гц, а частоти нот сьомої октави знаходяться вище верхньої границі діапазону. Ці частоти знаходяться від 16744 Гц до 31608 Гц.[2] Тому сенсу генерувати ноти сьомої октави немає. До початкового функціоналу пристрою входить генерація прямокутного (square) сигналу. В найближчому майбутньому буде доданий ЦАП, за допомогою якого можна згенерувати сигнали різних форм, таких як: пилкоподібний, трикутний, тощо.

На робочій панелі, користувачу доступні п'ятнадцять кнопок. Дванадцять з яких відповідають за подання сигналу для генерації конкретної ноти (на пристрої позиціонуються синім кольором), дві кнопки відповідають за вибір октави (зелена кнопка – +1 октава, червона -1 октава), остання кнопка дозволяє відтворити вже запрограмовані мелодії.

В подальший розвиток планується додати блок обробки згенерованих сигналів, тобто секвенсер, який дозволить розширити асортимент інструментів, звук яких буде синтезуватись. Пам'ять, що дозволить користувачеві записувати власні короткі композиції, а потім прослухати їх. Встановити роз'єми MIDI-IN (вхідна дані з інших клавіатур, синтезаторів, тощо), MIDI-OUT (передача даних на інші пристрої) та MIDI-THRU (передача даних в незміненому виді), тобто зробити синтезатор MIDI-сумісним, це дозволить в разі розширити функціонал пристрою, що вже існує. Наразі всі сучасні синтезатори є MIDI-сумісними. Така технологія дозволяє передавати інформацію з одного пристрою на інший в режимі реального часу.[2] Це дозволить за допомогою однієї клавіатури керувати двома або більше

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

синтезаторами, що в свою чергу збільшить можливості користувача. Але в основі даного проекту стоїть задача зробити базовий пристрій, який в майбутньому буде покращений. Пристрій складається з: блоку вводу – клавіатура, блок індикації, підсилювач та центральний керуючий компонент, роль якого виконує FPGA. Рішення використовувати FPGA є вигідним з точки зору економії, як апаратної, так і програмної частини. Для аматорського використання синтезатору цього буде достатньо в повному обсязі.

1.2 Пошук та аналіз аналогів

На сьогоднішній день існують різні типи синтезаторів:

- Аналогові синтезатори
- Цифрові синтезатори
- Віртуально-аналогові
- Апаратні цифрові
- Віртуальні
- Інтерактивні

Синтезатор, що зроблений у вигляді корпусу, на якому розташована клавіатура, називається – клавійним синтезатором. На рисунку 1.1 зображений аналоговий синтезатор без вбудованого секвенсора.[3]



Рисунок 1.1 – Аналоговий синтезатор

Якщо ж клавіатури немає, то такий пристрій називається звуковим модулем. В такому випадку звуковий модуль керується від зовнішніх пристроїв, так звані MIDI-пристрої. Це може бути, як MIDI-клавіатура, інший

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Операторний
- Фізичний синтез
- Табличний

На ринку представлена дуже велика кількість моделей синтезаторів в різних цінових категоріях. Всі вони призначені для різних цілей: професійні, для навчання, аматорські, інтерактивні. Проаналізувавши ринок, можна прийти до висновку, що є багато схожих пристроїв, які мають дуже якісні параметри та широкий функціонал, але в той же час матимуть надзвичайно високу ціну. Пристрій, що проектується, буде представляти з себе просту робочу станцію, що матиме на порядок нижчу вартість

1.3 Розробка структурної схеми

Структурна схема пристрою зображена на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Структурна схема

Як видно з рисунку, структурну схему можна розділити на п'ять блоків.

Блок вводу представляє собою набір з п'ятнадцяти кнопок за допомогою яких центральний блок керується вхідними сигналами.

Дванадцять синіх кнопок відповідають за подання до центрального блоку пристрою сигналу про те, що потрібно згенерувати частоту відповідної ноти.

При натисканні на червону або зелену кнопку подається сигнал центрального блоку про те, що необхідно збільшити або зменшити номер октави на 1. Червона відповідає за зменшення, зелена – за збільшення.

Остання кнопка дозволяє користувачеві прослухати вже запрограмовані мелодії. Кожен раз, як кнопка буде натиснута, мелодія буде змінюватись. Після прокрутки всіх мелодій, активною стане знову перша. Програмно це реалізовано, як кінцевий автомат.

Блок індикації складається з дванадцяти світлодіодів та одного семи-сегментного індикатору. Один світлодіод стоїть біля однієї кнопки. Таким чином, як тільки кнопка буде натиснута, світлодіод загориться. Семи-сегментний індикатор показує номер октави, який обраний користувачем в даний момент часу. Число змінюється, коли користувач натискає на червону або на зелену кнопку. Мінімальне число, що користувач побачить – 1, максимальне – 6.

В якості центрального блоку використовується мікросхема, вибір якої буде зроблений в наступному розділі. Вхідні сигнали, за натиском кнопки, надходять до центрального блоку. За допомогою програмного забезпечення, згенерується сигнал потрібної частоти та форми.

Згенерований сигнал надходить на вхід мікросхеми, що виконує роль підсилювача за потужністю. Після цього підсилений сигнал приходить на динамік і користувач почує звук.

Висновок до розділу: Таким чином досліджені можливості синтезатору. Початкові «здібності» проектного пристрою представляють генерацію прямокутного сигналу від частоти ноти ДО першої октави (261 Гц) до частоти ноти СІ шостої октави (15086 Гц). Спланований майбутній розвиток та актуальність пристрою, що проектується. В планах на майбутній розвиток

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

входить додання блоку обробки сигналів, що дозволить розширити функціонал. Проведено пошук та дослідження аналогів. Розроблена структурна схема приладу та зроблено пояснення роботи приладу.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідала найкраща якість ІС. Параметри, що не задовольняють цій умові, перераховуються за формулою(2.1):

$$Y_{ij} = \frac{1}{x_{ij}}, \quad (2.1)$$

$i = \overline{1, n}$ – кількість вибраних ІС

$j = \overline{1, m}$ – кількість параметрів ІС.

Параметри, які більшому значенню не відповідає найкраща якість матриці $|X|$, позначені «-».

Тоді матриця приведених параметрів $|Y|$ приймає вигляд (табл. 2.3):

Таблиця 1.3 – Матриця параметрів $|Y|$

12,500	17,000	0,036	0,016	5,556
6,667	1,500	0,010	0,002	3,571
5,000	4,000	0,125	0,167	5,882
0,010	20,000	0,050	0,020	2,381

Далі матрицю $|Y|$ приведемо до матриці $|A|$ - нормованих параметрів.

Нормування параметрів виконуємо за наступною формулою(2.2):

$$a_{ij} = \frac{\underbrace{\max_{ij} y_{ij}}_j - y_{ij}}{\underbrace{\max_{ij} y_{ij}}_j}, \quad (2.2)$$

де $\underbrace{\max_{ij} y_{ij}}_j$ – максимальний елемент у стовпчику

y_{ij} – поточне значення елемента у стовпчику $|Y|$.

Тоді матриця $|A|$ прийме наступний вигляд (табл. 2.4):

Таблиця 2.4 – Матриця $|A|$

0,000	0,150	0,714	0,905	0,056
0,467	0,925	0,920	0,990	0,393
0,600	0,800	0,000	0,000	0,000
0,999	0,000	0,600	0,880	0,595

цього буде достатньо для роботи пристрою. За допомогою цієї мікросхеми можна перетворити напругу з 5 в 3,3 та 2,5, що задовольняє поставлену умову.

Вхідні сигнали керуються кнопками. При виборі кнопок врахований спосіб монтажу, колір, в даному проекті це важливо, форма приводу, максимальна робоча напруга та функція перемикавання. При дослідженні варіантів вибору кнопки, остаточною рішенням стала кнопка JB15HAB-2B.

При натисканні кнопки може бути явище під назвою «брязкіт» контактів. Внаслідок цього явища з'являються швидкі розмикання та замикання контактів. Це може стати причиною неправильного функціонування всього приладу. Тому стає задачею позбутись цього небажаного явища. Для таких потреб існують мікросхеми, які відфільтровують швидкі замикання та розмикання кнопки, тим самим залишають тільки «істинне» натискання. Обрана мікросхема MAX6818EAP в корпусі 20 SSOP. Вона живиться від напруги в діапазоні від 2,7 до 5 В, що задовольняє вимоги, має низький рівень споживання струму.

