

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки**

До захисту допущено:

Завілувач кафедри

—  — Андрій МОВЧАНЮК

«__» _____ 2024 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології
радіоелектронної техніки»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
на тему: «Система сповіщення про зіткнення з перешкодою»**

Виконав:

студент IV курсу, групи РЕ-02

Колеснік Богдан Геннадійович



Керівник:

Доцент, к.т.н.

Мовчанюк Андрій Валерійович



Рецензент:

Доцент, к.т.н.

Пільтяй Степан Іванович



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

Студент  _____

Київ – 2024 року

Національно Технічний Університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології
радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

–  Андрій МОВЧАНЮК

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Колеснік Богдан Геннадійович

1. Тема проєкту «Система сповіщення про зіткнення з перешкодою», керівник Мовчанюк Андрій Валерійович, затверджені наказом по університету від «29» травня 2024 р. №2178-с.
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 року.
3. Вихідні дані до проєкту: розрахунки швидкості падіння, часу до зіткнення та висота на якій буде здійснено підрив.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Огляд існуючих рішень. Технічне обґрунтування схемних рішень. Вибір та обґрунтування обладнання. Проектування електронного модуля. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема структурна, схема електрична принципова, друкована плата
6. Дата видачі завдання: 16 квітня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Ознайомлення з темою	17.04.24 - 19.04.24	
2	Огляд існуючих рішень	19.04.24 - 05.05.24	
3	Створення структурної схеми приладу	06.05.24 - 09.05.24	
4	Розробка схеми електричної принципової	10.04.24 - 17.05.24	
5	Пошук та виведення формул	17.05.24 - 19.05.24	
6	Підбір компонентів	20.05.24 - 23.05.24	
7	Проектування друкованої плати	24.05.24 - 03.06.24	
8	Оформлення текстової та графічної документації	19.05.24 - 10.06.24	

Студент



Колеснік Богдан Геннадійович

Керівник



Мовчанюк Андрій Валерійович

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 45 сторінки, включає 18 рисунків, 5 таблиць, 21 посилання та 3 додатка.

Важливість цього проєкту обумовлена поточною ситуацією в Україні, де триває війна. Метою роботи є створення надійної системи сповіщення про зіткнення з перешкодою для кращої ефективності снарядів на полі бою. У роботі розглянуто різні типи далекомірів з метою визначення оптимального варіанту для системи. Проведено аналіз літературних джерел і визначено фізичні основи роботи ультразвукових далекомірів, що стали основою для розробки системи. Виведено основні формули для визначення ключових параметрів системи. Також у дипломному проєкті розроблено структурну схему, електричну принципову схему та друковану плату пристрою з детальними поясненнями обраних рішень.

Ключові слова: система, ультразвуковий датчик, доплерівське зміщення частоти, друкована плата, висота, швидкість, час до зіткнення, снаряд, перешкода.

ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note of 45 pages, includes 18 figures, 5 tables, 21 references and 3 appendices.

The importance of this project is due to the current situation in Ukraine, where the war continues. The goal of the work is to create a reliable notification system for collision with an obstacle for better effectiveness of projectiles on the battlefield. The paper considers various types of rangefinders in order to determine the optimal option for the system. An analysis of literary sources was carried out and the physical basis of the operation of ultrasonic rangefinders was determined, which became the basis for the development of the system. The main formulas for determining the key parameters of the system are derived. Also, the diploma project developed a structural diagram, an electrical schematic diagram and a printed circuit board of the device with detailed explanations of the selected solutions.

Key words: system, ultrasonic sensor, Doppler frequency shift, printed circuit board, height, speed, time to collision, projectile, obstacle.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: Система сповіщення про зіткнення з перешкодою

Київ — 2024 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень	2
Вступ.....	3
1 Аналіз існуючого стану об'єкту проектування	5
1.1 Огляд далекомірів для авіаційних систем.....	5
1.2 Типи далекомірів та їх характеристики.....	6
1.2.1 Радіолокаційні далекоміри (Radar Altimeters)	7
1.2.2 Лазерні далекоміри (LIDAR).....	9
1.2.3 Ультразвукові далекоміри	12
1.2.4 Оптичні далекоміри.....	15
1.3 Висновки	17
2 Технічне обґрунтування схемних рішень	18
2.1 Структурна схема	18
2.2 Схема електрична принципова.....	19
2.3 Виведення формул.....	21
2.3.1 Визначення висоти за допомогою ультразвукового датчика..	21
2.3.2 Визначення швидкості снаряда в момент зіткнення.....	22
2.3.3 Визначення часу до зіткнення	22
2.3.4 Доплерівське зміщення частоти.....	23
2.3.5 Визначення частоти прийнятого сигналу	23
2.3.6 Визначення доплерівської частоти	24
2.4 Висновок.....	25

					PE02.479311.001 ПЗ					
ЗМ	Лист	№ докум	Підпис	Дата						
Розробив	Колеснік				Система сповіщення про зіткнення з перешкодою		Літ	Лист	Листів	
Перевірів	Мовчанюк									
								1		
Н. Контр.	Пільтай						PE-02 РТФ			
Затвердив	Мовчанюк									

3 Вибір та обґрунтування Обладнання.....	26
3.1 Мікроконтролер STM32F070F6P6	26
3.2 Ультразвуковий датчик CUSA-TR80-065-2000-TH68	28
3.3 Трансформатор EE16	29
3.4 Підсилювачі LM833N та LMV358M.....	31
3.4.1 Підсилювач LM833N.....	31
3.4.2 Підсилювач LMV358M	32
3.5 Тригер Шмітта	34
3.6 Висновки	36
4 Проектування електронного модуля	37
4.1 Вибір методу виготовлення плати	37
4.2 Вибір матеріалу плати та припою.....	37
4.3 Вибір класу точності плати та щільності виробництва	38
4.4 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків.....	38
4.5 Визначення габаритів та параметрів друкованого монтажу	39
4.6 Трасування плати.....	39
4.7 Висновок.....	41
Висновки	42
Перелік джерел посилань	43
Додатки.....	45

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Система сповіщення про зіткнення з перешкодою	<i>Літ</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	Колеснік							
<i>Перевірів</i>	Мовчанюк						1	
						<i>PE-02 РТФ</i>		
<i>Н. Контр</i>	Пільтяй							
<i>Затвердив</i>	Мовчанюк							

ПРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БПЛА — Безпілотний літальний апарат;
LIDAR — Light Detection and Ranging;
TCAS — Traffic Collision Avoidance System;
ARM — Acorn RISC Machine;
SPI — Serial Peripheral Interface;
I2C — Inter-Integrated Circuit;
UART — Universal Asynchronous Receiver-Transmitter;
CAN — Controller Area Network;
ADC — Analog-to-Digital Converter;
ESD — Electrostatic Discharge;
SMD — Surface-Mount Device;
SRAM — Static Random-Access Memory;
DC — Direct Current;
AC — Alternating Current;
ESD — Electrostatic Discharge;
FR — Flame Retardant 4;

					<i>РЕ02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інновації у військовій техніці та озброєнні є однією з найважливіших складових національної безпеки і захисту. У цьому контексті особливо актуальним є вдосконалення військового обладнання, для забезпечення їх високої точності та ефективності. Одним із перспективних напрямків є впровадження систем сповіщення про зіткнення з перешкодою, що дозволяє значно підвищити бойові можливості.

Актуальність даної теми обумовлена необхідністю зменшення кількості промахів та непотрібного витрачання ресурсів під час бойових операцій. Система сповіщення про зіткнення з перешкодою, дозволить слідкувати та приймати швидкі рішення щодо забезпечення максимально точного влучання у ціль. Це сприятиме не лише підвищенню ефективності бойових дій, але й зниженню побічних втрат серед мирного населення та інфраструктури.

Метою цього дипломного проекту є розробка та впровадження системи сповіщення про зіткнення з перешкодою для снаряда, яка базується на використанні ультразвукового датчику для визначення відстані та швидкості до перешкод, а також мікроконтролерів для обробки отриманих даних і прийняття рішень щодо підриву. Це дозволить створити комплексну систему, яка забезпечить надійну роботу в умовах реального бойового застосування.

Очікувані результати проекту матимуть значне практичне значення для вдосконалення боєприпасів, підвищення точності та ефективності їх використання. Реалізація цього проекту сприятиме підвищенню бойової готовності та можливостей збройних сил, а також зниженню ризиків під час виконання бойових завдань.

Структура роботи включає наступні розділи: аналіз існуючого стану об'єкту проектування, розробку структурної та електричної принципової схем, виведення необхідних формул для знаходження необхідних значень, вибір та обґрунтування обладнання, виготовлення друкованої плати, висновки, список джерел та додатки. Кожен розділ містить докладний опис відповідних етапів

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

розробки та впровадження системи сповіщення про зіткнення з перешкодою для снаряда.

					РЕ02.479311.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Огляд далекомірів для авіаційних систем

Далекоміри є ключовими компонентами авіаційних систем, що забезпечують точне вимірювання відстані до об'єктів у повітряному просторі, що є критично важливим для безпеки польотів і ефективності навігації. Вони використовуються у різних авіаційних застосуваннях, від цивільної авіації до військових літальних апаратів, а також у безпілотних літальних системах (БПЛА).

У цивільній авіації далекоміри забезпечують безпечну навігацію і допомагають уникати зіткнень у повітрі. Вони інтегруються в системи управління повітряним рухом, автоматичні системи уникнення зіткнень та бортові навігаційні системи. Далекоміри дозволяють пілотам отримувати точні дані про відстань до інших літальних апаратів, наземних перешкод та підходи до аеропортів, що значно підвищує рівень безпеки польотів, особливо в умовах поганої видимості або складних погодних умовах.

У військовій авіації далекоміри виконують ще більш критичні завдання. Вони використовуються для наведення озброєння, виявлення ворожих цілей та оцінки відстані до них. Це забезпечує високу точність ударів і ефективність виконання бойових завдань. Крім того, далекоміри інтегруються в системи управління зброєю, радарні комплекси та системи радіоелектронної боротьби, що дозволяє забезпечувати комплексний підхід до ведення бойових дій і підвищувати бойову ефективність літальних апаратів.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) також широко використовують далекоміри для виконання різноманітних завдань. Вони застосовуються для безпечного польоту поблизу перешкод, забезпечення точності виконання місій та збору даних. Далекоміри на БПЛА дозволяють здійснювати моніторинг територій, виявлення цілей, а також використовуються у пошуково-рятувальних операціях. Це відкриває нові можливості для використання БПЛА в різних сферах, включаючи комерційні, наукові та військові застосування.[1]

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики далекомірів включають точність вимірювань, швидкодію, надійність, дальність дії та здатність працювати в різних умовах. Точність є критично важливою для забезпечення безпеки та ефективності виконання завдань.[2] Швидкодія визначає, як швидко система може обробити дані і надати їх користувачеві, що є особливо важливим в умовах високої динаміки польоту. Надійність та здатність працювати в різних умовах, включаючи складні погодні умови та наявність перешкод, забезпечують стабільну роботу системи. Сучасні тенденції у розвитку далекомірів спрямовані на підвищення точності та швидкодії, зменшення розмірів і ваги обладнання, а також інтеграцію новітніх технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання. Це дозволяє створювати більш інтелектуальні та автономні системи, що можуть адаптуватися до змінних умов та забезпечувати високий рівень безпеки та ефективності.

У майбутньому далекоміри, ймовірно, стануть ще більш універсальними та багатофункціональними, що дозволить їх використовувати у ще ширшому спектрі застосувань. Вони можуть бути інтегровані з іншими сенсорними системами, такими як камери, лідарами та інфрачервоними сенсорами, що забезпечить комплексне сприйняття навколишнього середовища і покращить точність та надійність систем управління літальними апаратами.

Таким чином, далекоміри є невід'ємною частиною сучасних авіаційних систем, забезпечуючи високу точність, безпеку та ефективність польотів. Їх розвиток і впровадження новітніх технологій сприятимуть подальшому вдосконаленню авіаційної техніки та розширенню можливостей як цивільної, так і військової авіації.

1.2 Типи далекомірів та їх характеристики

Серед різноманітних типів далекомірів, виділяють декілька основних, які широко використовуються в різних галузях. Серед них радіолокаційні, лазерні, ультразвукові та оптичні далекоміри, кожен з яких має свої унікальні особливості та переваги у вимірюванні відстаней до об'єктів.

