

**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 Система контролю пішохідним переходом

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

_____ (підпис)

Керівник 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 року

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
Риженкова Сергія Костянтиновича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система контролю пішохідним переходом
керівник проекту Лебедев Денис Юрійович, доцент
затвержені наказом по університету від №1405с від 27.05.2019 р.
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 р.
3. Вихідні дані до проекту Кліматичне виконання УХЛ 1 по ГОСТ 15150-69.
Пристрій повинен забезпечувати контроль за пішохідним переходом, вчасно
реагувати на сигнали від датчиків та передавати їх на плату керування, яка
обробляє їх та передає інформацію на блок індикації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- аналіз технічного завдання;
- пошук аналогів;
- розробка схеми електричної принципової;
- обґрунтування вибору елементної бази та друкованої плати;
- проектування у Altium Designer;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- електричний розрахунок друкованої плати плати керування;
- розрахунок надійності друкованої плати плати керування;
- тепловий розрахунок;
- написання програми для плати керування;
- висновки.

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

- структурна схема блока керування;
- схема електрична принципова блока керування;
- друкована плата блока керування;
- складальне креслення друкованої плати блока керування.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 5 квітня 2019 р.

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	21.05.19-23.05.19	виконано
8	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	23.05.19-28.05.19	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	28.05.19-10.06.19	виконано

Студент _____ Риженков С.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Загальний обсяг дипломного проекту становить 67 сторінок, а список використаних джерел та довідкової літератури налічує 9 позицій. Текст містить 12 таблиць, 23 рисунка.

Об'єкт дослідження – світлофор викличної дії.

Предмет дослідження – система контролю за пішохідним переходом.

Мета дослідження – окреслити систему контролю пішохідним переходом та виконати її розробку.

У першому розділі здійснено огляд видів світлофорів та проведено аналіз структурної схеми пішохідного світлофору.

У другому розділі розроблено схему електричну принципову та обрано та обґрунтовано елементну базу для схеми електричної принципової пристрою.

У третьому розділі обґрунтовано вибір типу та матеріалу ДП, класу точності ДП та методу виготовлення ДП.

У четвертому розділі визначено мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі, мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, номінальний діаметр монтажного отвору, мінімальну ширину провідника тощо.

У п'ятому розділі визначено падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати та ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину.

У шостому розділі наведено алгоритм роботи плати керування та просимулювано роботу плати управління в середовищі Proteus.

ABSTRACT

The research presented on 67 pages consists of 6 chapters, 23 figures, 12 tables and 9 sources in the list of references.

A traffic light is the object of the research.

The subject of the work is a traffic light of a calling action.

The purpose of the research is to describe crosswalk system management and project it.

The first chapter gives an overview of the types of traffic lights and reveals an analysis of the structural scheme of a pedestrian traffic light.

The second chapter points out an electric schematic diagram and element base for the electric schematic diagram.

The third chapter describes a choice of PCB type and material, PCB accuracy class and the method of PCB manufacturing.

The fourth chapter focuses on the minimum conductor width, nominal access hole diameter, minimum conductor width taking into account the permissible voltage drop on it, etc.

The fifth chapter reveals the voltage drop on the longest printed conductor, the loss capacity of the two-sided PCB and the capacitance between two adjacent conductors, which are located on the same side of the PCB and have the same width.

The sixth chapter describes an algorithm of the control board operation and simulation of the control board operation in the Proteus environment.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: **Система контролю пішохідного переходу**

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	8
1.1 Аналіз видів світлофорів та їх функціонування	8
1.2 Пошук аналогів.....	11
1.3 Структурна схема.....	11
РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	14
2.1 Розробка схеми електричної принципової	14
2.2 Вибір та обґрунтування елементної бази	17
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДРУКОВАНОГО МОНТАЖУ .	24
3.1 Вибір типу та матеріалу ДП.....	24
3.2 Вибір класу точності ДП	26
3.3 Вибір методу виготовлення ДП.....	28
3.4 Розміщення компонентів та розробка плати управління в Altium Designer	30
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ.....	32
4.1 Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі.....	32

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Система контролю пішохідного переходу Пояснювальна записка</i>	Лім.	Арк.	Архувів
<i>Розробив</i>		<i>Риженков С.К.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Тимошенко С.</i>					1	65
<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>						

4.2	Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому	33
4.3	Визначення номінального діаметру монтажного отвору.....	33
4.4	Визначення діаметра контактної площини	34
4.5	Визначення мінімальної ширини провідника	35
4.6	Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною	35
4.7	Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками	36
4.8	Визначення мінімальної відстані між двох контактних площин.....	36
РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДП.....		38
5.1	Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику	38
5.2	Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати	38
5.3	Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину.....	39
5.4	Розрахунок надійності друкованого вузла	39
5.5	Розрахунок теплового режиму транзистора.....	46
РОЗДІЛ 6. СИМУЛЯЦІЯ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....		48
6.1.	Алгоритм роботи плати керування	48
6.2.	Розробка програмного забезпечення в STM32CubeMX та Keil uVision	49
6.3.	Симуляція роботи в Proteus.....	50
ВИСНОВКИ.....		55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....		58

Додаток А. Технічне завдання

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Додаток Б. Код програми

Додаток В. Система контролю пішохідного переходу. Перелік елементів

Додаток Г. Плата керування. Специфікація

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>3</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

МК – мікроконтролер

ДП – друкована плата

ДВ – друкований вузол

ІС – інтегральна схема

ДДП – двостороння друкована плата

БДП – багатошарова друкована плата

УГП – умовні графічні позначення

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена тим, що світлофор – це надійний помічник як для пішоходів так і для водіїв, оскільки пішоходам він забезпечить дійсно безпечний перехід вулиці, а автомобілям у свою чергу забезпечить рух без заторів. Світлофор – можливість змінити світ на краще, адже за допомогою нього можна зменшити кількість ДТП до мінімуму за рахунок правильного регулювання сигналів світлофору у потрібний час та у потрібному місці у залежності від обставин.

Світлофор буде оцінювати ситуацію як на дорозі так і на тротуарі і за рахунок її аналізу буде надавати перевагу у русі тим чи іншим учасникам руху. Крім того, за рахунок світлофору можна створити розумну систему штрафів з повним контролем того, що відбувається на дорозі. Дипломний проект має бути корисний усім громадянам і приносити безпеку у повсякденне життя.

Наразі існує пішохідний світлофор викличної дії, концепція такого світлофора є застарілою, а одним з недоліків такого світлофору є кнопка, яка має свій запас часу напрацювання і те, що таку кнопку легко пошкодити, при цьому кнопка є основою такого світлофора.

Мета роботи – виконати розробку системи контролю пішохідним переходом, в якому буде покращено основну ідею світлофора викличної дії за допомогою використання датчика перешкод.

Досягнення поставленої мети передбачає розв'язання таких **завдань**:

- окреслити систему управління пішохідним переходом;
- дослідити види світлофорів;
- проаналізувати структурну схему пристрою (системи);
- розробити схему електричну принципову;
- обрати та обґрунтувати елементну базу для схеми електричної принципової пристрою;
- обрати друковану плату, провести конструкторсько-технічний розрахунок елементів друкованого монтажу;

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– провести розрахунки, що підтверджують правильність конструкторського рішення.

Об’єкт роботи – світлофор викличної дії.

Предмет роботи – система управління пішохідним переходом.

Практична новизна одержаних результатів полягає у тому, що в дипломному проекті уперше розроблено світлофор з використанням датчика перешкод.

Практичне значення одержаних результатів зумовлюється можливістю їх використання у реальному житті на практиці.

Структура й обсяг дипломного проекту. Дипломна робота складається зі вступу, шести розділів з висновками до кожного з них, загальних висновків, списку використаних джерел та довідкової літератури, переліку ілюстративного матеріалу та 4 додатка. Загальний обсяг дипломного проекту становить 67 сторінок, обсяг основного тексту роботи – 58 сторінки. Текст містить 12 таблиць, 23 рисунка.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження та її актуальність, визначено об’єкт і предмет аналізу, окреслено мету й завдання роботи, розкрито її наукову новизну, теоретичну та практичну цінність, наведено відомості про апробацію результатів дослідження.

У першому розділі «АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ» здійснено огляд видів світлофорів та проведено аналіз структурної схеми пішохідного світлофору.

У другому розділі «СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ» розроблено схему електричну принципову та обрано та обґрунтовано елементну базу для схеми електричної принципової пристрою.

У третьому розділі «ВИБІР ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДРУКОВАНОГО МОНТАЖУ» обґрунтовано вибір типу та матеріалу ДП, класу точності ДП та методу виготовлення ДП.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У четвертому розділі «РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ» визначено мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі, мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, номінальний діаметр монтажного отвору, мінімальну ширину провідника тощо.

У п'ятому розділі «ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДП» визначено падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати та ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину.

У шостому розділі «ПРОГРАМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ» наведено алгоритм роботи плати керування та просимулювано роботу плати управління в середовищі Proteus.

У висновках узагальнено теоретичні та практичні результати дипломної роботи, сформульовано основні висновки.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1. Аналіз видів світлофорів та їх функціонування

Світлофор – це пристрій, який призначений для організації дорожнього руху, а тому має вирішувати два основні завдання:

1. збільшення рівня безпеки дорожнього руху та
2. поліпшення екологічної ситуації.

Питання безпеки наразі є дуже важливим. Саме тому для запобігання дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на тих проміжках дороги, де нерегульовані пішохідні переходи не виконують свого функціоналу, де можливе виникнення ДТП або у випадках коли ДТП вже сталося, де є обмеження швидкості руху або заборона обгону, необхідно використовувати світлофорне регулювання.[1]

У випадку покращення екологічного становища використовують, наприклад, додаткові проміжні світлофори, адаптивні («розумні») світлофори або світлофори «зелена хвиля». Усі ці світлофори допомагають дотримуватися однакової швидкості потоку автомобілів, завдяки чому зменшується загальна кількість їх зупинок та витрата пального, а також знижується рівень вихлопних газів. Тому на тих вулицях, де наявні великі території з торговими, громадськими зонами або зонами з великим пішохідним трафіком, слід встановлювати такі світлофори.