Відразу після того, як буде натиснута будь-яка з дванадцяти кнопок, що відповідають за генерацію частоти деякої ноти, загориться світлодіод. Тому потрібно вибрати відповідний світлодіод. Взяті до уваги такі параметри: спосіб монтажу, напруга, що виділяється на світлодіоді (voltage forward) та максимальний струм. Колір в даному випадку не є важливим параметром. Дослідивши варіанти, обраний світлодіод HSMG-C190 фірми Broadcom в корпусі 0603. Максимальний струм цього світлодіоду складає 30 мА, напруга, що виділяється дорівнює 2,2 В, спосіб монтажу – поверхневий. Обраний колір – зелений.

Вхідні сигнали повинні оброблюватись достатньою за функціоналом мікросхемою, враховуючи майбутню модернізацію пристрою. На роль центрального процесора можна вибрати як мікроконтролер від компанії STM так і FPGA мікросхема від Intel. Існує велика кількість ІС, які зможуть виконувати поставлені в проекті задачі. Проаналізувавши існуючі варіанти,

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

вирішено обрати FPGA мікросхему від Intel серії MAX10. З усіх мікросхем цієї серії обрана 10M08SCE144C8G. Дана ІС має 144 виводи, 101 з яких доступні користувачеві для вводу та виводу сигналів. Вона має в своєму активі 8000 вільних логічних вентилів. Споживана напруга в діапазоні 2,85 В до 3,465 В. Корпус виконаний з можливістю поверхневого монтажу. Робоча температура цієї ІС складає 0 °С – 85 °С.[10] Для початкового функціоналу та майбутніх модернізацій цього вибору буде достатньо.

Для користувача доступні дві кнопки, які відповідають за вибір октави. Щоб відобразити номер октави необхідно обрати індикацію, яка це зможе показати. З варіантів є різноманітні дисплеї та семи-сегментний індикатор. В даному випадку, на індикацію виводиться буде тільки номер октави, тому використання дисплеїв не буде доречним. Вибір припадає на семи-сегментний індикатор. При виборі семи-сегментного індикатора важливі наступні параметри: максимальний пропускний струм через сегменти, напруга, що виділяється на сегментах, спосіб монтажу та спосіб підключення. Взято семи-сегментний індикатор HDSM-433С компанії Broadcom. Споживча напруга складає 5 В, напруга, що виділяється на сегментах – 2 В, максимальний струм дорівнює 20 мА на кожен сегмент, спосіб монтажу – SMD, спосіб підключення спільний анод. Колір даного індикатора – червоний.

При виборі конденсаторів для конкретного пристрою потрібно врахувати наступні параметри: необхідне значення ємності конденсатора, робоча напруга конденсатора, необхідна точність, тип конденсатора, робоча температура, спосіб монтажу. У схемі використовуються керамічні та електролітичні конденсатори. Вибрано керамічні конденсатори 0402 16 В X7R 10%. Цей тип конденсаторів мають точність 10%, робочу напругу 16 В та діапазон температур від -55 °С до +125 °С. SMD-компонент. Такий конденсатор характеризується високою стабільністю ємності, широким діапазоном температур та невеликою вартістю. Інший тип конденсаторів –

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

електролітичний, має робочу напругу 16 В, діапазон температур від -55 °С до +105 °С також SMD-компонент.

При виборі типу резисторів враховані такі параметри як: номінальний опір, допуск, потужність, робоча температура, максимальна робоча напруга та спосіб монтажу. Обраний наступний тип резисторів: SMD 0805 1%. Потужність дорівнює 0,125 Вт. Максимальна робоча напруга 12 В, цього досить для коректної роботи пристрою.

Для економії виводів та ресурсів мікросхеми FPGA та керування семи-сегментним індикатором необхідно вибрати дешифратор. Обраний тип VCD-дешифратор CD45BPWR в корпусі 16-TSSOP.

Згідно офіційної документації на мікросхему 10M08SCE144C8G обрано кварц ECS-3518-500-B-TR на 50 МГц компанії ECS Inc.[11][12]

Аналогічно за офіційними рекомендаціями з технічної документації обрана котушки індуктивності BLM21AG601SN1D Murata.

2.2 Розробка схеми електричної принципової

2.2.1 Центральний блок

Основним компонентом схеми є мікросхема 10M08SCE144C8G фірми Altera. До неї безпосередньо будуть під'єднуватись всі нижче описані блоки схеми: перетворювачі напруги, блок вводу та індикації, вихідний блок. Крім основних блоків, встановлений кварц на 50 МГц, який також підключається до ПЛІС.

Блок вводу формує сигнали які поступають на вхід ПЛІС. Відповідно до вхідного сигналу на виході будуть згенеровані різні послідовності. Це може бути: прямокутний сигнал частоти ноти ля п'ятої октави. Всього користувач має у своєму розпорядженні 12 нот: до, до-дієз, ре, ре-дієз, мі, фа, фа-дієз, соль, соль-дієз, ля-дієз, сі; 6 октав та форму сигналу прямокутну. Вихідний сигнал надійде до підсилювача, а вже підсилений сигнал буде переданий до зумеру.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На виводі 5 формується стала напруга, яка дорівнює 0,45 В. Відповідно, змінюючи номінали резисторів R_1 та R_2 можна отримати бажану напругу. Важливо зауважити, що сума $R_1 + R_2 \leq 1$ МОм.

Так, щоб отримати напругу в 2,5 В необхідно взяти резистори $R_1 = 820$ кОм та $R_2 = 180$ кОм

Для того, щоб отримати 3,3 В потрібно взяти пару резисторів номіналів 190 кОм та 30 кОм.

Конденсатор C_1 встановлюється паралельно до резистору зворотного зв'язку з міркувань надійності та стабільності роботи блоку перетворення. Номінал цього конденсатора розраховується за формулою (2.6):

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 3000 \cdot R_1} \quad (2.6)$$

$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 3000 \cdot 820000} = 130$ (пФ) – для перетворення в 2,5 В. Відповідно, для перетворення в 3,3 В $C_{11} = 540$ пФ.

Номінали конденсаторів $C_4 = C_3 = 10$ мкФ рекомендовано згідно технічної документації. Варто зазначити, що конденсатор C_3 необхідно ставити якомога ближче до виводу мікросхеми. Це робиться для попередження імпульсів та шумів в ланцюгах живлення.

Надалі, на усі контакти живлення якомога ближче до виводу, будуть встановлюватись конденсатори номіналом 0,1 мкФ.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3 Блок вводу та індикації

На рисунку 2.2 зображений блок вводу та індикації.

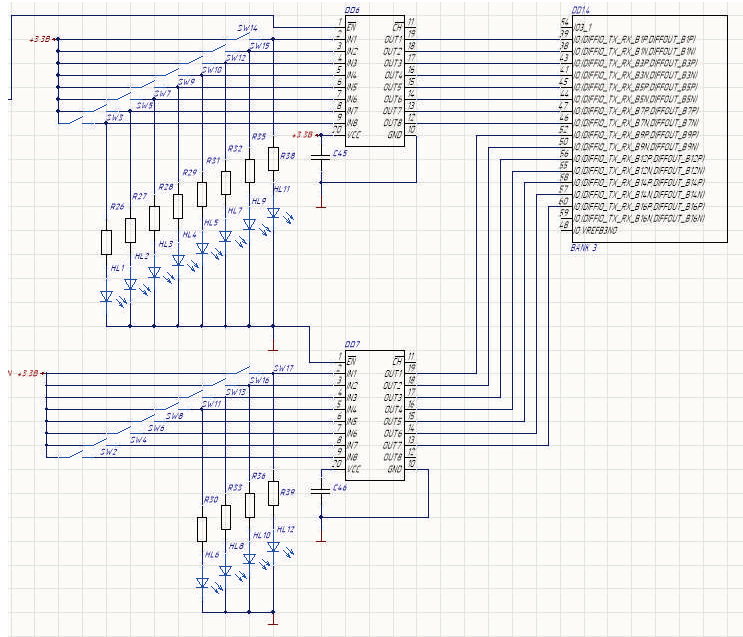


Рисунок 2.2 – Блок вводу та індикації

Вхідні сигнали керуються замиканням та розмиканням відповідних кнопок. Існує явище «брязкоту» контактів. Це явище представляє собою спрацьовування кнопки в дуже короткий період часу, що може потягнути за собою не правильну роботу цілого пристрою.[12] В даному випадку, користувач, натиснувши кнопку, почує звук, що буде дуже часто перериватись. Задля того, щоб такого не сталося встановлена мікросхема, яка відфільтрує «несправжні» натискання.