					РЕ02.479311.001 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір конкретного типу далекоміра залежить від кількох факторів. По-перше, важлива необхідна точність вимірювань, оскільки деякі далекоміри надають більш точні результати, ніж інші. Другим аспектом є відстань, яку потрібно виміряти, оскільки різні типи далекомірів ефективні на різних ділянках відстані. Крім того, важливо врахувати умови використання, оскільки деякі далекоміри краще працюють в приміщенні, а інші - на відкритому повітрі. Не останню роль грає і вартість, оскільки ціни на далекоміри можуть значно відрізнятись і відповідати різним бюджетам.

1.2.1 Радіолокаційні далекоміри (Radar Altimeters)

Радіолокаційні далекоміри відіграють критичну роль у забезпеченні безпеки польотів, оскільки вони надають точну інформацію про висоту та відстань до об'єктів. Вони використовуються в системах автопілоту та навігаційних системах для точного вимірювання висоти польоту. В системах сповіщення про зіткнення (TCAS) радіолокаційні далекоміри допомагають визначати відстань до інших повітряних суден та об'єктів, надаючи пілотам необхідну інформацію для ухилення від потенційних зіткнень.

Радіолокаційний далекомір функціонує за допомогою генерації, відбиття та прийому радіоімпульсів. Спочатку, радіолокаційний передавач випромінює короткий радіоімпульс у напрямку об'єкта або поверхні. Ця радіохвиля відбивається від поверхні об'єкта або землі і повертається назад до приймача. Радіоприймач фіксує відбитий радіоімпульс, після чого електронна схема визначає час між випромінюванням та прийомом радіоімпульсу. Відстань обчислюється на основі швидкості радіохвиль (швидкості світла) та виміряного часу проходження імпульсу.

Радіолокаційні далекоміри характеризуються широким діапазоном вимірювань, який може сягати від кількох метрів до сотень кілометрів, залежно від потужності передавача та умов навколишнього середовища. Точність вимірювань може варіюватися від кількох сантиметрів до кількох метрів. Радіолокаційні системи працюють у різних діапазонах частот, включаючи мікрохвильовий та міліметровий діапазони. Висока частота

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

імпульсів забезпечує швидке оновлення даних, що дозволяє отримувати інформацію в реальному часі.

Переваги та недоліки радіолокаційних далекомірів:

- Однією з основних переваг радіолокаційних далекомірів є їхня здатність вимірювати великі відстані. Вони також можуть функціонувати незалежно від погодних умов, оскільки радіохвилі проходять через туман, дощ, пил та інші атмосферні явища. Радіолокаційні системи забезпечують високу швидкість вимірювань, що дозволяє отримувати дані майже миттєво. Крім того, вони здатні проникати через певні матеріали та виявляти приховані об'єкти, що робить їх особливо корисними в багатьох сферах.
- З недоліків є те що радіолокаційні системи можуть бути дорогими, особливо для застосувань з обмеженим бюджетом. Вони також чутливі до перешкод від інших радіосигналів, що може знижувати точність вимірювань. Деякі радіолокаційні системи мають великі розміри та вагу, що може бути незручним у певних застосуваннях.

Застосування радіолокаційних далекомірів:

Радіолокаційні далекоміри мають широке застосування в різних галузях. В авіації радіовисотоміри використовуються для точного вимірювання висоти літака над поверхнею землі або води, що є критично важливим під час посадки, польотів на малих висотах та виконання маневрів у складних умовах. У космонавтиці вони забезпечують вимірювання висоти орбітальних апаратів над поверхнею планет і супутників, а також сприяють безпечній посадці на небесні тіла. У морському суднопластві радіолокаційні системи визначають відстань до берегової лінії, інших суден та перешкод, що забезпечує безпеку навігації. В геодезії та картографії радіолокаційні далекоміри використовуються для створення детальних топографічних карт, вимірювання висот та інших геодезичних параметрів.[3]

Типи радіолокаційних далекомірів:

- Імпульсні радіолокаційні системи: Імпульсні радіолокаційні системи випромінюють короткі радіоімпульси і вимірюють час їх

					<i>РЕ02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

повернення. Вони використовуються для вимірювання великих відстаней.

- Безперервні хвильові радіолокаційні системи: Безперервні хвильові радіолокаційні системи випромінюють безперервний радіосигнал і вимірюють зміну частоти або фази відбитого сигналу. Вони забезпечують високу точність на малих відстанях.

Приклад радіолокаційної системи Honeywell RDR-7000 (рис. 1.1):



Рис. 1.1 — Метеорологічний радар [4]

Honeywell RDR-7000 є сучасним авіаційним радіолокаційним висотоміром. Його характеристики включають діапазон вимірювань від 0 до 2500 метрів та точність ± 1 метр. Пристрій працює у X-діапазоні (8-12 ГГц) та важить менше 2 кг.

Він підтримує різні інтерфейси для інтеграції з бортовими системами літака, що робить його універсальним і надійним рішенням для авіаційної навігації.[5]

1.2.2 Лазерні далекоміри (LIDAR)

Лазерні далекоміри або LIDAR (Light Detection and Ranging) – це технологія, що використовує лазерні промені для вимірювання відстані до об'єктів. Вони забезпечують високоточне вимірювання відстаней, що робить

їх незамінними в системах точного заходу на посадку та в системах візуалізації навколишнього середовища. Вони можуть створювати детальні тривимірні карти навколишньої місцевості, що полегшує навігацію та допомагає уникати перешкод. У системах сповіщення про зіткнення лазерні далекоміри використовуються для точного визначення відстані до інших об'єктів, що сприяє підвищенню безпеки польотів.

LIDAR-система працює за принципом генерації, відбиття та прийому лазерних імпульсів. Спочатку система випромінює імпульс лазерного світла в напрямку об'єкта. Лазерний промінь відбивається від поверхні об'єкта і повертається назад до приймача. Оптичний приймач фіксує відбитий лазерний імпульс. Електронна схема визначає час між випромінюванням та прийомом променя. Відстань до об'єкта обчислюється на основі швидкості світла та виміряного часу проходження імпульсу.