Світлофорне регулювання – це один з найважливіших інструментів для реалізації транспортної мережі. Є декілька рівнів, на яких світлофори виконують роль регулятора руху транспорту: регулювання транспортної мережі, на перегонах або ділянках, що знаходяться між перетинами та на самих перетинах. Транспортна мережа або концепція – це деякі ситуації, що потребують контролю для забезпечення правильного функціонування мережі, наприклад, заходи для прискорення руху громадського транспорту, заходи для безпечного пішохідного та велосипедного руху і заходи для використання транспортними потоками певних маршрутів.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім функцій світлофори також поділяють на 2 види:

1. Транспортні
2. Пішохідні

Транспортні світлофори (Рис.1.1), як випливає з назви, встановлюються для регулювання транспортного трафіку.

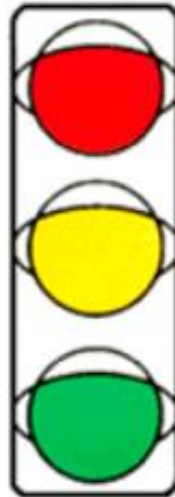


Рисунок 1.1 – Транспортний світлофор

Такий вид світлофорів поділяють на багато підвидів різних за призначенням, оскільки кожна конкретна ситуація на дорозі або від дороги, потребує свого регулювання. Серед таких підвидів виділяють (Рис. 1.2):

- з горизонтальним розміщенням сигналів
- з вертикальним розміщенням сигналів
- з додатковою секцією
- для регулювання руху у визначених напрямках
- реверсивний
- додаткові світлофори для доріг з реверсивним рухом
- для регулювання руху трамваїв
- для регулювання руху через залізничні переїзди

					ДК51.201219.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СВІТЛОФОРИ

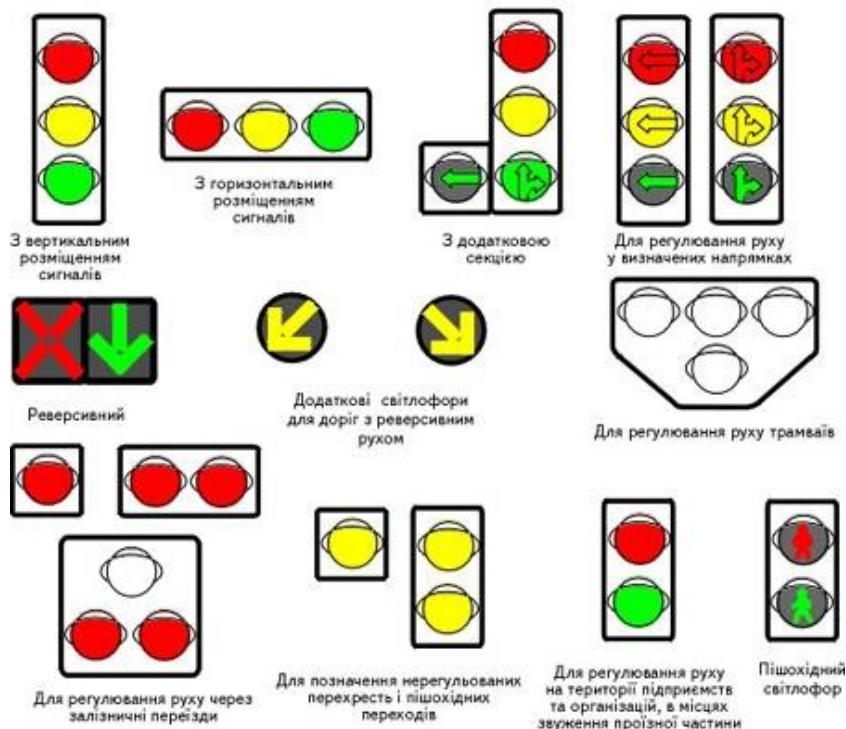


Рисунок 1.2 – Види світлофорів

Пішохідні світлофори (Рис. 1.3) встановлюються для регулювання пішохідного трафіку.

Пішохідний світлофор – двосекційний та складається з двох світлових сигналів – червоного та зеленого. Крім того, існують пішохідні світлофори з додаванням голосового сповіщення для людей, які мають проблеми з зором (сліпота). Роль цього типу полягає в найпростішому – дозволяти або забороняти рух пішоходів на переході.[1]



Рисунок 1.3 – Пішохідний світлофор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДК51.201219.001 ПЗ

Арк.

10

1.2 Пошук аналогів

На сьогоднішній день, якщо розглядати окремо світлофори для пішоходів, існує світлофор викличної дії, який представлено у вигляді пристрою з кнопкою для можливості переходу дороги. Такі світлофори з'явилися вже відносно давно, їх встановлюють на тих дорогах, де трафік людей невеликий, що дозволяє мінімізувати час, який автомобілі проводять в очікуванні дозволу їхати, хоча при цьому пішоходів нема. Також такі світлофори мінімізують такий час у вечірні години дня, оскільки кількість пішоходів зменшується в рази.

Одним з недоліків такого світлофору є вихід з ладу кнопки, а також те, що така технологія вже є старою. Наразі в сучасному світі розвиток технологій має стрімкий ріст, і таким чином розробляються пристрої, які можуть відслідковувати рухи людини і виконувати різні дії в залежності від рухів. Це так звані smart-пристрої. Постає питання: чи можна покращити стару технологію світлофора викличної дії, розробивши його не з використанням кнопки, а якогось датчика, наприклад, датчика руху або датчика перешкоди. Наразі не існує пішохідних переходів з використанням такої технології, проте це можливо зробити.

1.3 Структурна схема

Структурна схема пристрою (системи) наведена на Рис. 1.4 та складається з:

- Датчиків
- Плати керування
- Блоку індикації

Плата керування складається з мікроконтролера (МК) та тестової індикації роботи системи. Тестова індикація складається з 2 семисегментних індикаторів, що в свою чергу дублюють інформацію, яка відображається на блоці індикації. Це потрібно для того, щоб якщо блок індикації виходить з

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу:

Світлофор – це пристрій, який призначений для організації дорожнього руху. Світлофори поділяють на транспортні та пішохідні, проте для цілей цього дипломного проекту пристрій, що розробляється, повинен керувати трафіком на пішохідному переході.

Структурна схема пішохідного світлофору складається з датчиків, плати керування та блоку індикації. Плата керування складається з МК та тестової індикації роботи системи. Тестова індикація складається з 2 семисегментних індикаторів, що в свою чергу дублюють інформацію, яка відображається на блоці індикації. Блок індикації складається з світлодіодів червоного та зеленого кольору, а також набору світлодіодів, що імітують семисегментні індикатори (індикація часу).

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Розробка схеми електричної принципової

Конструктивно у цьому дипломному проєкті було розроблено друкований вузол, який називається «Плата керування».

Більшість сучасних датчиків руху або датчиків перешкод відображають конкретно ситуацію, тобто наявність або відсутність руху чи перешкоди. Для цього вони використовують найпростішу систему, а саме представлення свого стану у вигляді логічних рівнів «0» або «1». Саме тому в схемі електричній принциповій використано роз'єми на 3 контакти (Рис.2.1) один з яких – це контакт даних, а два інші – це живлення та земля.

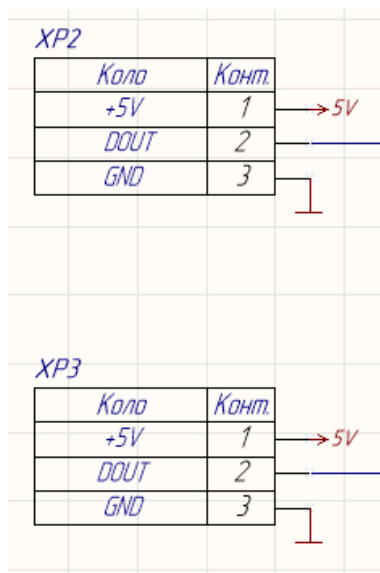


Рисунок 2.1 – Роз'єми для датчиків

Для керування та обробки даних використано МК – сучасне та оптимальне рішення для цієї задачі. Для коректної роботи МК встановлюються конденсатори по живленню. Для індикації використовуємо два світлодіоди зеленого та червоного кольору, що під'єднані до МК через резистор, який у свою чергу є струмообмежуючим. Розрахуємо оптимальний резистор для світлодіодів за формулою (2.1).

$$R = \frac{U_{\text{жив}} - U_{\text{пад}}}{I_c}, \quad (2.1)$$

де $U_{жив}$ – напруга живлення; $U_{жив} = 3,3 \text{ В}$

Упад – напруга, що виділяється на світлодіоді; $U_{пад} = 1,9 \text{ В}$

I_c – струм через світлодіод; $I_c = 0,015 \text{ А}$

$$R = \frac{3.3 - 1.9}{0.015} = 93.3 \text{ (Ом)}$$

Оптимальним резистором є 100 Ом .

Для розрахунку потужності, що виділяється на ньому використаємо формулу (2.2).

$$P = I^2 R, \quad (2.2)$$

$I = 0.015 \text{ А};$

$R = 100 \text{ Ом}.$

$$P = 0,015^2 * 100 = 0,02 \text{ (Ват)}$$

Для відображення часу (секунд) використовуються семисегментні індикатори, що під'єднані до МК через дешифратори. Використовуючи формулу (2.1) розрахуємо резистори для семисегментних індикаторів.

$U_{жив}$ – напруга живлення; $U_{жив} = 5 \text{ В}$

Упад – напруга, що виділяється на світлодіоді; $U_{пад} = 1,5 \text{ В}$

I_c – струм через світлодіод; $I_c = 0,007 \text{ А}$

$$R = \frac{5 - 1.5}{0.007} = 500 \text{ (Ом)}$$

Оптимальним резистором є 560 Ом .