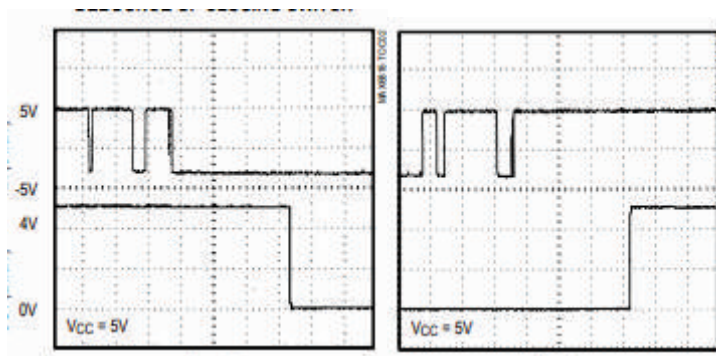


Рисунок 2.3 – Брязкіт контактів та відфільтрований сигнал

Також встановлені пристрої індикації. Вони складається з дванадцяти світлодіодів, які підключені послідовно до контакту кнопки через струмообмежуючі резистори. Щоб світлодіоди працювали коректно і не вийшли з ладу необхідно правильно розрахувати номінал струмообмежуючих резисторів. Опір розраховується за формулою[13] (2.7):

$$R_c = \frac{V_{cc} - V_{fw}}{I_c}, \quad (2.7)$$

де V_{cc} – напруга живлення, V_{fw} – напруга, що виділяється на світлодіоді, I_c – струм, що проходить через світлодіод.

Таким чином, опір R_c дорівнює:

$$R_c = \frac{3,3 - 2,2}{0,005} = 220 \text{ (Ом)}$$

До індикації також відноситься семи-сегментний індикатор. Його функція – показати активний номер октави. Схема підключення наведена на рисунку 2.4.

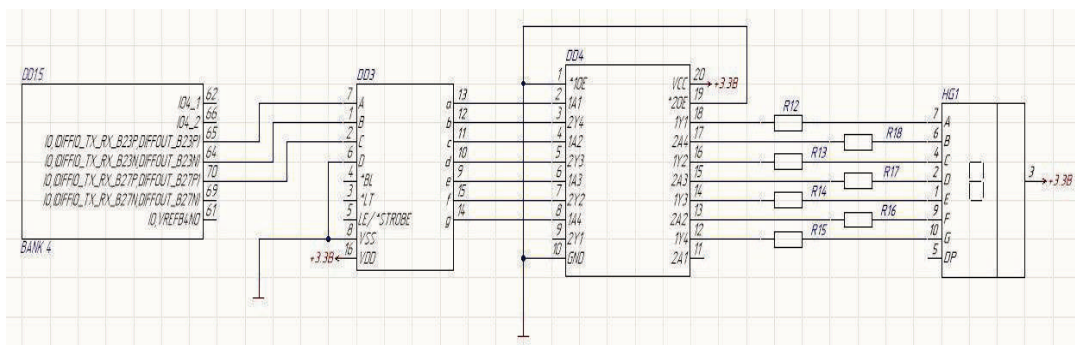


Рисунок 2.4 – Схема підключення семи-сегментного індикатору

Щоб коректно побачити номер октави на семи-сегментному індикаторі необхідно двійковий код, що надходить з мікросхеми перетворити в десятковий. Задля цього використовується BCD-дешифратор. Таблиця істинності якого наведена в таблиці 2.1.

Блок складається з підсилювача та зумера.

В ролі підсилювача виступає мікросхема ТРА721 фірми Texas Instruments. Вихідний мостовий підсилювач здатен при напрузі живлення 3 В видати сигнал з розмахом близько 6 В.[14] Зумер обраний пасивний. Такий тип потребує джерело сигналу, який забезпечує звуковий сигнал. В даному випадку, джерелом являється мікросхема FPGA. Робоча напруга складає 3-5 В. Споживчий струм складає 5 мА.

Висновок до розділу: Таким чином, в розділі проведено дослідження та вибір елементної бази для пристрою. Обрані компоненти задовольняють поставлену задачу при розробці схеми електричної принципової та роботи пристрою в цілому.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. Проектування друкованого вузлу

3.1 Вибір типу, матеріалу друкованих плат

Для виготовлення ДП використовуються такі матеріали, як гетинакс, текстоліт, склотекстоліт, ситал, ебоніт, мікалекс, вініпласт, тощо.

ДП – пластина, виконана з діелектрика, на якій або всередині якої сформований хоча б один шар з провідними доріжками.

ДП бувають односторонні, двосторонні та багатосторонні.

Зазвичай друковані плати виконуються з двостороннім друкованим монтажем, тобто провідники розташовуватимуться з двох сторін плати. Переходи з однієї сторони плати на іншу виконуються через металізовані отвори в платі.

Згідно до технічного завдання і схеми електричної принципової вибір став на двосторонню друковану плату. Так як схема не складна і задля уникнення великих затрат на виробництво, вибір ДДП – найбільш оптимальний варіант.

При виготовленні друкованих плат застосовуються різні матеріали, які, насамперед, повинні мати достатню механічну міцність. А також мати високі електроізоляційні властивості, бути стійкими до різноманітних кліматичних впливів та мати опір до займання.

В наш час введено новий параметр - опірність займання. Для цього параметру виділені полімерні композиційні матеріали FR-1 ... FR-5 в залежності від вибраного класу точності. Попередньо обраний клас точності 4 говорить, що необхідно вибрати FR-4. Саме він є найбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП, а також вітчизняний СФ2.

Обираний саме FR-4, тому що він більш надійний і сучасний, ніж його вітчизняний аналог. Стандартний FR-4 представляє собою композитний матеріал на основі скловолокна (склотекстоліти). Має товщину 1,5 мм і складається з 8 шарів склотекстоліту. Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори. [15]

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, для реалізації ДДП обраний сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостійкістю, товщиною 1,5 мм, облицювальний з двох сторін мідною електролітичною фольгою товщиною 35 мкм.

3.2 Вибір класу точності ДП

Точність виготовлення ДП залежить від комплексу технологічних параметрів і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів ДП. В першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка і до ряду інших параметрів.

ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ПП. Вибір класу точності завжди пов'язаний з конкретним виробництвом. Спроба вирішити цю задачу в зворотному порядку може призвести до того, що проект не буде реалізований.

При конструкторському-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 3.1. і 3.2.

Таблиця 3.1 – Граничні значення основних параметрів ПМ

Параметер	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{пр}f}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	l_f	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, мм	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{\text{дт}}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Таблиця 3.2 – Допустимі похибки виконання елементів ПМ

Похибка	Обозначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КС	$\delta_{сп}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КС	δ_o	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КС	$\delta_{км}$	0.015(0.05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{фф}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КС на фотошаблоні	$\delta_{фш}$	0,05

Виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Таким вимогам відповідає не кожне виробництво. Однак, ДП невеликого розміру можуть виконуватися по п'ятому класу на обладнанні, що забезпечує виробництво плат четвертого класу.

ДП четвертого класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимога до матеріалів, обладнання і виробничих приміщень нижче, ніж для п'ятого класу.

ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва достатньо звичайного спеціалізованого обладнання.

Випуск ДП другого і третього класів здійснюється на звичайному не спеціалізованому обладнанні. Такі ДП, з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу.

Для даного завдання обраний 4-ий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою. Також обраний клас точності дозволяє проводити друковані провідники поміж контактних майданчиків мікросхем з планарними виводами.

3.3 Вибір методу виготовлення ДП

При виборі виготовлення друкованих плат розглянуті наступні методи:

1. Субтрактивні
2. Адитивні
3. Напівадитивні
4. Комбіновані:
 - 4.1 Комбінований позитивний
 - 4.2 Комбінований негативний

Субтрактивний (хімічний) метод реалізується на виробництві одношарових друкованих плат, де присутні тільки процеси селективного захисту малюнку провідників та стравлення металу фольгованих діелектриків з незахищених місць.

Переваги методу:

1. Можливість повної автоматизації процесу виготовлення
2. Висока продуктивність.
3. Низька собівартість.

Недоліки:

1. Низька щільність компонування зв'язків.
2. Наявність екологічних проблем.

Адитивні методи припускають використання нефольгованих діелектричних основ, на які тим чи іншим способом вибірково наносять малюнок, який проводить струм.