LIDAR має кілька ключових характеристик, серед яких діапазон вимірювань варіюється від кількох метрів до кількох кілометрів, залежно від потужності лазера та умов навколишнього середовища. Висока роздільна здатність забезпечує точність вимірювань у межах кількох міліметрів. Кут огляду може бути від вузького (кілька градусів) до широкого (360 градусів) у деяких типах LIDAR. Висока частота імпульсів забезпечує швидке оновлення даних та високу деталізацію, тоді як швидкість сканування може досягати сотень тисяч імпульсів на секунду.

Переваги та недоліки LIDAR:

- LIDAR-системи мають низку переваг. Вони забезпечують високу точність та роздільну здатність, дозволяючи отримувати детальні тривимірні дані. LIDAR працює незалежно від освітлення, функціонуючи як вдень, так і вночі. Системи можуть вимірювати великі відстані з високою точністю і здійснювати швидке сканування, що дозволяє отримувати дані в реальному часі.
- Серед недоліків LIDAR-систем є їхня чутливість до погодних умов: туман, дощ або пил можуть впливати на точність вимірювань. Вартість обладнання та його обслуговування є високою. LIDAR-системи також

					PE02.479311.001 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть споживати більше енергії порівняно з іншими типами дальномірів. Деякі системи можуть бути великими та важкими, що обмежує їх використання у певних застосуваннях.

Застосування LIDAR:

LIDAR знаходить широке застосування в різних галузях. У геодезії та картографії він використовується для створення детальних топографічних карт, тривимірних моделей місцевості та моніторингу змін ландшафту, дозволяючи проводити точні вимірювання висоти, глибини та інших параметрів поверхні Землі. В автономних транспортних засобах LIDAR є ключовою технологією для розпізнавання навколишнього середовища, виявлення перешкод та навігації, забезпечуючи високу точність та швидкість збору даних для орієнтації в реальному часі. В археології він допомагає виявляти приховані під землею структури та артефакти, створюючи детальні карти археологічних розкопок без необхідності проведення розкопок. У лісовому господарстві LIDAR оцінює висоту дерев, щільність лісу та інші параметри, що сприяє моніторингу стану лісових масивів та плануванню їх управління. В будівництві та інженерії LIDAR використовується для створення точних тривимірних моделей будівель та інфраструктури, полегшуючи проектування, будівництво та управління об'єктами.[6]

Типи LIDAR:

- Повітряний LIDAR використовується для сканування великих площ з літаків або безпілотників. Він застосовується в картографії, лісовому господарстві та геодезії.
- Наземний LIDAR встановлюється на штативах або транспортних засобах для сканування будівель, тунелів та інших об'єктів.
- Мобільний LIDAR встановлюється на автомобілях для збору даних про дороги, інфраструктуру та міські середовища.
- Стаціонарний LIDAR використовується для точних вимірювань в промислових та наукових застосуваннях.

Приклад LIDAR-системи Velodyne HDL-64E (рис. 1.2):

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.2 — Лазер LIDAR для виявлення перешкод

Velodyne HDL-64E є одним з найпопулярніших LIDAR-систем для автономних транспортних засобів. Його характеристики включають кількість лазерних променів у кількості 64, діапазон вимірювань до 120 метрів та частоту сканування до 1,3 мільйонів точок на секунду. Кут огляду системи становить 360 градусів горизонтально та 26,8 градусів вертикально. Вага пристрою становить приблизно 13 кг. [7]

Ця система забезпечує високу роздільну здатність та швидкість збору даних, що робить її ідеальною для використання в автономних транспортних засобах та інших застосуваннях, де необхідні точні та детальні тривимірні дані.

1.2.3 Ультразвукові далекоміри

Ультразвукові далекоміри використовуються для вимірювання відстані до об'єктів шляхом випромінювання ультразвукових хвиль і вимірювання часу, за який відбитий сигнал повертається до датчика. Основними компонентами ультразвукового далекоміра є ультразвуковий передавач, приймач та електронна схема обробки сигналів. Принцип роботи базується на ефекті ехолокації, який полягає в тому, що ультразвукові хвилі відбиваються від об'єктів і повертаються до джерела.

Принцип роботи ультразвукового далекоміра полягає в генерації, відбитті та прийомі височастотних звукових сигналів. Ультразвуковий

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

передавач випромінює високочастотний звуковий сигнал у напрямку об'єкта. Цей сигнал відбивається від поверхні об'єкта і повертається назад до приймача. Ультразвуковий приймач вловлює відбитий сигнал, після чого електронна схема вимірює час між випромінюванням та прийомом сигналу. Відстань до об'єкта обчислюється на основі часу проходження сигналу та швидкості звуку в повітрі.

Ультразвукові далекоміри мають кілька важливих характеристик. Діапазон вимірювання залежить від потужності випромінювача та чутливості приймача. Для більшості ультразвукових датчиків діапазон вимірювань становить від кількох сантиметрів до кількох метрів. Роздільна здатність визначається мінімальною відстанню, яку може відрізнити датчик, і зазвичай становить кілька міліметрів. Кут огляду визначає кут, під яким ультразвуковий сигнал випромінюється та приймається; більший кут огляду дозволяє охопити більшу площу, але може знижувати точність вимірювань. Частота роботи ультразвукових датчиків зазвичай варіюється від 20 до 200 кГц, причому вищі частоти забезпечують кращу роздільну здатність, але мають менший діапазон вимірювань.

Переваги та недоліки ультразвукових далекомірів:

- Ультразвукові далекоміри мають кілька переваг. Вони забезпечують високу точність вимірювань на малих та середніх відстанях. Ці пристрої є надійними, стійкими до забруднень і можуть працювати в різних умовах середовища. Ультразвукові датчики легко інтегруються в різні системи завдяки стандартним інтерфейсам. Крім того, ультразвукові хвилі є безпечними для людей та тварин.
- Однак ультразвукові далекоміри мають і недоліки. Вони мають обмежений діапазон вимірювань у порівнянні з іншими типами дальномірів. Температура та вологість можуть впливати на швидкість звуку, що знижує точність вимірювань. Нерівні або погано відбиваючі поверхні можуть спотворювати сигнал, що також впливає на точність вимірювань.