За формулою (2.2) розрахуємо потужність, що виділяється:

$I = 0.007 \text{ А};$

$R = 560 \text{ Ом}.$

$$P = 0,007^2 * 560 = 0,03 \text{ (Ват)}$$

У випадку зовнішньої індикації будуть використовуватися потужні світлодіоди, оскільки використання звичайних не є таким ефективним, адже

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДК51.201219.001 ПЗ				

Таблиця 2.1 – Параметри ІС

Серія ІС	Параметри				
	Voltage - Collector Emitter Breakdown , V	Current - Collector , mA	Turn-on Delay, us	Turn-off Delay, us	Price, \$
L603C	90	400	0.4	0.4	1.13
ULN2803A	50	500	0.13	0.02	0.69
SG2823J-ND	50	500	0.25	0.25	0.9
Коефіцієнт важливості	0.2	0.35	0.2	0.2	0.05

Таблиця 2.2 – Матриця параметрів |X|

Серія ІС	Параметри				
	Voltage - Collector Emitter Breakdown , V	Current - Collector , mA	Turn-on Delay, us	Turn-off Delay, us	Price, \$
Коефіцієнт важливості	-	-	-	-	-
L603C	90	400	0.4	0.4	1.13
ULN2803A	50	500	0.13	0.02	0.69
SG2823J-ND	50	500	0.25	0.25	0.9

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 (2.3):

$$Y_{ij} = \frac{1}{x_{ij}}, \quad (2.3)$$

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

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

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводимо оцінюючу функцію, яка обчислюється за формулою (2.5).

$$Q_i = \sum_{j=1}^m a_j b_j, \quad (2.5)$$

де b_j – ваговий коефіцієнт.

Сума вагових коефіцієнтів розраховується за виразом (2.6).

$$\sum_{j=1}^m b_j = 1, \quad (2.6)$$

$$Q_{L603C} = 0,44 * 0,2 + 0,675 * 0,2 + 0,95 * 0,2 + 0,389 * 0,05 = 0,433$$

Результати розрахунків для кожної ІС наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результат розрахунків суми вагових коефіцієнтів

Серія ІС	Q
L603C	0.433
ULN2803A	0.070
SG2823J-ND	0.362

За допомогою матриць розраховали Q_i для кожної з порівнювальних серій ІС. Меншому значенню Q відповідає краща серія ІС. Побудувавши таблицю з результатами Q, знайдемо в ній найменше значення параметру. Як бачимо, для ІС серії ULN2803A[2] він є найменшим. Параметри цієї ІС задовольняють потребам, тому і будемо її використовувати.

У ролі датчика використовується лазерний сенсор (Рис. 2.5), який є сучасним рішенням для отримання інформації відносно перешкод. Лазерний датчик містить приймач та передавач. У передавачі є коливальна трубка, яка може генерувати ударну хвилю з частотою 180 кГц. Після підсилення транзистором ударна хвиля передається на лазерну трубку для збудження. У приймачу є приймальна трубка, яка відповідає коливальній трубці, та може отримати відбите світло. Оскільки лазерний датчик використовує технологію обробки модуляції, приймальна трубка може приймати тільки відображене світло на тій же частоті.

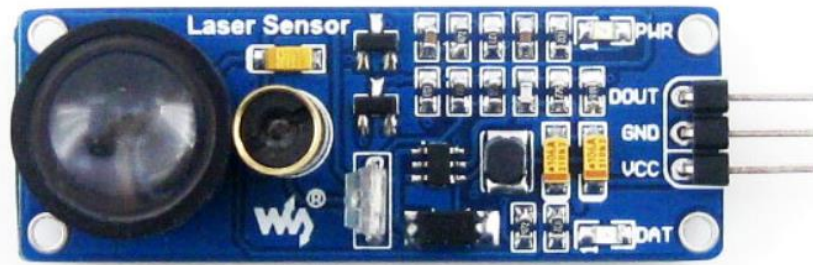


Рисунок. 2.5 – Laser Sensor

Його характеристики наведені в таблиці 2.6. Також наразі існує інший пристрій для виявлення перешкод, а саме інфрачервоний датчик, а його параметри наведені в таблиці 2.7. Порівнюючи параметри двох пристроїв, найкращим вибором є лазерний сенсор, оскільки він має велику відстань спрацювання, не потребує попереднього налаштування та простий у використанні. У ролі головного обробника сигналів використовуємо STM32F0CC МК фірми ST. Якщо порівнювати серію CC з іншими серіями, то вона має більше пам'яті та містить невелику кількість функціональної складової, що є достатньою для виконання пристрою, тому обирати інший МК недоцільно, адже більша частина функціоналу МК буде не реалізована.

Таблиця 2.6. Характеристики модуля Laser Sensor

Відстань виявлення	Від 0.8м до 1.5м
Напруга живлення	2.5В до 5В
Розміри	4.8 * 1.8 см
Діаметр монтажного отвору	2 мм

Таблиця 2.7. Характеристики YL-63

Відстань виявлення	від 2 до 30 см
Напруга живлення	3.3 до 5 В
Розміри	3.2 x 1.4 см
Діаметр монтажного отвору	3 мм

В якості дешифратора обираємо CD4511B[4], цей дешифратор використовується для семисегментних індикаторів з загальним катодом. Виходячи з документації, логічні рівні для вихідних сигналів «0» – 0 В, а для «1» – 5В.

Оскільки у пристрої використовуються потужні світлодіоди, а для їх живлення потрібен великий струм, який не може бути на виході МК, тому слід використовувати транзисторний ключ на польовому транзисторі IRL630A[2]. Відкривається цей транзистор від 4,5В, що є достатнім, оскільки контакт МК на виході – 3,3 В або 5 В, а максимальний струм через транзистор – 24А, що є більш ніж достатнім рівнем. Транзистор обрано з серії IRL, що використовується у схемах з логікою.

Для керування зовнішньою індикацією, а саме відображенням часу, використаємо мікросхему ULN2803ADWR[5], що містить в собі масив транзисторів Дарлінгтона, а за функціоналом замикає потрібний вихід на землю. Така мікросхема розрахована на 50В та 500мА.

Пристрій живиться від зовнішнього блоку живлення на 9-36 В, але для живлення датчиків та МК потрібно 5В та 3,3В відповідно. Тому потрібно використовувати перетворювач напруги. Для того, щоб отримати 5В, використаємо THL 3-2411WISM[6], що згідно з документацією має на виході стабільні 5В та струм 600 мА, а для МК використаємо LD1117S33TR[7], що з 5В перетворить у 3,3В та струм 800мА.

Висновки до розділу:

У цьому розділі було розроблено схему електричну принципову друкованого вузлу «Плата керування». Для керування та обробки даних використано МК, для коректної роботи МК встановлюються конденсатори по живленню, а для індикації – два світлодіоди зеленого та червоного кольору, що під'єднані до МК через резистор. Для відображення часу (секунд) використовуються семисегментні індикатори, що під'єднані до МК через дешифратори.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблена схема електрична принципова живиться від вхідної напруги в діапазоні від 9 до 36В, що надходить ззовні, для живлення датчиків та самого МК використано 2 перетворювачі напруги з 9-36 В в 5 В та з 5В в 3,3В.

Вибір елементної бази для схеми електричної принципової пристрою проводиться з урахуванням вимог, які були зазначені в технічному завданні. За допомогою методу матриці параметрів буде здійснений вибір ІС.

Проаналізувавши ІС різних серій, було вирішено використовувати ІС серії ULN2803А, оскільки її параметри задовольняють потребам.

Для датчика використовується лазерний сенсор, у ролі головного обробника сигналів – STM32F0CC МК фірми ST, а в якості дешифратора – CD4511В. Для керування зовнішньою індикацією, а саме відображенням часу, використаємо мікросхему ULN2803ADWR, що містить в собі масив транзисторів Дарлінгтона.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДРУКОВАНОГО МОНТАЖУ

3.1. Вибір типу та матеріалу ДП

Наразі існує декілька типів друкованих плат (ДП), а саме:

- Односторонні
- Двосторонні
- Багатошарові

Рисунок 3.1 - Конструктивно-технологічні різновиди ДП

Конструктивно-технологічні різновиди ДП представлені на рис. 3.1. Односторонні друковані плати (ОДП) виконуються на шаруватому пресованому або рельєфному литій основі без металізації або з металізацією монтажних отворів. Плати на шаруватому діелектрику прості за конструкцією і економічні у виготовленні. Їх застосовують для монтажу побутової радіоапаратури, блоків живлення і пристроїв техніки зв'язку. Низькі витрати, високі технологічність і нагрівостійкість мають рельєфні (тривимірні) литі ДП, на одній стороні яких розташовані елементи друкованого монтажу, а на іншій – об'ємні елементи (корпусу з'єднувачів, периферійна арматура для кріплення деталей і електрорадіоелементів, тепловідводи і ін.)[8]

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цих платах за один технологічний цикл виходить вся конструкція з монтажними отворами і спеціальними заглибленнями для розташування електрорадіоелементів (ЕРЕ), що вмонтовуються на поверхню. Наразі технологія рельєфних ДП інтенсивно розвивається.

Двосторонні друковані плати (ДДП) мають провідний малюнок на обох сторонах діелектричної або металевої основи. Електричний зв'язок шарів друкованого монтажу здійснюється за допомогою металізації отворів.

Двосторонні ДП володіють підвищеною щільністю монтажу і надійністю з'єднань. Вони використовуються у вимірювальній техніці, системах управління і автоматичного регулювання. Розташування елементів друкованого монтажу на металевій основі дозволяє вирішити проблему відводу тепла в потужнострумівій і радіопередавальній апаратурі.

Багатошарові друковані плати (БДП) складаються із пластів ізоляційного матеріалу і провідникового малюнка, з'єднаних клейовими прокладками в монолітну структуру шляхом пресування. Електричний зв'язок між провідними шарами виконується спеціальними об'ємними деталями, друкованими елементами або хіміко-гальванічної металізацією. У порівнянні з ОДП та ДДП вони характеризуються підвищеною надійністю і щільністю монтажу, стійкістю до механічних впливів, зменшенням розмірів і числа контактів. Однак велика трудомісткість виготовлення, висока точність малюнка і поєднання окремих шарів, необхідність ретельного контролю на всіх операціях, низька ремонтпридатність, складність технологічного обладнання і висока вартість дозволяють застосовувати БДП лише для ретельно відпрацьованих конструкцій електронно-обчислювальної, авіаційної та космічної апаратури.