Переваги методу:

1. Використання нефольгованих матеріалів
2. Ізоляційні ділянки плати захищені фоторезистом – ізоляція не забруднюється технологічними розчинами
3. Фоторезист може залишатись на платі в якості захисного покриття

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

Недоліки:

1. Довгий процес хімічної металізації
2. Необхідність використання фоторезиста, стійкого до тривалої дії розчинів хімічного міднення з реакцією лугів.

Комбіновані методи об'єднують в собі всі прийоми виготовлення друкованих плат, необхідні для виготовлення друкованих провідників і металізованих отворів. В залежності від послідовності дій при виготовленні друкованих плат розрізняють позитивний та негативний метод.

При негативному методі спочатку витравлюються провідники, а потім металізуються отвори. При позитивному методі травлення малюнка відбувається після металізації отворів.

Переваги:

1. Можливість відтворювати всі типи друкованих елементів з великим ступенем деталізації.
2. Захищеність фольгою ізоляції від технологічних розчинів.
3. Гарна міцність адгезії металічних елементів з діелектричною основою.

Недоліки:

1. Відносно велика глибина травлення створює бокове підтравлення.
2. Травлення малюнку по металорезисту обмежує вибір розчинів для травлення.

Дослідивши технології виробництва, їх переваги та недоліки обрано виготовлення ДП комбінованим позитивним методом. [16]

3.4 Розміщення та трасування компонентів

Розміщення компонентів проведено послідовним методом розміщенням.[17] Але перед цим всі компоненти розбиті по функціоналу та сформовані в блоки. Кожен блок уявляє собою сильнозв'язаний компонент. Один з таких блоків – мікросхема 10M08SCE144C8G і вся її обв'язка з конденсаторів та резисторів. Після розбиття на блоки, потрібно вибрати блок

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з найменшим локальним ступенем зв'язаності. В даному випадку це роз'єм для живлення. Він поставлений на край плати, а також однаково зв'язаний з багатьма мікросхемами. Враховуючи те, що основний компонент пристрою живиться від 3,3 В та 2,5, наступними на плату, якомога ближче до роз'єму, потрібно ставити мікросхеми що перетворюють вхідну напругу – TPS62000.

Після того, як на платі вже є живлення 3,3 та 2,5 В буде логічним поставити основний компонент - 10M08SCE144C8G. ПЛІС розташована посередині плати, так як майже всі мікросхеми будуть підключатись саме до неї.

Щоб блок вводу виглядав, як невелика клавіатура, сині кнопки необхідно розташувати в два ряди. На платі ж вони розташовуватимуться на краю під ПЛІС. Це зроблено з міркувань зручності користуванням пристроєм та для економії місця на платі. Праворуч від синіх кнопок розташовані дві жовті кнопки, а під ним зелена та червона.

Логічною дією після кнопок розташувати блок індикації. Дванадцять світлодіодів стоятимуть в рядок. Один світлодіод стоїть навпроти однієї кнопки. Семи-сегментний індикатор ставиться над кнопками.

Якомога ближче до ПЛІС необхідно поставити мікросхеми MAX6818EAP, що відповідають за антибрязкіт контактів.

Перед семи-сегментним індикатором повинна стояти мікросхема SN74HC240NSR. А між ПЛІС та SN74HC240NSR ставиться дешифратор для індикатора.

TPA721 встановлюється близько до ПЛІС, щоб сигнал не спотворювався. Біля цієї ж мікросхеми встановлюється зумер.

В результаті отримано доволі хорошу щільність розташування компонентів. За рахунок цього зменшились габарити плати, довжини провідників та спотворення сигналів. Недоліком такого розташування є те, що ліворуч від ПЛІС є невелика порожня ділянка плати.

Загальна картина розташування зображена на рисунку 3.1.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						29
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

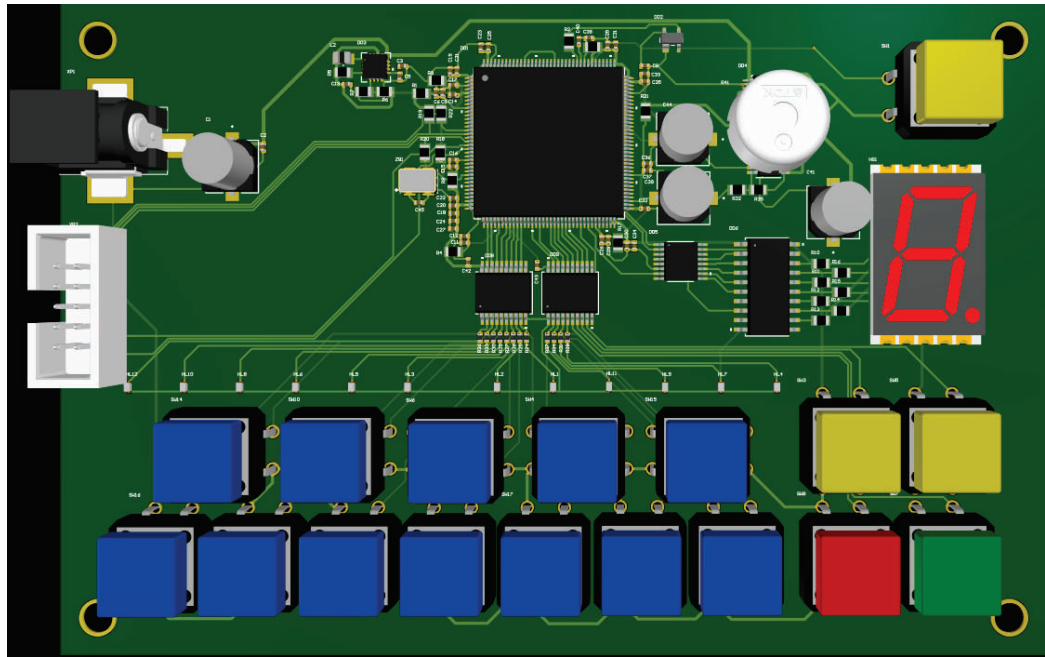


Рисунок 3.1 – Розташування компонентів

3.5 Проектування ДВ в Altium Designer

В рамках виконання дипломної роботи стоїть розробка друкованого вузлу конкретного пристрою. Для цього використано САПР Altium Designer.

Розробку ДВ можна умовно поділити на сім частин:

1. Створення бібліотеки компонентів, які використовуються в схемі.
2. Створення футпрінтів.
3. Створення 3D-моделей.
4. Побудова схеми електричної принципової.
5. Розміщення на монтажний простір компонентів та їх трасування.
6. Експорт всієї документації.

В першому пункті створена бібліотека УГП для всіх компонентів, що є на схемі. Для цього створено файл з розширенням *.Schlib*.

Другий та третій пункти включають в себе створення РСВ-бібліотеки та підключення всіх футпрінтів з 3D-моделями до вже існуючих УГП. Створено файл з розширенням *.PCVlib*.

Маючи всі УГП з підключеними футпрінтами, можна перейти до побудови схеми електричної принципової. Для цього створено файл з розширенням *.SchDoc*

						<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
							30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після створення схеми електричної принципової, за допомогою Altium Designer, можна створити перелік елементів. Для цього потрібно створити шаблон переліку та вказати схему, для якої буде виконана дана операція.

Тепер можна перейти до розміщення на монтажний простір компонентів та їх трасування на ДП. Для цього потрібно підключити до проекту pcb-файл, де і буде виконуватись дана частина роботи. Залишається тільки розмістити елементи на ДП і задати правила трасування. Altium Designer дозволяє провести трасування автоматично. Але не завжди програма коректно проведе трасування. Тому все трасування виконано вручну. Останнім пунктом є створення креслень. Для цього потрібно експортувати ДП у середовище AutoCAD.

Висновок до розділу: В даному розділі вибраний та обгрунтований матеріал для виготовлення ДП. Зроблений вибір класу точності. Досліджено переваги та недоліки методів виготовлення ДП. Обрано комбінований позитивний метод виготовлення. На монтажному просторі розміщено та виконано трасування компонентів. Розроблена друкована плата для даного проекту. При трасуванні виконані всі умови для обраного класу точності.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

РОЗДІЛ 4. Розрахунки, що підтверджують правильність конструкторського рішення

4.4 Виконання конструкторсько-технологічного розрахунку елементів ДМ

4.4.1 Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі.