Застосування ультразвукових далекомірів:

					<i>РЕ02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультразвукові далекоміри широко використовуються в різних галузях. У промисловості вони застосовуються для контролю рівня рідин, визначення відстані до об'єктів та автоматизації виробничих процесів. У робототехніці ультразвукові датчики використовуються для навігації та уникнення перешкод роботами. В автомобільній промисловості ці датчики застосовуються в системах допомоги при паркуванні та уникненні зіткнень. У медичних застосуваннях ультразвукові дальноміри використовуються для діагностики та вимірювань в медичних приладах.[8]

Прикладом ультразвукового далекоміра є HC-SR04 (рис. 1.3):



Рис. 1.3 — Ультразвуковий датчик відстані

Це популярний датчик відстані, який використовується в багатьох робототехнічних та електронних проектах. HC-SR04 працює шляхом випромінювання ультразвукових хвиль і вимірювання часу, за який ці хвилі відбиваються від об'єкта і повертаються назад. Датчик має робочий діапазон від 2 см до 400 см з точністю до 3 мм. Він оснащений двома основними компонентами: ультразвуковим передавачем і приймачем. Живлення датчика здійснюється від 5V, і він забезпечує простий інтерфейс для зчитування даних через цифрові виходи, що робить його зручним для інтеграції з мікроконтролерами, такими як Arduino або Raspberry Pi.[9]

1.2.4 Оптичні далекоміри

Оптичні далекоміри використовуються для вимірювання відстані до об'єктів шляхом випромінювання лазерного або світлового променя і вимірювання часу, за який відбитий сигнал повертається до датчика. Основними компонентами оптичного далекоміра є лазерний передавач, приймач та електронна схема обробки сигналів. Принцип роботи базується на вимірюванні часу проходження світла до об'єкта і назад, що дозволяє точно визначити відстань.

Принцип роботи оптичного далекоміра полягає в генерації, відбитті та прийомі світлових сигналів. Лазерний передавач випромінює вузький світловий промінь у напрямку об'єкта. Цей промінь відбивається від поверхні об'єкта і повертається назад до приймача. Приймач вловлює відбитий сигнал, після чого електронна схема вимірює час між випромінюванням та прийомом сигналу. Відстань до об'єкта обчислюється на основі часу проходження сигналу та швидкості світла.

Переваги та недоліки оптичних далекомірів:

- Оптичні далекоміри мають кілька переваг. Вони забезпечують високу точність вимірювань на великих відстанях. Ці пристрої є надійними, стійкими до впливу навколишнього середовища і можуть працювати в різних умовах. Оптичні датчики легко інтегруються в різні системи завдяки стандартним інтерфейсам. Крім того, лазерні хвилі є безпечними для використання, якщо дотримуватися відповідних заходів безпеки.
- Однак оптичні далекоміри мають і недоліки. Вони можуть бути менш ефективними у туманних або запиленних умовах, оскільки частинки у повітрі можуть розсіювати світло і знижувати точність вимірювань. Крім того, нерівні або погано відбиваючі поверхні можуть спотворювати сигнал, що також впливає на точність вимірювань.

Застосування оптичних далекомірів:

Оптичні далекоміри широко використовуються в різних галузях. У будівництві вони застосовуються для точного вимірювання відстаней та площ на будівельних майданчиках. У геодезії ці прилади використовуються для картографування та вимірювання відстаней у польових умовах. У військовій справі оптичні далекоміри використовуються для визначення відстані до цілей. В автомобільній промисловості ці датчики застосовуються в системах допомоги при паркуванні та уникненні зіткнень. У медицині оптичні дальноміри використовуються для діагностики та вимірювань в медичних приладах.[10]

Прикладом оптичного далекоміра є PCE-LRF 500:



Рис. 1.4 — Далекомір PCE-LRF 500

PCE-LRF 500 – це високоточний оптичний далекомір, широко використовуваний у різних робототехнічних та електронних проектах. Його робота базується на принципі вимірювання часу повернення лазерного променя, відбитого від об'єкта. Далекомір здатен вимірювати відстані від 0,05 м до 600 м з точністю до 1 м.[11] Пристрій оснащений вискоефективним лазерним передавачем та приймачем, що забезпечує надійні та точні вимірювання. PCE-LRF 500 має кілька режимів вимірювання, включаючи режим одиночного вимірювання та безперервного сканування, що дозволяє

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

адаптуватися до різних умов застосування. Також він оснащений вбудованим дисплеєм, який надає миттєвий зворотний зв'язок щодо виміряної відстані.

Пристрій підтримує зберігання даних, що дозволяє накопичувати інформацію про кілька вимірювань для подальшого аналізу. Завдяки своєму ергономічному дизайну, PCE-LRF 500 зручний у використанні навіть у польових умовах.

1.3 Висновки

У першому розділі досліджено застосування далекомірів у різних галузях та їх класифікацію за типами. Аналіз показав, що далекоміри є важливими інструментами, що забезпечують високу точність і надійність вимірювань. Вони знайшли широке застосування у багатьох сферах, де точність вимірювання відстаней має критичне значення.

Далекоміри значно підвищують ефективність робочих процесів, дозволяючи швидко і точно визначати відстані, що сприяє оптимізації ресурсів та часу. Крім того, їх застосування знижує ризик помилок і покращує загальну якість виконуваних робіт. Завдяки використанню сучасних технологій, далекоміри можуть працювати у складних умовах, забезпечуючи стабільні та точні результати.

Розглянуто також важливість вибору правильного типу далекоміра залежно від конкретних завдань і умов експлуатації. Кожен тип далекоміра має свої унікальні характеристики, що робить його більш підходящим для певних застосувань. Застосування відповідного далекоміра дозволяє максимально ефективно вирішувати поставлені задачі, забезпечуючи точність і надійність вимірювань.

Отже, далекоміри є невід'ємною частиною сучасних технологічних процесів, сприяючи підвищенню продуктивності, зменшенню витрат та підвищенню якості робіт. Впровадження далекомірів у різні галузі промисловості та наукових досліджень дозволяє досягати високих стандартів точності та надійності, що є ключовим фактором для успішного виконання завдань.

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ

У цьому розділі буде розглянуто процес розробки структурної та електричної схем для системи сповіщення про зіткнення з перешкодою, а також буде здійснено підбір формул котрі використовуватимуться системою сповіщення для отримання даних. Вивчивши переваги та недоліки існуючих об'єктів, були сформульовані конкретні вимоги до удосконаленої системи.