У ДДП з металізацією отворів збільшується міцність кріплення електронних компонентів, при цьому можливість високої щільності монтажу разом з хорошою здатністю трасування зберігаються. Саме тому згідно з

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічним завданням та схемою електричної принципової вибір був зроблений на користь двосторонньої друкованої плати.

Для виготовлення ДП використовують матеріали, які мають високі електроізоляційні параметри, механічну міцність, стабільність при кліматичних змінах. Матеріали, які відповідають цим параметрам, – це: кераміка, фторопластова плівка, стеклотекстоліт і т.д. Для виготовлення ДП було обрано стеклотекстоліт FR-4. FR-4 – це композитний матеріал, основою є стеклотекстоліт, товщина якого 1,5 мм. Використовуючи цей матеріал, можна отримати отвори високої якості.[8]

3.2 Вибір класу точності ДП

При виготовленні ДП важливу роль відіграють параметри: мінімальна ширина провідників, мінімальна відстань між елементами і т.д.. Згідно з ГОСТ 23751-86 існує п'ять класів точності друкованих плат, що забезпечують різні методи виготовлення ДП, а саме технології виробництва, використання високоякісного обладнання чи звичайного, в якому приміщенні виготовляють і т.д.

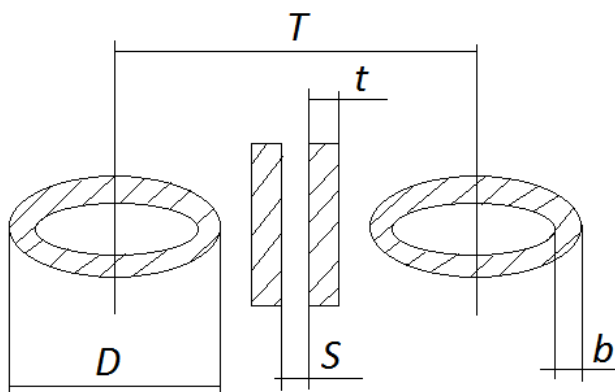


Рисунок 3.2 – Схема елементів друкованого монтажу (ДМ), що визначають клас точності: t – ширина друкованого провідника; S – відстань між краями сусідніх елементів проводить малюнка; b – гарантований поясок; D – діаметр металізованого отвору з контактною площадкою

Граничні значення основних параметрів ДМ наведені в таблиці 3.1.

1 – відношення номінального значення діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати.

Таблиця 3.1 – Граничні значення основних параметрів ДМ

Умовне позначення	Значення основних параметрів для класу точності				
	1	2	3	4	5
t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
S, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
l, мм	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

Друковані плати 1-го і 2-го класів здійснюється на рядовому обладнанні. Такі ДП застосовуються для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу. До цього класу належать друковані плати макетного рівня, часто одиничного і дрібносерійного виробництва.

Друковані плати 3-го класу забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого – для їх виробництва необхідно рядове, хоча і спеціалізоване, обладнання.

Друковані плати 4-го класу та 5-го класу виготовляються на високоточному обладнанні, але критерії вибору матеріалів 4-го класу, обладнання та приміщень є нижчими, ніж для 5-го класу.

В рамках цього проекту виготовлення друкованої плати 5-го класу точності не є доцільним. Оскільки розмір друкованої плати є великий, а отже є велика площа для можливості працювати з нею. Саме тому не використовуємо товщину провідника 5-го класу точності, проте обираємо товщиною провідника 0,2 мм, що відноситься до 4-го класу точності. На ДП встановлюються мікросхеми, відстань між контактними доріжками яких 0,2 мм. Згідно з параметрами, що наведені у таблиці 4.1, для 3-го класу точності мінімальна відстань повинна бути 0,25, отже, зупинимося на виборі виготовлення ДП з 4-им класом точності.

формування малюнка провідників відбувається, як і при адитивних методах, шляхом гальванічного осадження міді з застосуванням фотошаблонів.[9]

Переваги комбінованого позитивного методу: можливість створення елементів друкованого малюнка з високою точністю. При використанні фольги товщиною 9 мкм досяжна ступінь дозволу провідників і проміжків між ними – 75 мкм; практично на всіх етапах техпроцесу фольга захищає діелектричну основу від впливу технологічних розчинів. Цим досягається висока якість поверхні діелектрика і, як наслідок, висока надійність ізоляції; хороша адгезія (міцність зчеплення) елементів друкованого малюнка і діелектричної основи плати.



Рисунок 3.4 - Комбінований позитивний метод

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДК51.201219.001 ПЗ

Недоліки комбінованого позитивного методу: наявність операцій травлення призводить до виникнення бокового подтраву провідників. Це обмежує роздільну здатність процесу. При використанні фольги товщиною 18 мкм і більше забезпечення зазорів і ширини провідників на рівні 100 мкм вже може бути проблематичним, тому що ускладнює виготовлення ультраскладних плат (плати HDI – надвисокої щільності розміщення елементів друкованого малюнка); травлення малюнка по металорезисту обмежує свободу вибору у способах травлення розчинів, що тягне за собою зростання вартості виготовлення в порівнянні з застосуванням типових субтрактивних методів; після завершення травлення заготовок БДП необхідно видаляти металорезист, що веде до збільшення витрат на виготовлення.[9]

3.4 Розміщення компонентів та розробка плати управління в Altium Designer

Altium Designer – комплексна система автоматизованого проектування (САПР) радіоелектронних засобів. Дозволяє проектувати друковані плати у тривимірному вигляді.

Розробка ДВ починається з створення бібліотеки компонентів. Під цим розуміється створення умовних графічних позначень кожного елемента, який використовується в схемі, також задаються параметри для елементів. Бібліотека потрібна для подальшого створення принципової схеми.

Після створення бібліотеки УГП потрібно створити бібліотеку, що міститиме 3D моделі елементів та їх посадкові місця, які будуть використовуватись на платі для відповідного компонента. Створені посадкові місця потрібно підключити до створених УГП.

Наступним кроком буде створення принципової схеми. Створення полягає в послідовному розміщенні компонентів та з'єднання їх провідником. При побудові принципової схеми потрібно пам'ятати, що нумерація елементів задається зверху вниз й зліва направо. Після того, як буде створена

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>				

принципова схема, використовуючи шаблон потрібно створити перелік елементів.

Останнім кроком є розміщення компонентів на монтажний простір та їх трасування на ДП. Розміщення компонентів було розпочато з розміщення роз'ємів. Роз'єми ХР1 – ХР8 розташовуємо по краям друкованої плати, це робиться для легкого та швидкого доступу до них. Біля роз'єму живлення ХР4 розташовуємо перетворювач напруги DA1. МК DD1 розташовуємо посередині ДП, оскільки мікросхема має дуже велику кількість зв'язків з іншими елементами. Семисегментні індикатори розташовуємо знизу плати, щоб візуально було зручно дивитися. Поруч розташовуємо резистори для них. Конденсатори встановлюємо поруч з мікросхемами. Всі інші елементи розташовуємо на вільних місцях друкованої плати.

Висновки до розділу

Серед усіх видів плат згідно з технічним завданням та схемою електричної принципової вибір був зроблений на користь двосторонньої друкованої плати.

Проаналізувавши усі класи точності ДП, було обрано виготовлення ДП з 4-им класом точності.

Для виготовлення ДП було обрано комбінований позитивний метод, він має більш надійну ізоляцію та кращу адгезію з металічними елементами плати з діелектричною основою.

Для розробки плати управління в Altium Designer потрібно спочатку створити умовні графічні позначення кожного елемента, який використовується в схемі, також задати параметри для елементів. Далі відбувається створення принципової схеми та розміщення компонентів на монтажний простір та їх трасування на ДП.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ

4.1 Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі.

Для визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі $b_{\min I}$ (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);

Товщину фольги обираємо $h_{\phi} = 0,035$ мм

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

Товщина шара хімічно осадженої міді $h_{\text{ХМ}} = 0,007$ мм

Згідно з методом виготовлення:

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

$$t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,007 = 0,097 \text{ (мм)}$$

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.

Таблиця 4.1 – Значення струмів

IC	Кількість	Iсп	Iз
IRL630A	2	10мкА	20 мкА
74HC238D	2	4 мкА	8 мкА
LD1117S33TR	1	10 мА	10 мА
STM32F030CCT6	1	120 мА	120 мА
THL 3-2411WISM	1	110 мА	110 мА
ULN2803ADWR	2	1 мА	2 мА

Для розрахунку $I_{жив}$ знайдемо суму струмів усіх активних елементів

$$I_{жив} = 2 + 110 + 120 + 10 + 0,008 + 0,02 = 242,028 \text{ (мА)}$$

Тоді $b_{min I}$ дорівнює:

$$b_{min I} = \frac{I_{жив}}{j_{доп} \cdot t_{пров}} = \frac{0,242}{48 \cdot 0,097} = 0,05 \text{ (мм)}$$

Розраховане мінімальне значення ширини друкованого провідника входить в межі 4 класу точності ($b_{min I} = 0.15$ мм). Таким чином, оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» дорівнює розрахованому значенню.