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму $b_{\min I}$ (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом (4.1):

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}}, \quad (4.1)$$

де I_{\max} – максимально можливий струм в ланцюгу, А

$j_{\text{доп}}$ – допустима щільність струму для ДП, яка виготовлена

комбінованим позитивним методом, $j_{\text{доп}} = 48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

$t_{\text{пров}}$ – товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (4.2)

Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

$$t_{\text{пров}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{ГМ}} + h_{\text{ХМ}}, \quad (4.2)$$

де $h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0,035$ мм

$h_{\text{ГМ}}$ – товщина шара гальванічно осадженої міді, $h_{\text{ГМ}} = 0,055$ мм

$h_{\text{ХМ}}$ – товщина шара хімічно осадженої міді, $h_{\text{ХМ}} = 0,0065$ мм

$$t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965 \text{ (мм)}$$

Параметр I_{\max} в виразі (4.1) визначається як сума струмів, які споживають усі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, наведені у таблиці 4.1.

					ДК51.311429.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний діаметр отвору ДП:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (4.7)$$

де d – номінальний діаметр МО, мм,

Δd – допуск на діаметр отвору, $\Delta d = 0,05$ мм

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) = 0,8 + 0,05 + 0,1 = 0,95 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} D_{\min I} &= 2 \cdot \left(b_{\text{по}} + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_o + \delta_{\text{км}} \right) = 2 \cdot \left(0,05 + \frac{0,95}{2} + 0,07 + 0,05 \right) \\ &= 1,29 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$D_{\min} = D_{\min I} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 1,29 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,37 \text{ (мм)}$$

Максимальний діаметр КМ (4.8):

$$D_{\max} = D_{\min} + 0,02, \quad (4.8)$$

$$D_{\max} = 1,37 + 0,02 = 1,39 \text{ мм}$$

4.4.5 Визначення мінімальної ширини провідника.

$$b_{\min} = b_{\text{пр}}^{\Gamma} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03, \quad (4.9)$$

де $b_{\text{пр}}^{\Gamma}$ – мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (таблиця 3.1). Для 4-го класу точності ДМ $b_{\text{пр}}^{\Gamma} = 0,15$ мм

$$b_{\min} = b_{\text{пр}}^{\Gamma} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ (мм)}$$

Максимальна ширина провідника (4.10):

$$b_{\max} = b_{\min} + 0,02, \quad (4.10)$$

$$b_{\max} = 0,23 + 0,02 = 0,25 \text{ мм}$$

4.4.6 Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною.

На Рис. 4.1 зображено відстань між провідником та КП.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.7 Визначення мінімальної відстані між двома контактними площинами

На Рис. 4.3 зображено мінімальну відстань між двома контактними площинками.

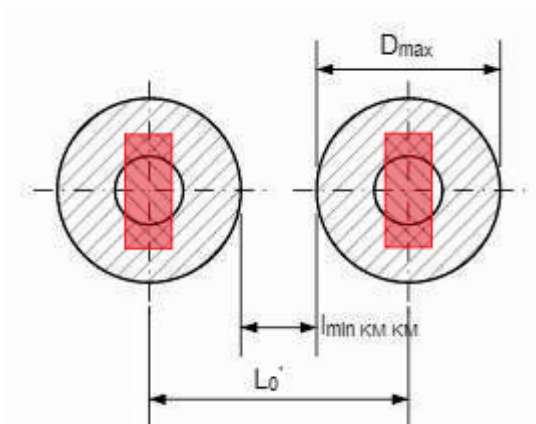


Рисунок 4.3 – Мінімальна відстань між двома КП

Розраховується ця відстань за формулою (4.13).

$$l_{\min \text{ KM KM}} = L_{01} - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{KM}}), \quad (4.13)$$

де L_{01} - відстань між центрами сусідніх КП, $L_{01}=2,5$ мм.

$$l_{\min \text{ KM KM}} = L_{01} - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{KM}}) = 2,5 - (1,39 + 2 \cdot 0,05) = 1,21 \text{ (мм)}$$

Отримане значення задовольняє четвертий клас точності.

РОЗДІЛ 5. Електричний розрахунок друкованої плати

5.1 Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику.

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається за формулою (5.1):

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}}, \quad (5.1)$$

де ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,

$$\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$l_{\text{пр}}$ – максимальна довжина друкованого провідника, $l_{\text{пр}} = 0,535 \text{ мм}$.

$t_{\text{пр}}$ - товщина провідника, $t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ мм}$

I_{max} – максимальний струм у провіднику, $I_{\text{max}} = 512,522 \text{ мА}$

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,512 \cdot 0,535}{0,15 \cdot 0,0965} = 0,33 \text{ (В)}$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення ($U_{\text{ж}} = 5 \text{ В}$).

5.2 Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати.

Тангенс кута діелектричних втрат матеріалу та потужність втрат визначаються за формулами (5.2) та (5.3) відповідно:

$$tg\sigma = \frac{\varepsilon_{\text{лаку}} \cdot h_{\text{матеріал ДП}} \cdot tg\sigma_{\text{матеріал ДП}} + 2 \cdot \varepsilon_{\text{матеріал ДП}} \cdot h_{\text{шару лаку}} \cdot tg\sigma_{\text{лаку}}}{2 \cdot \varepsilon_{\text{матеріал ДП}} \cdot h_{\text{шар лаку}} + \varepsilon_{\text{лаку}} \cdot h_{\text{матеріалу ДП}}} \quad (5.2)$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot tg\sigma, \quad (5.3)$$

де $f=1$, тому що розрахунок виконується на постійному струмі

$$tg\sigma_{\text{лаку}} = 0,016$$

C – ємність ДП визначається за виразом (5.4).

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h}, \quad (5.4)$$

де ε – діелектрична проникність, $\varepsilon = \text{FR4} + \text{УР231} = 4,5 + 4,5 = 9$

S_m - площа металізації, $S_m = 735,48 \text{ мм}^2$

h - товщина ДП, мм

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Розрахунок надійності ДВ

В даному підрозділі буде виконаний розрахунок основних показників надійності. Таких як, коефіцієнт інтенсивності відмови кожного елемента, їх сумарне значення відмови, середній час напрацювання до першої відмови, ймовірність безвідмовної роботи протягом року, ймовірність відмови протягом року. А також побудовані графіки залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу.

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи визначається (5.7):

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}, \quad (5.7)$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ (5.8) є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та ступеню тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати

$$\lambda_e = \lambda_{oe} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (5.8)$$

де λ_{oe} - інтенсивність відмов елемента при нормальних умовах роботи (температура навколишнього середовища $T_{окр.ср}^o = 20 \pm 5^oC$, відносна вологість $65 \pm 15\%$);

коефіцієнт електричного навантаження $K_n = 1, K_1, K_2, \dots, K_n$ - поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації. [18]

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження, що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі (5.9):

$$K_n = \frac{H_{роб}}{H_{ном}}, \quad (5.9)$$

Коефіцієнт навантаження для резисторів (5.10)

$$K_{н.р} = \frac{P_{роб}}{P_{ном}} = \frac{U_{роб}^2}{R \cdot P_{ном}}, \quad (5.10)$$

для конденсаторів (5.11)

$$K_{н.с} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}}, \quad (5.11)$$

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо коефіцієнти навантаження для резисторів за формулою (5.12) та занесемо в табл. 5.1:

$$U_{\text{роб}}^2 = 6,25\text{В}$$

$$P_{\text{ном}} = 0,125\text{Вт}$$

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти навантаження для резисторів

R2	R-0805 0.125 Вт 100 Ом 1% Yageo	2
R4	R-0805 0.125 Вт 680 Ом 1% Yageo	0,29
R5	R-0805 0.125 Вт 100 кОм 1% Yageo	0,002
R6	R-0805 0.125 Вт 510 кОм 1% Yageo	0,0004
R7	R-0805 0.125 Вт 240 кОм 1% Yageo	0,0008
R9-R16	R-0805 0.125 Вт 1 кОм 1% Yageo	0,2
R18,R19	R-0805 0.125 Вт 10 кОм 1% Yageo	0,02
R20	R-0805 0.125 Вт 1 кОм 1% Yageo	0,2
R22	R-0805 0.125 Вт 10 кОм 1% Yageo	0,02
R24-R31	R-0805 0.125 Вт 110 Ом 1% Yageo	1,8
R32	R-0805 0.125 Вт 10 кОм 1% Yageo	0,02
R33,R34	R-0805 0.125 Вт 110 Ом 1% Yageo	1,8
R35	R-0805 0.125 Вт 50 кОм 1% Yageo	0,004
R36,R37	R-0805 0.125 Вт 110 Ом 1% Yageo	1,8