Для початку розглянемо створення структурної та принципової електричної схем системи. Дослідимо методи роботи системи для забезпечення її надійності та ефективності. Метою цього розділу є закладення основ для розробки системи, яка забезпечить високу точність та безпеку в роботі.

2.1 Структурна схема

Аналізуючи існуючі на ринку системи сповіщення про зіткнення та визначивши необхідний набір функцій, ми створили структурну схему, яка демонструє працездатність системи сповіщення про зіткнення з перешкодою.

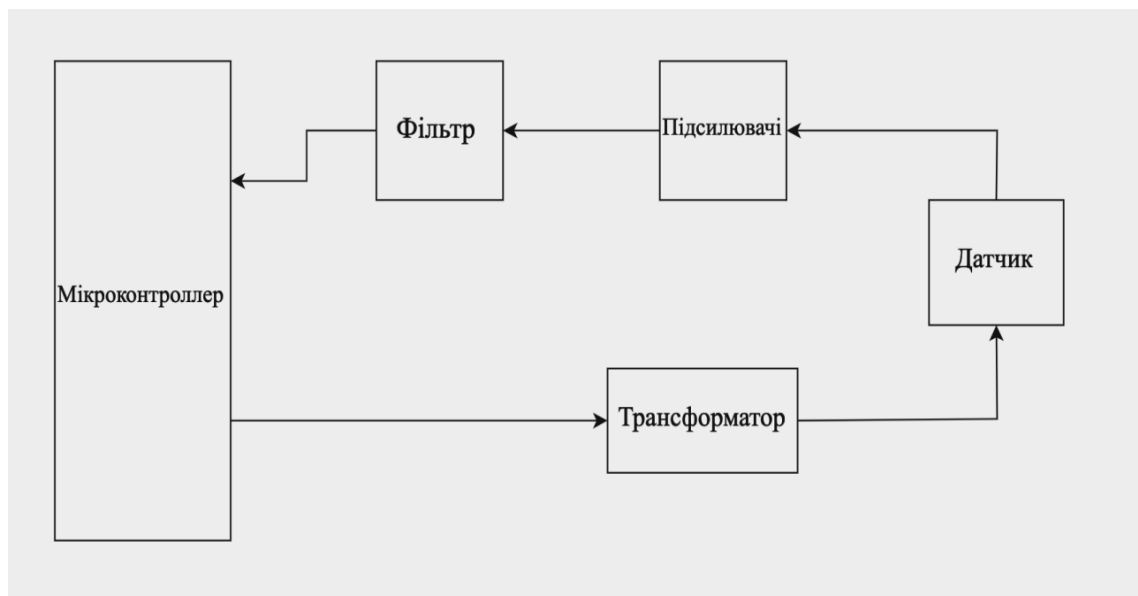


Рисунок 2.1 — Структурна схема

Розробка структурної схеми системи сповіщення про зіткнення почалася з визначення ключових компонентів і їх взаємодії. Основними елементами системи стали ультразвуковий датчик, мікроконтролер, підсилювачі, трансформатор та фільтр. Структурна схема ілюструє функціональні блоки

системи і їх зв'язки, що дозволило чітко визначити роль кожного компонента в загальній архітектурі. Схема показує взаємодію основних компонентів, що забезпечує загальне розуміння роботи системи. Мікроконтролер керує всією системою, генеруючи і обробляючи сигнали від датчика. Ультразвуковий датчик виявляє перешкоди, підсилювачі посилюють сигнали, фільтр очищає їх від шумів, а трансформатор забезпечує стабільне живлення.

Ця проста структурна схема стала основою для створення детальної електричної принципової схеми. Вона дозволила визначити конкретні електричні з'єднання та компоненти, необхідні для реалізації системи. Структурна схема надає загальне уявлення про функції та взаємодію компонентів, тоді як електрична схема деталізує ці взаємодії на рівні конкретних зв'язків і параметрів.