4.2 Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається виразом (4.3):

$$b_{min U} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot L_{пров}}{U_{доп} \cdot t_{пров}}, \quad (4.3)$$

де ρ – питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом. $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

I_{max} – максимальний струм по провіднику ($I_{живл}$);

$L_{пров}$ – довжина найдовшого друкованого провідника ДП. $L_{пров} = 0,337$ м;

$U_{доп}$ – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику, 5% від номінальної напруги. $U_{доп} = 0,05 \times 5 = 0,25$ В;

$$b_{min U} = \frac{\rho \cdot I_{живл} \cdot L_{пров}}{U_{доп} \cdot t_{пров}} = \frac{0,0175 \cdot 0,242 \cdot 0,337}{0,25 \cdot 0,097} = 0,059 \text{ (мм)}$$

4.3 Визначення номінального діаметру монтажної отвору

Номінальний діаметр монтажної отвору розраховується за формулою (4.4)

$$d \geq d_{вз} + \Delta d_{мо} + r, \quad (4.4)$$

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де $d_{вз}$ – діаметр виводу елементів, для якого визначається діаметр монтажного отвору;

Δd – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО.
 $\Delta d_{МО} = 0,1$ мм;

r – різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента. $r = 0,1 \dots 0,2$ (мм):

$$d \geq d_{вз} + \Delta d_{МО} + r = 0,5 + 0,1 + 0,2 = 0,8 \text{ (мм)}$$

4.4 Визначення діаметра контактної площини

$$D_{min} = D_{min1} + 1,5 \cdot h_{ф} + 0,03, \quad (4.5)$$

де D_{min1} – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм;

$h_{ф}$ – товщина фольги, $h_{ф} = 0,035$ (мм). Коефіцієнт $1,5h_{ф}$ враховує підтравлювання фольги друкованого провідника у ширину;

0,03 – КМ виготовлюють комбінованим позитивним методом.

$$D_{min I} = 2 \cdot \left(b_{по} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_o + \delta_{км} \right), \quad (4.6)$$

де d_{max} – максимальний діаметр отвору в ДП;

$b_{по}$ – ширина пояска КМ;

δ_o – похибка розташування центру отвору відносно вузла КС;

$\delta_{км}$ – похибка розташування центру КМ відносно вузла КС.

Максимальний діаметр отвору ДП розраховується виразом (4.7):

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

де d – номінальний діаметр МО;

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

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

Підставляючи значення максимального діаметра отвору ДП в вираз (4.6).

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

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{min} = D_{min1} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 1,29 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,3725 \text{ (мм)}$$

Максимальний діаметр КМ:

$$D_{max} = D_{min} + 0,02 = 1,3725 + 0,02 = 1,39 \text{ (мм)}$$

4.5 Визначення мінімальної ширини провідника

$$b_{min} = b_{пр}^r + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03, \quad (4.7)$$

де $b_{пр}^r$ – мінімальна ширина провідника;

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

Максимальна ширина провідника:

$$b_{max} = b_{min} + 0,02 = 0,23 + 0,02 = 0,25 \text{ (мм)}.$$

4.6 Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною

На рисунку. 4.1 зображено відстань між провідником та КП.

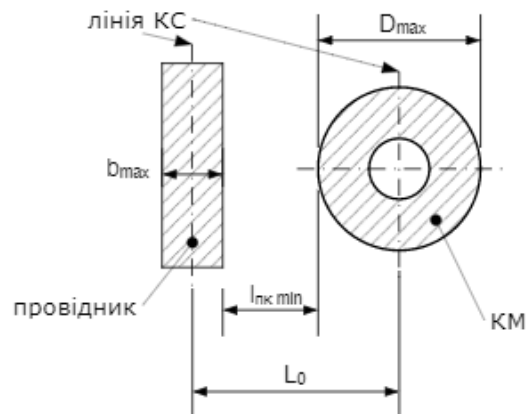


Рисунок 4.1 – Відстань між провідником та КП

$$l_{ПКМ min} = L_0 - \left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_{КМ} + \frac{b_{max}}{2} + \delta_{сп} \right), \quad (4.8)$$

де L_0 – відстань між центрами отворів та друкованим провідником, які кратні кроку КС. $L_0 = 1,25$ (мм) (найгірший випадок)

D_{max} – максимальний діаметр КП;

b_{max} – максимальна ширина провідника;

$\delta_{км}$ - похибка розташування центра КП відносно вузла КС;

$\delta_{сп}$ – похибка, яка враховує зміщення провідника.

$$l_{ПКМ min} = 1,25 - \left(\frac{1,39}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,08 \right) = 0,3 \text{ (мм)}$$

4.7 Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками

Мінімальна відстань між двома сусідніми провідниками зображено на Рис. 4.2

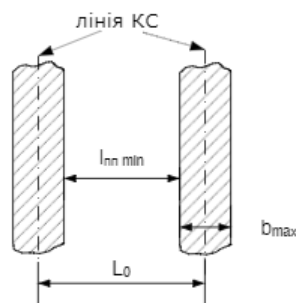


Рисунок 4.2 – Відстань між двома провідниками

Розрахунок мінімальної відстані виконується за формулою (4.9).

$$l_{ПП min} = L_0 - (b_{max} + 2 \cdot \delta_{сп}), \quad (4.9)$$

$$l_{ПП min} = L_0 - (b_{max} + 2 \cdot \delta_{сп}) = 1,25 - (0,25 + 2 \cdot 0,08) = 0,84 \text{ (мм)}$$

4.8 Визначення мінімальної відстані між двома контактними площинами

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

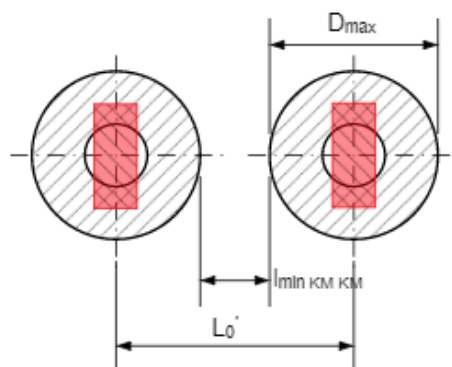


Рисунок 4.3 – Мінімумальна відстань між двома КП

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДК51.201219.001 ПЗ				

Розраховується мінімальна відстань між двома контактними площинками за формулою (4.10).

$$l_{\min \text{ КМ КМ}} = L_{01} - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{КМ}}), \quad (4.10)$$

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

$$l_{\min \text{ КМ КМ}} = L_{01} - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_{\text{КМ}}) = 2,5 - (1,29 + 2 \cdot 0,05) = 1,1 \text{ (мм)}$$

Висновок до розділу:

У цьому розділі проводився розрахунок мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі, мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, номінального діаметру монтажного отвору, діаметра контактної площини, мінімальної ширини провідника, мінімальної відстані між провідником та контактною площиною, мінімальної відстані між двома сусідніми, провідниками мінімальної відстані між двох контактних площин.

Були отримані наступні результати:

- мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі – 0,05 мм
- мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому – 0,059 мм
- номінальний діаметр монтажного отвору – 0,8 мм
- діаметр контактної площини – $D_{\min} = 1,3725$ мм, $D_{\max} = 1,39$ мм
- мінімальна ширина провідника – 0.23 мм
- мінімальна відстань між провідником та контактною площиною – 0,3 мм
- мінімальна відстань між двома сусідніми, провідниками – 0,84 мм
- мінімальна відстань між двох контактних площин – 1,1 мм

Усі результати, що були отримані, є допустимими.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДП

При зменшенні геометричних розмірів конструктивних елементів та зі збільшенням щільності їх розташування між провідниками виникає ємнісний та індуктивний зв'язок. Вплив ємності та індуктивності сигнального зв'язку виражається в затримці вмикання схем. Час затримки визначається струмом, опором навантаження та опором сигнального провідника.

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; $l_{\text{пр}} = 0.337 \text{ м}$

$t_{\text{пр}}$ – товщина провідника; $t_{\text{пр}} = 0.097 \text{ мм}$

I_{max} – максимальний струм у провіднику; $I_{\text{max}} = 242 \text{ мА}$

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника; $b_{\text{пр}} = 0.2 \text{ мм}$

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,242 \cdot 0,337}{0,2 \cdot 0,097} = 0,07 \text{ (В)}$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення.

$$U_{\text{пад}} \leq 0.25 \text{ (В)}$$

5.2 Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати

Потужність втрат визначається за формулою (5.2):

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot \text{tg} \sigma, \quad (5.2)$$

де $f = 12$;

$\text{tg} \sigma$ – тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу ДП, для обраного матеріалу склотекстоліту 0,0021;

					ДК51.201219.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C – ємність ДП, розраховується за (5.3).

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h}, \quad (5.3)$$

де S_m - площа металізації; $S_m = 726 \text{ мм}^2$

ε – діелектрична проникність; $\varepsilon = 4.5$

h - товщина ДП. $h = 1.5 \text{ мм}$

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} = \frac{0,009 \cdot 4,5 \cdot 726}{1,5} = 19,6 \text{ (нФ)}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 19,6 \cdot 10^{-9} \cdot 81 \cdot 0,002 = 20 \text{ (нВт)}$$

5.3 Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину

Для розрахунку ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП використаємо вираз (5.4)

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1}, \quad (5.4)$$

де S – відстань між двома паралельними провідниками; $S = 0.9 \text{ мм}$

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника; $b_{\text{пр}} = 0.2 \text{ мм}$

$t_{\text{пр}}$ - товщина друкованого провідника; $t_{\text{пр}} = 0.097 \text{ мм}$

$l_{\text{пр}}$ - довжина взаємного перекриття паралельних провідників. $l_{\text{пр}} = 42 \text{ мм}$

$$C = 0,12 \cdot 4,5 \cdot 42 \left[\lg \frac{2 \cdot 0,9}{0,2 + 0,097} \right]^{-1} = 28.96 \text{ (пФ)}$$

5.4 Розрахунок надійності друкованої плати

Надійність - це здатність системи зберігати працездатність при дії дестабілізуючих факторів.

Розрахунок було проведено з наступними припущеннями:

- Розрахунок проводиться для плати та її елементів
- Відмови є випадковими

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДК51.201219.001 ПЗ

Формула для розрахунку вірогідності відмови елемента схеми:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5, \quad (5.5)$$

де K_1, K_2 – поправочні коефіцієнти що залежать від дії механічних факторів

K_3 – поправочний коефіцієнт що залежить від дії вологи та температури

K_4 – поправочний коефіцієнт що залежить від тиску повітря

K_5 – поправочний коефіцієнт що залежить від температури поверхні елемента (Т) і коефіцієнта навантаження (K_n)

λ_{oi} – вірогідність відмови і-го елемента

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження, що дорівнює відношенню навантаженню в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для резисторів розраховуються за формулою(5.6) результат зображено в таблиці:

$$K_{н.р} = \frac{P_{роб}}{P_{ном}} = \frac{U_{роб}^2}{R \cdot P_{ном}}, \quad (5.6)$$

Для конденсаторів розраховується за формулою (5.7) результат зображено в таблиці:

$$K_{н.к} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}}, \quad (5.7)$$

Для інших елементів коефіцієнт навантаження взято за 1, вважаємо, що це найгірший випадок.