Розрахуємо коефіцієнт навантаження для конденсаторів (5.13) та занесемо значення до табл 5.2:

$$U_{\text{ном}} = 16\text{В},$$

$$U_{\text{роб}} = 5\text{В}$$

Продовження таблиці 6.3

R7	1	0,02	0,0008	0,15	10	0,00024
R9-R16	8	0,02	0,2	0,15	10	0,048
R18,R19	2	0,02	0,02	0,15	10	0,0012
R20	1	0,02	0,2	0,15	10	0,006
R22	1	0,02	0,02	0,15	10	0,0006
R24-R31	8	0,02	1,8	0,15	10	0,432
R32	1	0,02	0,02	0,15	10	0,0006
R33,R34	2	0,02	1,8	0,15	10	0,108
R35	1	0,02	0,004	0,15	10	0,00012
R36,R37	2	0,02	1,8	0,15	10	0,108
IC	12	1	1	1	10	120
Друкована плата	2	1	1	1	10	20
Контакт роз'єму	3	0,2	1	1	10	6
Перехідні отвори	70	0,0375	1	1	10	26,25
Пайка виводів	406	0,005	1	1	10	20,3
Пристрої індикації	13	0,42	1	1	10	54,6
Сумарна інтенсивність відмов друкованого вузла						277,5

В даній таблиці коефіцієнти навантаження для мікросхем, друкованої плати, контактів роз'єму, перехідних отворів, пайки виводів та пристроїв індикації (7-сегменті індикатори) – взято 1. Вважаємо, що це найгірший випадок.

Сумарна інтенсивність розраховується за формулою (5.15):

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi}, \quad (5.15)$$

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} \approx 277,5 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{277,5 \cdot 10^{-6}} \approx 3820 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року (5.16):

$$P = e^{-\lambda_p t} \quad (5.16)$$

$$P = e^{-\lambda_p t} = e^{-277,5 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} \approx 0,786$$

Ймовірність відмов на протязі року:

$$Q(t) = 1 - 0,865 = 0,213$$

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу представлені на наступному графіку (Рисунок 5.1)

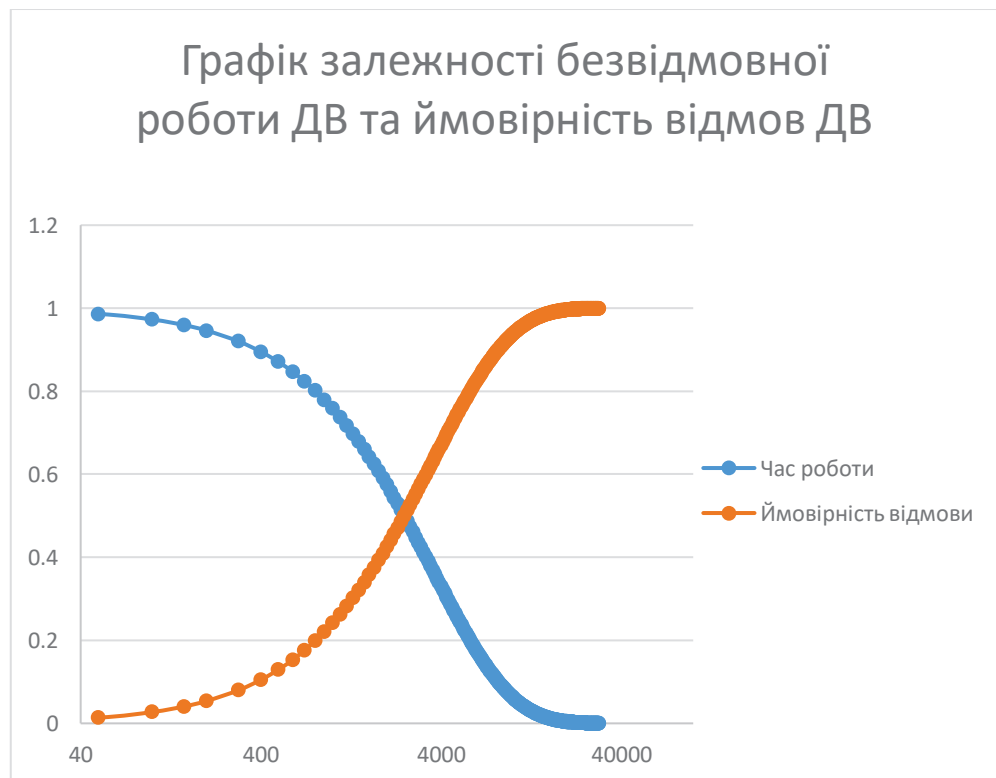


Рисунок 5.1 – Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ

Підвищити надійність РЕА можна різними способами. Наприклад такими як: метод простого перебору, метод множників Лагранжа, тощо. Як підвищити надійність РЕА методом простого перебору наведено в додатку В.

Висновок до розділу: Таким чином, в даному розділі проведені електричні розрахунки друкованої плати. Розраховані такі параметри: падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужність втрат двосторонньої друкованої плати, ємність між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину, взаємна індуктивність двох паралельних провідників однакової довжини та надійність друкованого вузлу. Всі паразитні параметри не є великими, а, отже, і впливати на роботу пристрою не будуть. Середній час напрацювання до першої відмови задовольняє умові ТЗ.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

РОЗДІЛ 6. Розробка та симуляція програмного забезпечення

6.1 Розробка програмного забезпечення на мові Verilog

Програмне забезпечення буде розроблюватись середовищі Modelsim від Mentor Graphics. Це багатомовне середовище використовується для опису та моделювання електронного обладнання. Включає в себе такі мови програмування як: Verilog, VHDL, SystemC та PSL. Має вбудований дебаггер. Modelsim може використовуватись незалежно або ж спільно з середовищем Intel Quartus. Моделювання виконується за допомогою графічного інтерфейсу користувача. Modelsim також можна використовувати з MATLAB.

Для початку необхідно створити проект та додати до нього файл з розрішенням .v. Далі необхідно відкрити будь-який текстовий редактор і почати писати код. Після написання коду та його компіляції, необхідно створити testbench-файл. Даний файл допоможе протестувати написаний попередньо код. В testbench задаються вхідні сигнали, таймінги, тощо. Як тільки він буде готовий, його також необхідно буде скомпілювати.

Після успішної компіляції можна безпосередньо перейти до симуляції написаного коду. Під час симуляції, Modelsim пропонує вибрати вхідні та вихідні сигнали, які будуть використовуватись. Після їх вибору можна перейти у вікно “Wave” де і буде відбуватись симуляція.

В даному випадку, щоб згенерувати будь-яку ноту, необхідно знати її частоту. В таблиці 6.1 наведені частоти нот та напівтонів від першої до шостої октави.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

Таблиця 6.1 – Частоти нот в Гц

	1	2	3	4	5	6
C	261	523	1046	2093	4186	8372
C#	277	554	1108	2217	4434	8869
D	293	587	1174	2349	4698	9397
D#	311	622	1244	2489	4978	9956
E	329	659	1318	2637	5274	10548
F	349	698	1396	2793	5587	11175
F#	369	739	1480	2960	5919	11840
G	392	783	1568	3136	6271	12544
G#	415	830	1661	3322	6644	13290
A	440	880	1760	3520	7040	14080
A#	466	932	1864	3729	7458	14917
H	493	987	1975	3951	7902	15804

Робоча тактова частота мікросхеми дорівнює 50 МГц. Відповідно, для того, щоб отримати частоту будь-якої ноти в герцах необхідно мати дільник частоти. Наприклад, щоб отримати дільник для частоти ноти ДО першої октави, необхідно 50 МГц поділити на 261. Отримане число і буде дільником, яке в майбутньому використається при програмуванні. В таблиці 6.2 наведені дільники для всіх частот.

Таблиця 6.2 – Дільники частот

	1	2	3	4	5	6
C	191570,9	95602,29	47801,15	23889,15	11944,58	5972,289
C#	180505,4	90252,71	45126,35	22553	11276,5	5637,614
D	170648,5	85178,88	42589,44	21285,65	10642,83	5320,847
D#	160771,7	80385,85	40192,93	20088,39	10044,19	5022,097
E	151975,7	75872,53	37936,27	18960,94	9480,47	4740,235
F	143266,5	71633,24	35816,62	17901,9	8949,347	4474,273
F#	135501,4	67659	33783,78	16891,89	8447,373	4222,973
G	127551	63856,96	31887,76	15943,88	7973,21	3985,969
G#	120481,9	60240,96	30102,35	15051,17	7525,587	3762,227
A	113636,4	56818,18	28409,09	14204,55	7102,273	3551,136
A#	107296,1	53648,07	26824,03	13408,42	6704,21	3351,88
H	101419,9	50658,56	25316,46	12655,02	6327,512	3163,756

Маючи всі дільники можна перейти до написання самого програмного забезпечення. Код програми наведений у додатку Б.