2.2 Схема електрична принципова

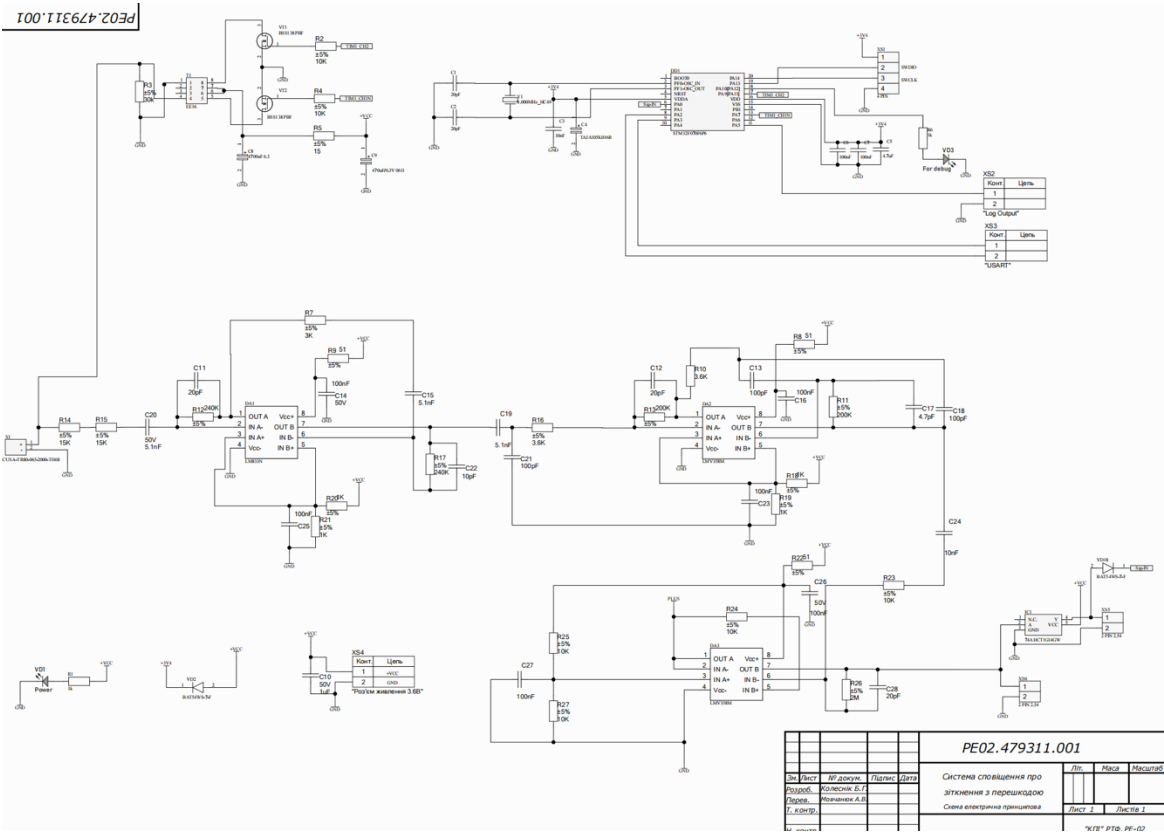


Рисунок 2.2 — Електрична принципова схема

Електрична принципова схема містить кілька основних компонентів, кожен з яких виконує певну функцію у забезпеченні роботи системи сповіщення про зіткнення з перешкодою.

Мікроконтролер STM32F070F6P6 виконує ключову роль у системі. Він обробляє сигнали від ультразвукового датчика і керує всіма компонентами системи. За допомогою пінів TIM1_CH2 та TIM1_CH1N, мікроконтролер формує дві пачки імпульсів для керування ультразвуковим датчиком.[12] Він забезпечує роботу датчика в двох режимах: випромінювання імпульсів та прослуховування відбитих сигналів. Він також обробляє дані від датчика і виконує обчислення отриманих даних щодо моменту здійснення підриву.

Ультразвуковий датчик CUSA-TR80-065-2000-TH68 працює в двох режимах: випромінювання ультразвукових імпульсів і прослуховування відбитих сигналів. Випромінювані імпульси відбиваються від перешкод і повертаються до датчика, який перетворює ці сигнали у відповідні електричні сигнали для подальшої обробки мікроконтролером.

LM833N та LMV358M підсилюють сигнали, що надходять від ультразвукового датчика. LM833N забезпечує високу швидкість підсилення та низький рівень шуму, що дозволяє точно обробляти сигнали. LMV358M відзначається високою лінійністю та стабільністю роботи, що забезпечує чистий сигнал з мінімальними спотвореннями. Підсилювачі підключені через резистори та конденсатори, що додатково фільтрують і стабілізують сигнали.

Тригер Шмітта 74АНСТ1G14GW стабілізує сигнали, що надходять від підсилювачів, та фільтрує шуми. Він забезпечує стабільний сигнал, необхідний для точного визначення відстані до перешкод. Тригер підключений до мікроконтролера через резистори, що забезпечують необхідні рівні сигналів.

Трансформатор EE16 забезпечує перетворення напруги та стабільне живлення для всіх компонентів системи. Він підключений через діоди та резистори, що забезпечують стабільність напруги і захист від зворотних струмів. Трансформатор працює при частотах від 20 кГц до 200 кГц, що дозволяє ефективно перетворювати напругу для низьковольтних систем.

Конденсатори використовуються для фільтрації та стабілізації напруги в різних частинах системи. Вони розміщені між живленням і землею, що допомагає згладити коливання напруги та забезпечити стабільну роботу компонентів. Конденсатори різної ємності та робочої напруги забезпечують

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективну фільтрацію високочастотних шумів та стабілізацію постійної напруги. Діоди BAT54WS-7-F також використовуються для забезпечення захисту компонентів системи від зворотних струмів і стабілізації напруги.

Пінові роз'єми забезпечують підключення зовнішніх пристроїв та датчиків до системи. Вони сприяють зручності підключення та відключення компонентів, а також гнучкості системи в процесі розробки та експлуатації. Роз'єми підключаються до мікроконтролера, датчика, підсилювачів та інших компонентів, забезпечуючи надійне електричне з'єднання.

Взаємодія компонентів на схемі забезпечує ефективну роботу системи сповіщення про зіткнення з перешкодою. Мікроконтролер формує імпульси для ультразвукового датчика, який випромінює їх і прослуховує відбиті сигнали. Підсилювачі підсилюють сигнали від датчика, які потім стабілізуються тригером Шмітта і передаються назад до мікроконтролера для обробки. Трансформатор забезпечує стабільне живлення всіх компонентів системи, а діоди та конденсатори забезпечують захист і стабільність напруги.

2.3 Виведення формул

У цьому підрозділі будуть виведені формули, необхідні для визначення ключових параметрів системи сповіщення про зіткнення з перешкодою, яка включає ультразвуковий датчик, мікроконтролер, трансформатор, підсилювачі та тригер Шмітта. Система встановлена в снаряді, що скидається вертикально вниз з різної висоти. Розглянемо детально кожен з етапів розрахунків.

2.3.1 Визначення висоти за допомогою ультразвукового датчика

Для визначення висоти снаряда використовується ультразвуковий датчик, який вимірює час польоту ультразвукового імпульсу до перешкоди і назад. Принцип роботи ультразвукового датчика базується на випромінюванні короткого ультразвукового імпульсу, який відбивається від перешкоди і повертається до датчика. Час, за який імпульс долає шлях від датчика до перешкоди і назад, можна виміряти та використати для визначення відстані.

Формула для розрахунку висоти h виглядає так:

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = \frac{c \cdot t_{\text{польоту}}}{2}$$

де: c — швидкість звуку в повітрі, для стандартних умов вона становить 330 м/с, але може змінюватися залежно від температури, вологості та інших факторів; $t_{\text{польоту}}$ — час польоту ультразвукового імпульсу, виміряний датчиком.

Ця формула враховує, що імпульс проходить відстань до перешкоди і назад, тому отриманий час ділять на два.

2.3.2 Визначення швидкості снаряда в момент зіткнення

Швидкість снаряда в момент зіткнення з перешкодою визначається за допомогою кінематичного рівняння для вільного падіння. При падінні снаряда з висоти h без початкової швидкості, його швидкість у момент зіткнення визначається так:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

де: v_0 — початкова швидкість падіння. У нашому випадку вона дорівнює нулю ($v_0 = 0$); g — прискорення вільного падіння, яке на Землі становить приблизно 9.81 м/с²; h — висота, з якої падає снаряд.