Таблиця 5.1. Коефіцієнт навантаження для резисторів

Найменування	Кількість	Позначення	Коефіцієнт	Uроб	Pном	R
0805 125мВт 510 Ом 1%	1	R1	0.098	2.5	0.125	510
0805 125мВт 20 кОм 1%	1	R2	0.0025	2.5	0.125	20000

Продовження таблиці 5.1.

0805 125мВт 100 кОм 1%	1	R3	0.0005	2.5	0.125	100000
0805 125мВт 27 Ом 1%	1	R4	0.1852	2.5	0.125	27
0805 125мВт 510 Ом 1%	1	R5	0.098	2.5	0.125	510
0805 125мВт 510 кОм 1%	1	R6	0.098	2.5	0.125	510
0805 125мВт 27 Ом 1%	1	R7	0.1852	2.5	0.125	27
0805 125мВт 10 кОм 1%	1	R8	0.005	2.5	0.125	10000
0805 125мВт 10 кОм 1%	1	R9	0.005	2.5	0.125	10000
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R10	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R11	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R12	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R13	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R14	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R15	0.4545	2.5	0.125	110

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДК51.201219.001 ПЗ

Арк.

41

Продовження таблиці 5.1.

0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R16	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R17	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R18	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R19	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R20	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R21	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R22	0.4545	2.5	0.125	110
0805 125мВт 110 Ом 1%	1	R23	0.4545	2.5	0.125	110

Таблиця 5.2. Коефіцієнт навантаження для конденсаторів

Найменування	Кількість	Позначення	Коефіцієнт	Уроб	Уном
ТАJ1210 16 В 10 мкФ 5% X7R КЕМЕТ	1	C1	0.2063	3.3	16
0805 16 В 10 мкФ 5% X7R КЕМЕТ	1	C2	0.2063	3.3	16
0805 16 В 0.1 мкФ 5% X7R КЕМЕТ	1	C3	0.2063	3.3	16
0805 16 В 0.1 мкФ 5% X7R КЕМЕТ	1	C4	0.2063	3.3	16

В таблиці 5.3 зазначено коефіцієнти навантаження та інтенсивність відмов.

Таблиця 5.3 Коефіцієнти навантаження та інтенсивність відмов

№	Найменування елемента	$I_{0i} \cdot 10^{-6}$, (1/год)	K-ть	I_t	I_e	K_n	$I_i \cdot 10^{-6}$, (1/год)
	Конденсатори:						
1	C1-C11,C14, C16, C17	0.05	14	0.15	10	0.2063	0.2166
2	C12,C13,C15	0.55	3	0.15	10	0.3125	0.7734
	Резистори:						
3	R1	0.05	1	0.15	10	0.098	0.0074
4	R2	0.05	1	0.15	10	0.0025	0.0002
5	R3	0.05	1	0.15	10	0.0005	4E-05
6	R4	0.05	1	0.15	10	0.1852	0.0139
7	R5	0.05	1	0.15	10	0.098	0.0074
8	R6	0.05	1	0.15	10	0.098	0.0074
9	R7	0.05	1	0.15	10	0.1852	0.0139
10	R8	0.05	1	0.15	10	0.005	0.0004
11	R9	0.05	1	0.15	10	0.005	0.0004
12	R10-R23	0.05	14	0.15	10	0.4545	0.4773
13	Транзистор	0.07	2	1	10	1	1.4
14	Індикація	0.3	4	1	10	1	12
15	Кварцовий генератор	0.2	1	1	10	1	2
16	ІС	0.23	9	1	10	1	20.7
17	Кнопка	0.16	1	1	10	1	1.6
18	Контакт роз'єму	0.14	30	1	10	1	42
19	Друкована плата	0.2	1	1	10	1	2

Продовження таблиці 5.3.

20	Перехідні отвори	0.037	100	1	10	1	37
21	Пайка виводів	0.00069	272	1	10	1	1.8768
						Сум.	122.09

λ_e – поправочний коефіцієнт щодо впливу зовнішніх факторів (для наземної стаціонарної апаратури $\lambda_e = 10$)

λ_t – поправочний температурний коефіцієнт

λ_{oi} – коефіцієнт інтенсивності відмов

Сумарна інтенсивність розраховується за формулою (5.8):

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi}, \quad (5.8)$$

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} \approx 122.09 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{122.09 \cdot 10^{-6}} \approx 8190 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року (5.9):

$$P = e^{-\lambda_p t}, \quad (5.9)$$

$$P = e^{-\lambda_p t} = e^{-122.09 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} \approx 0.89857$$

Ймовірність відмов на протязі року:

$$Q(t) = 1 - 0.89857 = 0.10143$$

Для знаходження ресурсу роботи приладу було виконано розрахунок $P(t)$ та $Q(t)$ в діапазоні від 0 годин до 16000 годин. Отриманий ресурс роботи – 5700 годин. Залежність $P(t)$ та $Q(t)$ зображено на рисунку 5.1

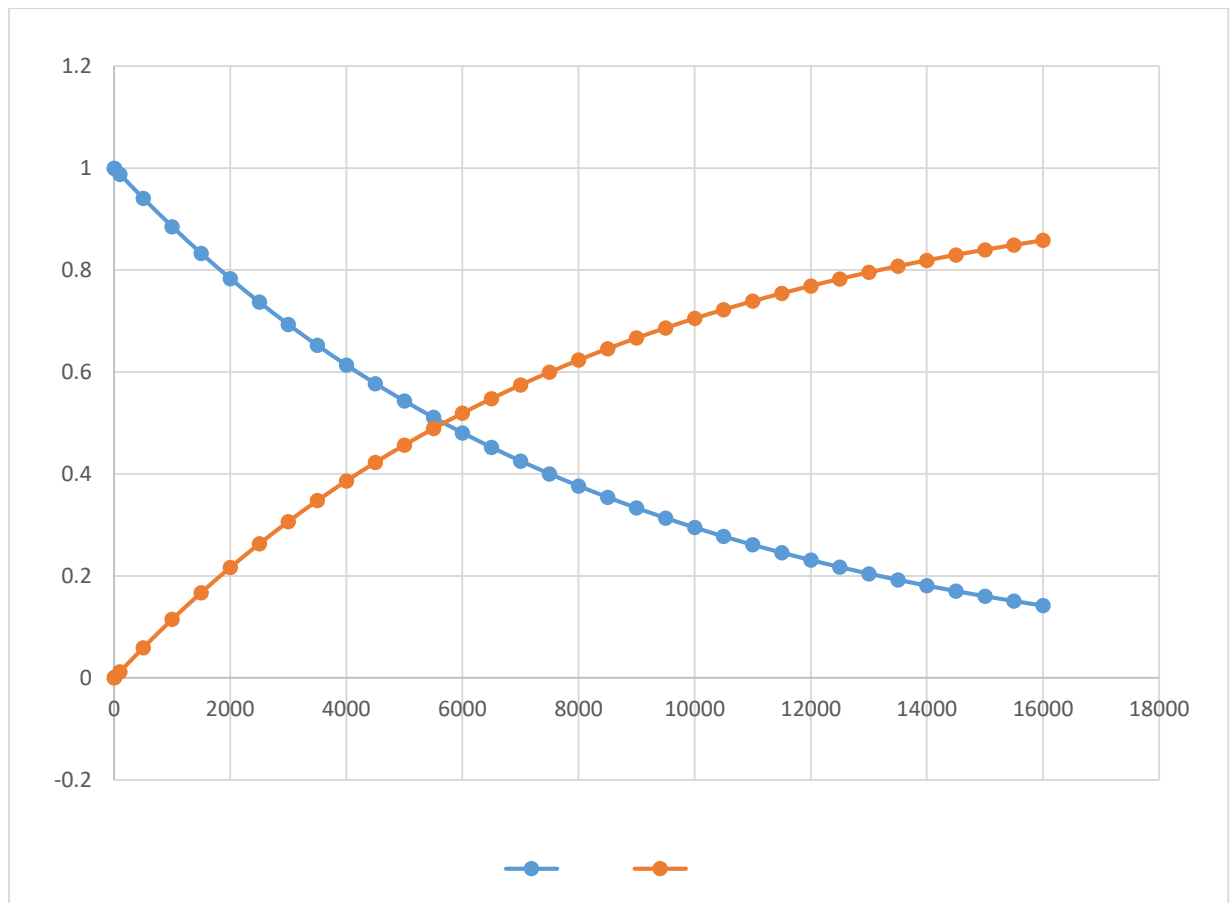


Рисунок 5.1 Залежність P(t) та Q(t)

5.5 Розрахунок теплового режиму транзистора

Для розрахунку теплового режиму транзистора, використаємо вираз:

$$T = P * R_t + T_0, \quad (5.10)$$

де P – максимальна потужність, що виділяється;

R_t – тепловий опір;

T₀ - температура оточуючого середовища (приймаємо 40 °C).

Потужність, що виділяється на транзисторі P = 1.1 Ват;

Тепловий опір згідно з документацією R_t = 62,5 $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$

$$T = 1.1 * 62.5 + 40 = 113 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

Згідно з документацією транзистор може працювати в діапазоні температур -55 до +150 °C без перегріву, результат, що був отриманий, лежить в діапазоні, тому встановлення додаткового тепловідводу не потребується.

Висновок до розділу:

У цьому розділі проводився розрахунок падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати, ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину, розрахунок надійності друкованої плати та розрахунок теплового режиму транзистора.