Маючи код можна перейти до його симуляції. Для прикладу згенеровано ноту ДО першої октави. Результат зображений на рисунку 6.1

					ДК51.311429.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

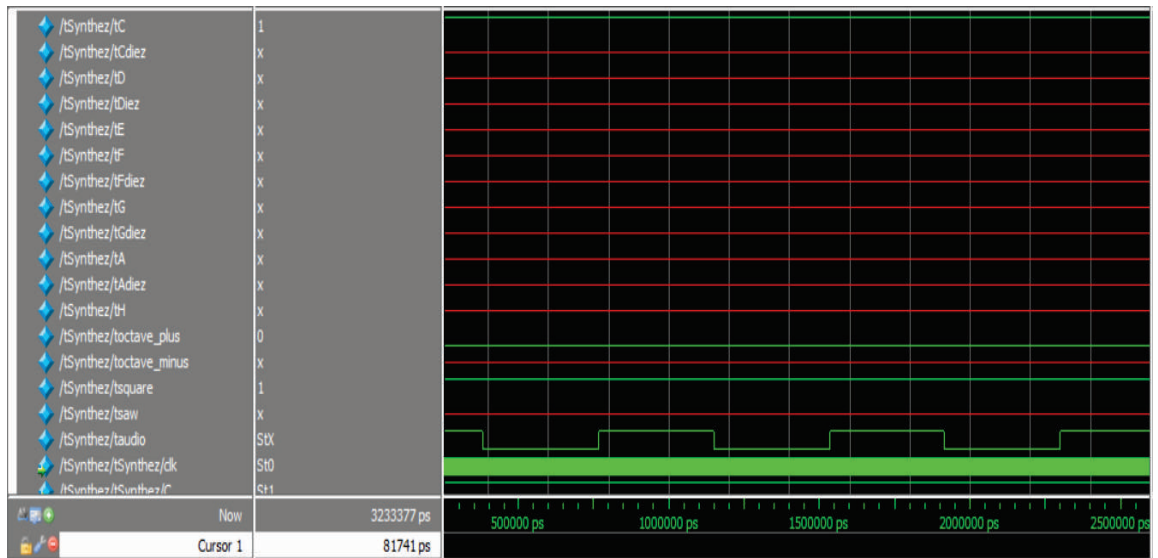


Рисунок 6.1 – Результат симуляції

На вхід С подана логічна 1, симулюючи натиснуту кнопку. Перед цим, за допомогою сигналу “octave_plus” виставлена перша октава. Як видно з рисунку, результат задовольняє потреби. Різниця в часі між фронтами збігається з частотою в 261 Гц. На рисунку 6.2 зображений фрагмент коду, що відповідає за генерацію даної ноти.

```

if (C) begin
    if(counter==191570) begin
        counter <= 0;
    end
    else begin
        for (i=0; i<191571; i=i+1)
            #1 counter <= counter + 1'b1;
        end
    audio = counter[17];
end

```

Рисунок 6.2 – Фрагмент коду

Суть полягає в тому, що як тільки надходить сигнал з кнопки, в даному випадку – це перша синя кнопка на платі, тобто нота ДО, перевіряється стан лічильника “counter”. “Counter” і є дільником частоти. Якщо його значення дорівнює пороговому, то він скидається в 0, значення його старшого біта призначається виходу. Якщо кнопка і далі утримується, то знову перевіряється стан лічильника, він вже не дорівнює пороговому значення, а, отже, після

цього вступає в дію цикл, який буде відраховувати потрібну кількість тактів. Після цього старший біт лічильника, він вже не нульовий, буде присвоєний виходу. В результаті такого невеликого блоку отримано генератор прямокутних сигналів із заданою частотою.

Фрагмент коду, який відповідає за зміну октави зображений на рисунку 6.3

```

if (octave_plus) begin //start_octave_plus
  if (octave_counter==6)
    octave_counter <= octave_counter;
  else
    octave_counter <= octave_counter + 1'b1;
end //end_octave_plus

else if (octave_minus) begin //start_octave_minus
  if (octave_counter==1)
    octave_counter <= octave_counter;
  else
    octave_counter <= octave_counter - 1'b1;
end //end_octave_minus

```

Рисунок 6.3 – Вибір октави

Алгоритм роботи фрагменту полягає в тому, що спочатку перевіряється чи натиснута кнопка збільшення октави на 1. Якщо вона натиснута і номер октави не дорівнює 6, октава збільшується на 1. Інакше, якщо не натиснута кнопка збільшення, а натиснута кнопка зменшення – перевіряється чи дорівняє номер поточної октави 1, якщо він не дорівнює, номер октави зменшується на 1.

Фрагмент коду, що відповідає за керування семи-сегментним індикатором, зображений на рисунку 6.4. Як можна побачити, алгоритм роботи дуже простий. Він побудований на конструкції case. В залежності від керуючого сигналу, на виході будуть сформовані різні послідовності. По факту, даний фрагмент перетворює десятковий код в двійковий. Так, якщо керуючий сигнал дорівнює 5, то на виході сформується послідовність «101».

```

case (octave_counter)
    3'd1: begin
        d1 <= 1'b1;
        d2 <= 1'b0;
        d3 <= 1'b0;
    end
    3'd2: begin
        d1 <= 1'b0;
        d2 <= 1'b1;
        d3 <= 1'b0;
    end
    3'd3: begin
        d1 <= 1'b1;
        d2 <= 1'b1;
        d3 <= 1'b0;
    end
    3'd4: begin
        d1 <= 1'b0;
        d2 <= 1'b0;
        d3 <= 1'b1;
    end
    3'd5: begin
        d1 <= 1'b1;
        d2 <= 1'b0;
        d3 <= 1'b1;
    end
    3'd6: begin
        d1 <= 1'b0;
        d2 <= 1'b1;
        d3 <= 1'b1;
    end
endcase

```

Далі, необхідно увесь код проекспортувати в Quartus. В середовищі Quartus зроблено окремий логічний блок, що відповідає за всю генерацію звуку (рисунок 6.4).

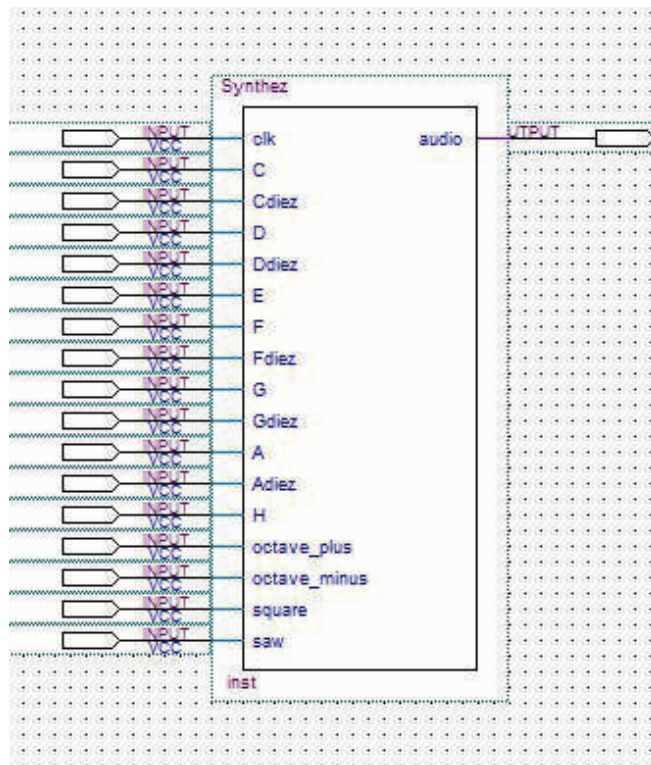


Рисунок 6.4 – Згенерований логічний блок

Після компіляції Quartus показав, що дана схема займає 592 логічних вентилі, що є допустимим значенням для вибраної раніше мікросхеми.