Були отримані наступні результати:

- падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику – 0,07 В
- потужність втрат двосторонньої друкованої плати – 20 нВт
- ємність між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину – 28.96 пФ
- надійність друкованої плати – 5700 год.
- тепловий режиму транзистора – 113 °С

Усі результати, що були отримані, є допустимими.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. СИМУЛЯЦІЯ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

6.1. Алгоритм роботи плати керування

Принцип полягає в наступному:

Два контакти порта В (GPIOB) налаштовані в режимі переривання по наростаючому фронту сигналу. Це означає, що як тільки на цих контактах з'явиться рівень логічної «1», то МК відслідкує цю зміну сигналу.

Наступним кроком є обробка зміни сигналу, що відслідкував МК. У МК є обробники переривань. Це блоки які відповідають за те, яку потрібно виконати операцію, дії і т.д. при потраплянні у відповідний обробник. У випадку з цим пристроєм обробник запускає таймер на 10 секунд для того, щоб автомобілі мали змогу зупинитися, через відведений час на виходах МК PB6 та PB0 (PB6 – тестова індикація, а PB0 – сигнал керування транзисторним ключем, який замикає зовнішню індикацію на землю, тим самим вмикає її), які відповідають за червоний колір, сигнал змінюється на протилежний, тобто з логічної «1» в логічний «0», тим самим вмикає індикацію. В цей час на виходах МК PB7 та PB1 (PB7 – тестова індикація, а PB1 – сигнал керування транзисторним ключем, який замикає зовнішню індикацію на землю, тим самим вмикає її), які відповідають за зелений колір, сигнал так само змінюється на протилежний, а саме з логічного «0» в логічну «1» і червоний колір змінюється на зелений, тим самим дозволяючи перехід пішохідного переходу і так само запускає таймер на 20 секунд. В ситуації, коли світиться зелений колір, таймер дублює свій залишок часу на тестову та зовнішню індикації. За допомогою дешифраторів для семисегментних індикаторів відповідна комбінація логічних «0» та логічної «1» на виході МК, а саме PB8-PB11 для одного дешифратора та PB12-PB15 для другого дешифратора на виході формує відповідну цифру. В результаті на тестовій індикації є відображення часу. У випадку з зовнішньою індикацією використано мікросхему ULN2803A, що містить в собі масив транзисторів Дарлінгтона, принцип якої полягає в замиканні на землю того виходу, на вхід якого подано

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДК51.201219.001 ПЗ				

логічну «1». Сигнали для мікросхеми подаються з дешифратора. Як тільки проходить час на на виходах МК PB7 та PB1 сигнал змінюється на протилежний, тобто з логічної «1» в логічний «0», тим самим вмикає індикацію зеленого світла. В цей час на виходах МК PB6 та PB0, сигнал змінюється на протилежний, а саме з логічного «0» в логічну «1» і вмикається червоний колір. Після цього запускається таймер на 1 хвилину, це час який неперервно буде горіти червоне світло і вимкнені переривання від датчиків, це потрібно для того, щоб не виникла ситуація коли завжди горить зелене світло, а в наслідок чого утворився затор. Через хвилину плата керування переходить у звичайний режим роботи.

6.2. Розробка програмного забезпечення в STM32CubeMX та Keil uVision

Для розробки використано середовище STM32CubeMX. Середовище дозволяє значно спростити розробку, оскільки має зручний інтерфейс для користування. З самого початку потрібно визначитись з МК який буде використовуватися, а саме STM32F030CC. Згідно з схемою електричною принциповою налаштовуємо контакти МК на вхід або вихід (Рис.6.1).

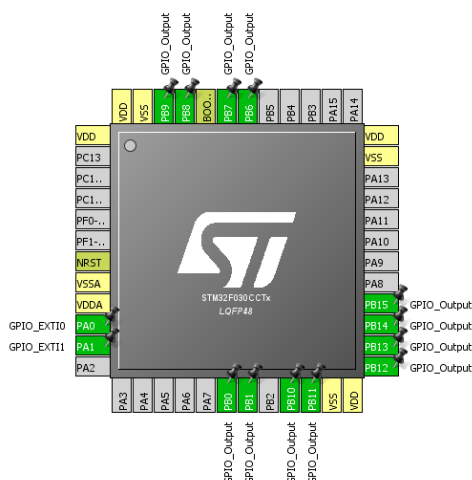


Рисунок 6.1. – Налаштування виводі МК

Наступним кроком, якщо потрібно налаштуємо режими роботи для обраних виводів але оскільки функціонал не дуже складний, використаємо звичайне налаштування.

Генеруємо код та відкриваємо в середовищі Keil uVision.

Середовище дозволяє більш детально працювати з МК, програмувати, використовувати debug, відслідковувати зміни у регістрах МК. Після того, як відкрили код, основною частиною якого є обробник переривань використаємо вбудовані функції бібліотеки HAL, а саме:

```
HAL_NVIC_DisableIRQ(EXTI0_1_IRQn);
```

```
HAL_NVIC_EnableIRQ(EXTI0_1_IRQn);
```

```
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_RESET);
```

```
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_SET);
```

Перші дві функції – це функції дозволу або заборони переривань. Як тільки по лінії переривань надходить сигнал, в відповідному обробнику потрібно їх вимкнути, щоб поки виконується програма всередині обробника не виникало нового переривання. Наступні дві – це функції зміни стану виводу МК, а саме логічна «1» чи логічний «0» знаходиться на ньому.

Програма побудована за алгоритмом, що був описаний в попередньому підрозділі.

6.3. Симуляція роботи в Proteus

Наразі найкращим варіантом просимулювати роботу плати управління є середовище Proteus. Proteus дозволяє просимулювати роботу МК. Наразі в останніх версіях програми доступно декілька МК серії STM32. Для того, щоб це було можливим, потрібно використати вже написану програму для

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

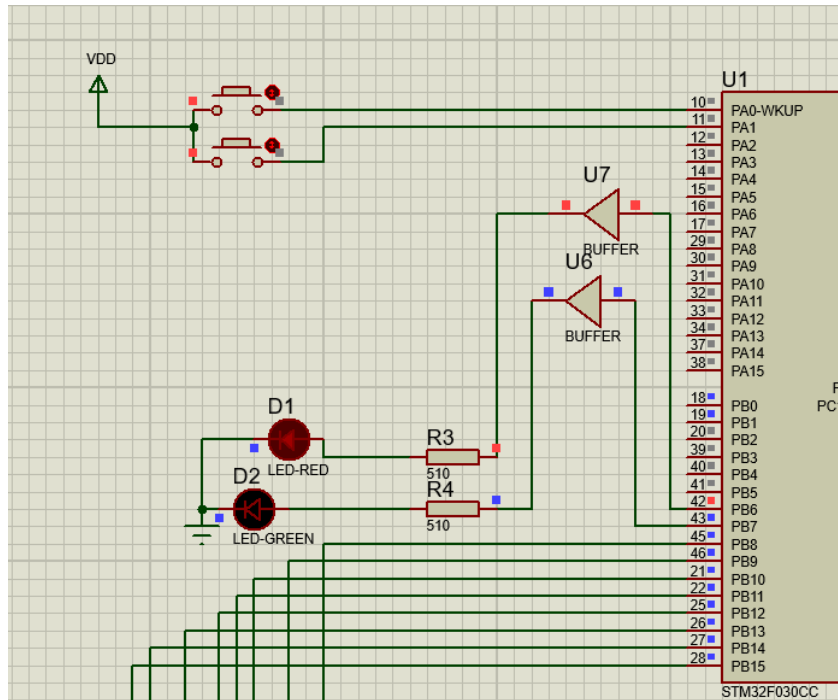


Рисунок 6.3 – Початковий стан симуляції

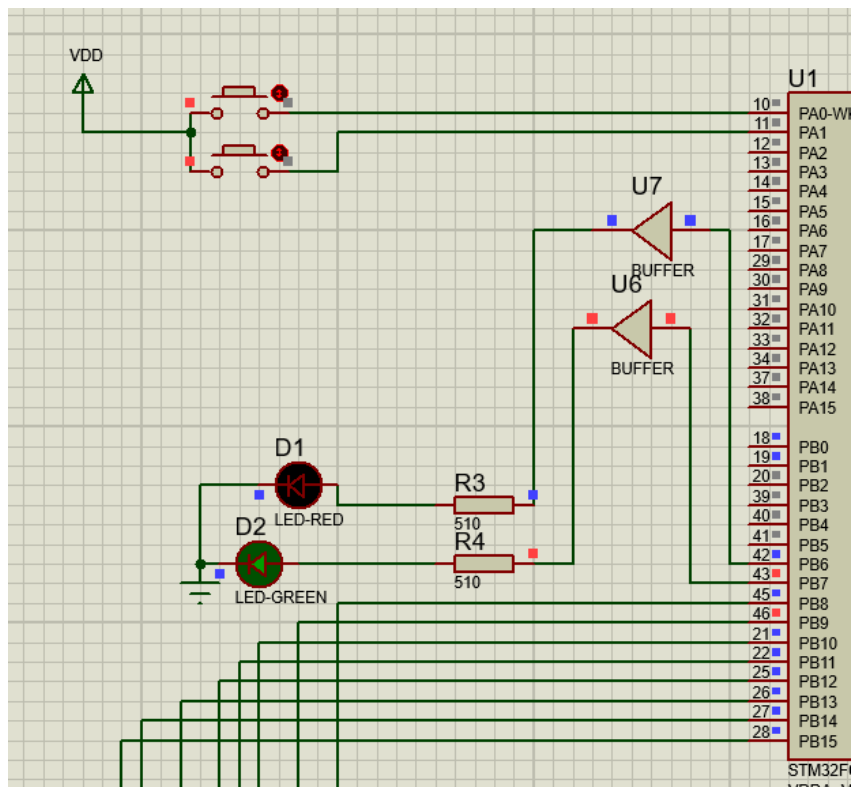


Рисунок 6.4 – Наступний стан симуляції

На рисунку 6.5-6.6 зображено стани роботи тестової індикації.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

Цей дипломний проект розроблено з усіма вимогами до нього та має технічні характеристики, що відповідають вимогам технічного завдання.

Характеристика	Очікувані результати	Отримані результати
Надійність	Від 5000 год	5700 год
Діапазон температур	-30...+35 °	-40...+85 °
Захист від вологи	Захистити від вологи	Покриття лаком

Під час виконання дипломного проекту виконані наступні етапи:

У першому розділі зазначені основні відомості про пристрій, виконано пошук аналогів та розглянуто структурну схему пристрою, що складається з датчиків, плати керування та блоку індикації. Плата керування складається з МК та тестової індикації роботи системи. Тестова індикація складається з 2 семисегментних індикаторів, що в свою чергу дублюють інформацію, яка відображається на блоці індикації. Блок індикації складається з світлодіодів червоного та зеленого кольору, а також набору світлодіодів, що імітують семисегментні індикатори (індикація часу).

У другому розділі було розроблено друкований вузол «Плата обробки та управління». Для керування та обробки даних використано мікроконтролер, для коректної роботи мікроконтролера встановлюються конденсатори по живленню, а для індикації – два світлодіоди зеленого та червоного кольору, що під'єднані до мікроконтролера через резистор. Для відображення часу (секунд) використовуються семисегментні індикатори, що під'єднані до мікроконтролера через дешифратори.

Розроблена схема електрична принципова живиться від вхідної напруги в діапазоні від 9 до 36В, що надходить ззовні, для живлення датчиків та самого мікроконтролера використано 2 перетворювачі напруги з 9-36 В в 5 В та з 5В в 3,3В.

Вибір елементної бази для схеми електричної принципової пристрою

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться з урахуванням вимог, які були зазначені в технічному завданні. За допомогою методу матриці параметрів буде здійснений вибір інтегральних схем.

Проаналізувавши інтегральні схеми різних серій, було вирішено використовувати інтегральні схеми серії ULN2803A, оскільки її параметри задовольняють потребам.

Для датчика використовується лазерний сенсор, у ролі головного обробника сигналів – STM32F0CC мікроконтролер фірми ST, а в якості дешифратора – CD4511B. Для керування зовнішньою індикацією, а саме відображенням часу, використаємо мікросхему ULN2803ADWR, що містить в собі масив транзисторів Дарлінгтона.

У третьому розділі виконано аналіз класифікації друкованих плат та методів їх виготовлення. Серед усіх видів плат згідно з технічним завданням та схемою електричною принциповою вибір був зроблений на користь двосторонньої друкованої плати.

Проаналізувавши усі класи точності друкованих плат, було обрано виготовлення друкованої плати з 4-им класом точності, а для виготовлення друкованої плати було обрано комбінований позитивний метод, він має більш надійну ізоляцію та кращу адгезію з металічними елементами плати з діелектричною основою.

У четвертому розділі проводився розрахунок мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі, мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, номінального діаметру монтажного отвору, діаметра контактної площини, мінімальної ширини провідника, мінімальної відстані між провідником та контактною площиною, мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками.

Були отримані наступні результати:

- мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі – 0,05 мм

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому – 0,059 мм
- номінальний діаметр монтажного отвору – 0,8 мм
- діаметр контактної площини – $D_{min} = 1,3725$ мм, $D_{max} = 1,39$ мм
- мінімальна ширина провідника – 0.23 мм
- мінімальна відстань між провідником та контактною площиною – 0,3 мм
- мінімальна відстань між двома сусідніми провідниками – 0,84 мм

Усі результати, що були отримані, є допустимими та відповідають 4-му класу точності.

У п'ятому розділі проводився розрахунок падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати, ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину, розрахунок надійності друкованої плати та розрахунок теплового режиму транзистора.

Були отримані наступні результати:

- падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику – 0,07 В
- потужність втрат двосторонньої друкованої плати – 20 нВт
- ємність між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні друкованої плати – 28.96 пФ
- надійність друкованої плати – 5700 год.
- тепловий режиму транзистора – 113 °С

Усі результати, що були отримані, є допустимими та відповідають умовам встановленим технічним завданням.

У шостому розділі розглядається алгоритм роботи плати керування. Розглянуто принцип розробки програмного забезпечення в середовищі STM32CubeMX та Keil uVision, розглянуто основні команди, що використовувалися при розробці програмного забезпечення. Для того, щоб просимулювати роботу плати управління, використано середовищі Proteus.

									Арк.
									57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>				

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Светофор: функции, виды, регулирование [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2WnbqDS>
2. IRL630A Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2WirxCV>
3. STM32F030CC Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2JYqstk>
4. CD4511 Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2IfDdws>
5. ULN2803 Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2gMQ2UW>
6. THL 3-2411WISM Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2We65dg>
7. LD1117S33TR Datasheet [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://bit.ly/2KnyjQA>
8. Бушминский И.П. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры – М.: «Радио и связь», 1989.
9. Л. А. Брусницына Е. И. Степановских Технология изготовления печатных плат – Екатеринбург, «Издательство Уральского университета», 2015.

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. основні параметри конструкції

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

1. Найменування та галузь використання

Система керування пішохідного переходу. Використовується для регулювання пішохідного трафіку на дорогах.

2. Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект згідно з наказом по НТУУ «КПІ» №.1405-с від 27.05.19 р.

3. Мета і призначення розробки

Пристрій, мета та призначення – окреслити систему управління пішохідним переходом та виконати її розробку.

4. Технічні вимоги

4.1 Склад виробу та вимоги до пристрою що розробляється

Пристрій складається з:

- Плата керування, на якій встановлено МК STM32, що виконує роль головного керуючого вузлу, який забезпечує приймання та обробку сигналів з датчиків.
- Датчик Laser Sensor, приймач та передавач лазерного випромінювання для виявлення об'єктів на відстані.
- Блок індикації, що відображає стан роботи пристрою.

4.2 Показники призначення

Пристрій забезпечуватиме:

- Швидке реагування на спрацювання датчиків.
- Контроль за пішохідним переходом.
- Працездатність в діапазоні температур $-30...+35^{\circ}$.

4.3 Вимоги до надійності

Середній час безвідмовної роботи складатиме не менше ніж 5000 год.

4.4 Вимоги до технологічності

Використовувати сучасні конструкторські підходи для розробки з орієнтацією на кінцеве виробництво на підприємствах України.

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДК51.201219.001 ПЗ				

4.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

Для виготовлення приладу передбачається застосування стандартних та уніфікованих деталей.

5.7 Вимоги до безпеки обслуговування

Дотримуватися вимог безпеки до апаратури низької напруги, що зазначені ГОСТ 12.2.007-75

5.8 Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних й експлуатаційних матеріалів

Використовувати матеріали, які є нешкідливими для здоров'я людини. Для виготовлення пристрою використовувати деталі, які можна швидко та легко дістати на території України та закордоном.

5.9 Умови експлуатації

Кліматичне виконання УХЛ 1 згідно з ГОСТ 15150-69. Для експлуатації на відкритому повітрі з впливом будь-яких атмосферних чинників.

6. Результати роботи

6.1 Розроблена документація може використовуватись для створення прототипу приладу, або для запуску в серійне виробництво.

6.2 Документація по роботі після виконання надається кафедрі КЕОА для зберігання як навчальної документації

7. Робота повинна містити в собі документи:

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

8. Порядок розгляду й приймання роботи

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порядок розгляду та приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах.

9. Економічні показники

Не розглядаються в умовах цього проекту.

10. Етапи розробки

№	Назва етапів виконання курсового проекту	Дата
1	Аналіз технічного завдання	06.04.19-13.04.19
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	13.04.19-15.04.19
3	Схемотехнічне проектування	15.04.19-22.04.19
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	22.04.19-23.04.19
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	23.04.19-30.04.19
6	Електричний розрахунок друкованої плати	30.04.19-07.05.19
7	Проектування у Altium Designer	21.05.19-23.05.19
8	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	23.05.19-28.05.19
9	Оформлення пояснювальної записки	28.05.19-10.06.19

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Додаток Б
Код програми

Основна програма:

```
#include "main.h"
#include "stm32f0xx_hal.h"

TIM_HandleTypeDef htim6;
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_TIM6_Init(void);

int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_TIM6_Init();

    while (1)
    {
    }
}

void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct;
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct;

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.HSISState = RCC_HSI_ON;
    RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = 16;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_NONE;
```

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62


```

htim6.Init.Prescaler = 8000;
htim6.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
htim6.Init.Period = 1000;
htim6.Init.AutoReloadPreload = TIM_AUTORELOAD_PRELOAD_DISABLE;
if (HAL_TIM_Base_Init(&htim6) != HAL_OK)
{
    _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
}
}

static void MX_GPIO_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    /* GPIO Ports Clock Enable */
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();

    /*Configure GPIO pin Output Level */
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,
GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_1|GPIO_PIN_10|GPIO_PIN_11
        |GPIO_PIN_12|GPIO_PIN_13|GPIO_PIN_14|GPIO_PIN_15
        |GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7|GPIO_PIN_8|GPIO_PIN_9,
GPIO_PIN_RESET);

    /*Configure GPIO pins : PA0 PA1 */
    GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_0|GPIO_PIN_1;
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_IT_RISING;
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

```

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64


```

HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_RESET);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_8, GPIO_PIN_SET);
for(int i=0;i<2;i++){
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,          GPIO_PIN_15|GPIO_PIN_12,
GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(1000);//8
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_Delay(1000);//7
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_15, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,
GPIO_PIN_14|GPIO_PIN_13|GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(1000);//6
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_Delay(1000);//5
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(1000);//4
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,          GPIO_PIN_12|GPIO_PIN_13,
GPIO_PIN_RESET);
    HAL_Delay(1000);//3
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_14, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,          GPIO_PIN_13|GPIO_PIN_12,
GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(1000);//2
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_Delay(1000);//1
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_RESET);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_SET);
    HAL_Delay(1000);//0

```

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

```

    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,GPIO_PIN_15|GPIO_PIN_14|GPIO_PIN_13
|GPIO_PIN_12|GPIO_PIN_11|GPIO_PIN_10|GPIO_PIN_9|GPIO_PIN_8,
GPIO_PIN_RESET);
    HAL_Delay(1000);//0
}
///
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_7, GPIO_PIN_RESET);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_SET);
HAL_Delay(30000);
HAL_NVIC_EnableIRQ(EXTI0_1_IRQn);
HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_0);
HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_1);
}

```

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		