Висновок до розділу: В розділі проведена симуляція в середовищі Modelsim та Quartus. Результати симуляції задовольняють поставлені задачі. Кількість використаних логічних вентилів не перевищує максимальну кількість вентилів обраної мікросхеми.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблено комплекс робіт: схемотехнічне рішення, друкований вузол та програмне забезпечення. Завдання виконано в повному обсязі.

При виконанні даного проекту пройдені наступні етапи:

1. В першому розділі розказано можливості пристрою, що проектується. Пристрій може генерувати прямокутні сигнали частоти від 261 Гц до 15804 Гц. Проведено пошук та дослідження аналогів. Існують різні типи синтезаторів: аналогові, цифрові, віртуально-аналогові, апаратні цифрові, віртуальні. Всі вони мають доволі високу ціну. Проектований синтезатор має перевагу над ними в плані цінової політики. Розроблена та описана структурна схема пристрою.

2. За допомогою матриць параметрів та урахування, таких як робоча напруга, споживчий струм, спосіб монтажу - обґрунтовано та обрано елементу базу для пристрою. Параметри компонентів задовольняють потребам. Розроблено схему електричну принципіву, яка є зрозумілою та відповідає ГОСТ.

3. Зроблено аналіз класів точності, типів та матеріалів ДП. Обрано двошарову плату з FR-4, за 4 класом точності. Зроблене розміщення компонентів за допомогою послідовного методу на ДП. Проведено проектування в Altium Designer. Зроблена плата та проведене її трасування

4. Виконано розрахунки конструкторсько-технологічного плану. Визначено мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струму для живлення та землі. Його значення складає 0,11 мм. З допустимим падінням напруги його ширина складає 0,19 мм. Діаметр контактної площини склав 1,39 мм. Мінімальна ширина провідника складає 0,25 мм. Мінімальна довжина між провідником та КМ – 0,43 мм. Мінімальна відстань між двома КМ складає 1,21 мм. Розраховані значення підтверджують вибір четвертого класу точності.

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

5. Електричний розрахунок друкованої плати, підтвердив оптимальний вибір трасування провідників. Потужність втрат на постійному струмі становить 40,3 нВт, падіння напруги 0,33 В, паразитна ємність 19 пФ, а паразитна індуктивність 0,144 нГн – ці значення не будуть впливати на роботу ДВ. Отримане значення середнього часу напрацювання на відмову 3820 год задовольняє вимоги технічного завдання (3600 год);

6. Розроблено програмне забезпечення. В результаті розробки програмного забезпечення реалізовано наступний функціонал:

- Діапазон генерованих частот 261 – 15804 Гц.
- Керування семи-сегментним індикатором.
- Керування значенням октав.

Спроектований пристрій має наступні технічні характеристики, які задовольняють умовам ТЗ:

Параметр	Отримане значення	ТЗ
Габаритні розміри	132x87 мм	Не більше 135x90 мм
Маса	76 г	Не більше 90 г
Живлення	5 В, 3,3 В, 2,5 В	5 В, 3,3 В, 2,5 В
Середній час напрацювання	3820 год	Не менше 3600 год
Діапазон вихідних частот	261-15804 Гц	261-15804 Гц

Проект виконано в повному обсязі, розрахунки й моделювання задовольняють вимогам ТЗ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Синтезатор [Електронний ресурс] – режим доступу
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Синтезатор>
2. Частота [Електронний ресурс] – режим доступу
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Частота>
3. Види синтезаторов [Електронний ресурс] – режим доступу
<http://www.musicpalace.ru/blog/vidy-sintezatorov/>
4. Губар В.Г. Лекційний матеріал до курсу ФТОК – Київ: «КПІ ім.І.Сікорського», 2015.
5. SN74НС240 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc240.pdf>
6. SN74НСТ245 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hct245.pdf>
7. SN74FCT245 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cy74fct162652t.pdf>
8. SN74LS245 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ls245.pdf>
9. TPS62000GDTR Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps62000.pdf>
10. Intel MAX10 FPGA`s product table – Intel [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/pt/max-10-product-table.pdf>
11. Intel MAX10 FPGA device datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/max-10/m10_datasheet.pdf
12. Брязкіт контактів [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Брязкіт_контактів

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

13. HSMD-Cxxx AV02-0551EN Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Avago%20PDFs/HSMz-Czzz.pdf>
14. TPA721DGNR Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tpa721.pdf>
15. Стеклотекстолит [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://fr4.tabe.ru/fr4.html>
16. Медведев А.М. Технология производства печатных плат – Техносфера, Москва, 2005
17. Губар В.Г. Лекційний матеріал до курсу АКТП – Київ: «КПІ ім.І.Сікорського», 2015.
18. Лисенко О.І. Елементна база електронних апаратів. Лабораторний курс – Кий, Київ, 2000

ГОСТ 12.2.007-75 Система стандартов безопасности труда ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ Общие требования безопасности

ГОСТ 15150-69 МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 23571-86 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ Основные параметры конструкции

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання на проектування

1. Найменування та галузь використання

Електронний синтезатор звуку музичних інструментів. Використовується, як в навчальних цілях, так і в розважальних.

2. Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект згідно наказу по НТУУ «КПІ» №.1008-с

3. Мета і призначення розробки

Синтезатор призначений для використання в домашніх умовах для навчання чи в розважальних цілях, в якості аматорського пристрою.

4. Джерело розробки

Ідея для проектування була обговорена зі старшим викладачем Антонюком О.І. та к.т.н., доцентом Лебедевим Д.Ю.

5. Технічні вимоги

5.1. Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється.

Синтезатор складається з:

- FPGA;
- Пристрої керування;
- Пристрої індикації;
- Підсилювач;
- Динамік.

5.2. Вимоги до надійності.

Середній час напрацювання на відмову повинен бути на менше 3000 год.

5.3. Вимоги до технологічності.

Орієнтовані на передові прийоми розробки виготовлення на підприємствах України.

5.4. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації.

					ДК51.311429.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення пристрою застосувати стандартні, уніфіковані деталі та вироби.

5.5. Вимоги безпеки обслуговування.

Керуватися загальними вимогами безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 12.2.007-75.

5.6. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних й експлуатаційних матеріалів.

Для виробництва пристрою повинні використовуватися матеріали імпортного виробництва, які можливо купити та замінити в Україні.

5.7. Умови експлуатації.

Кліматичне виконання модулю керування УХЛ.4.2 згідно ГОСТ 15150-69. Для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових та інших подібного типу приміщеннях.

5.8. Вимоги до транспортування і зберігання.

Група умов зберігання Л1 по ГОСТ 15150-69. Зберігати в зачинених, опалювальних та вентиляованих приміщеннях, в яких забезпечуються наступні умови: температура повітря $+5...+40^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 60% при 20°C (середньорічне значення), атмосферний тиск $84...106\text{кПа}$.

Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту в спеціальній транспортній тарі.

5.9. Додаткові технічні вимоги.

Технічні характеристики:

Габаритні розміри	Не більше 135x90 мм
Маса	Не більше 90 г
Живлення	5 В, 3,3 В, 2,5 В
Середній час напрацювання	Не менше 3600 год
Діапазон вихідних частот	261-15804 Гц

6. Результати роботи

6.1. Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його програмування, налагодження;

6.2. Дана робота (звітна документація) після виконання надається на кафедру

КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

7. Робота повинна містити в собі документи

- Пояснювальну записку (формату А4, до 80 аркушів)
- Схему електричну принципову та перелік елементів (формату А1, А4 відповідно)
- Складальне креслення та специфікацію (формату А1, А4 відповідно)
- Креслення друкованої плати (формату А1)
- Додатки (формату А4)

8. Порядок розгляду й приймання роботи

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах. У процесі виконання роботи проміжні звіти надаються комісії не рідше 1 раз у тиждень на загальних умовах.

9. Економічні показники

В умовах даного проекту не розглядаються.

10. Етапи розробки

№ з/п	Назва етапів виконання Дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	06.04.19-13.04.19	виконано
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	13.04.19-15.04.19	виконано
3	Схемотехнічне проектування	15.04.19-22.04.19	виконано
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	22.04.19-23.04.19	виконано
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	23.04.19-30.04.19	виконано

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

6	Електричний розрахунок друкованої плати	30.04.19-07.05.19	виконано
7	Проектування у Altium Designer	14.05.19-21.05.19	виконано
8	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	21.05.19-28.05.19	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	28.05.19-10.06.2019	виконано

					<i>ДК51.311429.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59