Ця формула дозволяє визначити кінцеву швидкість снаряда, враховуючи гравітаційне прискорення і висоту падіння.

2.3.3 Визначення часу до зіткнення

Цей параметр дозволяє системі забезпечити своєчасне попередження про наближення до перешкоди, що дозволить в найкращий момент здійснити підрив. Основою для розрахунку часу до зіткнення є знання висоти, з якої падає снаряд, і його швидкості падіння.

Час до зіткнення $t_{\text{зітк}}$ можна обчислити за допомогою рівняння для вільного падіння:

$$t_{\text{зітк}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Згідно з цим рівнянням, час падіння залежить від висоти h і прискорення вільного падіння g , яке на Землі становить приблизно 9.81 м/с^2 . Використовуючи цю формулу, система може обчислити, скільки часу залишилося до зіткнення. Це дозволяє точно визначити момент, коли снаряд досягне перешкоди, і забезпечити своєчасне сповіщення.

Важливість цього розрахунку полягає в тому, що він дозволяє системі реагувати в реальному часі, забезпечуючи ефективну і безпечну експлуатацію снаряда.

2.3.4 Доплерівське зміщення частоти

Доплерівське зміщення частоти є важливим фізичним явищем, яке використовується для визначення швидкості руху об'єктів відносно джерела або приймача звукових хвиль. Це явище пояснює зміну частоти хвиль, коли джерело або приймач рухаються один відносно одного.

У контексті нашої системи сповіщення про зіткнення з перешкодою, доплерівське зміщення частоти дозволяє визначити швидкість руху снаряда, що є критично важливим для точного розрахунку часу до зіткнення.

Коли снаряд наближається до перешкоди, ультразвуковий датчик випромінює імпульс із певною частотою. Цей імпульс відбивається від перешкоди і повертається назад до датчика. Якщо снаряд рухається до перешкоди, частота відбитого сигналу збільшується, а якщо снаряд віддаляється від перешкоди то зменшується. Це зміщення частоти залежить від швидкості руху снаряда і швидкості звуку в повітрі.

Доплерівське зміщення частоти Δf визначається так:

$$\Delta f = \left(\frac{v}{c}\right) \cdot f_{uz}$$

де: v — швидкість снаряда; c — швидкість звуку в повітрі; f_{uz} — частота ультразвукового датчика.

2.3.5 Визначення частоти прийнятого сигналу

Визначення частоти прийнятого сигналу є ключовим елементом системи сповіщення про зіткнення з перешкодою, що використовує ультразвуковий

датчик. Ультразвуковий датчик випромінює імпульс з певною частотою, який проходить відстань до перешкоди, відбивається від неї і повертається назад. Частота прийнятого сигналу відрізняється від вихідної через ефект Доплера, що виникає в результаті руху снаряда. Формула для визначення частоти прийнятого сигналу виглядає так:

$$f_{\text{зап}} = f_{\text{уз}} + \Delta f$$

де: $f_{\text{уз}}$ — частота ультразвукового датчика; Δf — Доплерівське зміщення частоти.

Практичне застосування цієї інформації критично важливе для точної роботи системи сповіщення. Визначення частоти прийнятого сигналу дозволяє системі обчислювати швидкість снаряда і час до зіткнення, забезпечуючи своєчасне попередження про небезпеку та активацію відповідних механізмів безпеки.

Використання високочастотного ультразвукового датчика мінімізує похибки вимірювань, забезпечуючи надійну роботу системи в різних умовах експлуатації.

2.3.6 Визначення доплерівської частоти

Доплерівський ефект є важливою фізичною концепцією, яка застосовується для вимірювання швидкості об'єктів, що рухаються відносно джерела або приймача звуку. У контексті системи сповіщення про зіткнення з перешкодою, доплерівська частота є ключовим параметром, що дозволяє точно визначити швидкість снаряда при його наближенні до перешкоди.

Доплерівське зміщення частоти виникає в результаті зміни частоти хвиль, що сприймаються спостерігачем через рух джерела або приймача хвиль. Коли джерело хвиль наближається до приймача, частота хвиль збільшується, що називається позитивним доплерівським зміщенням. Навпаки, коли джерело віддаляється, частота хвиль зменшується, що називається негативним доплерівським зміщенням.

Для нашої системи доплерівська частота обчислюється за наступною формулою:

					РЕ02.479311.001 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_{\text{допл}} = f_{\text{уз}} \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

де: $f_{\text{уз}}$ — частота ультразвукового датчика; v — швидкість снаряда, c - швидкість звуку в повітрі.

2.4 Висновок

У цьому розділі було проведено всебічний аналіз та розробку структурної і електричної схем системи сповіщення про зіткнення з перешкодою. Визначено ключові компоненти системи, їх взаємодію та відповідні формули для розрахунку основних параметрів, що дозволяють системі точно виконувати свої функції. Структурна схема визначила ролі компонентів, а електрична схема забезпечила детальне з'єднання між ними, що є основою для надійної роботи системи. Такий комплексний підхід до розробки і обґрунтування схемотехнічних рішень забезпечує ефективність, надійність та безпеку системи в умовах реальної експлуатації.

					РЕ02.479311.001 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

При виборі компонентів системи сповіщення про зіткнення, ретельно оцінювалася їх доступність, ергономічність, ціна, а також технічні параметри, які впливають на ефективність і надійність системи. Були ретельно оцінені чутливість датчика, швидкість відгуку мікроконтролера, надійність підсилювача та надійність тригера Шмітта.

Крім того, враховано сумісність компонентів один з одним та їх інтеграцію в систему як повну функціональну одиницю. Такий комплексний підхід до вибору компонентів дозволяє побудувати систему, яка не тільки ефективно вирішує поставлені завдання, а й є надійною, простою у використанні та має потенціал розвитку та модернізації в майбутньому.

3.1 Мікроконтролер STM32F070F6P6

Мікроконтролер STM32F070F6P6 відіграє центральну роль у системі, забезпечуючи обробку сигналів від ультразвукового датчика та керування всіма компонентами системи. На рисунку 3.1 зображено зовнішній вигляд цього мікроконтролера:

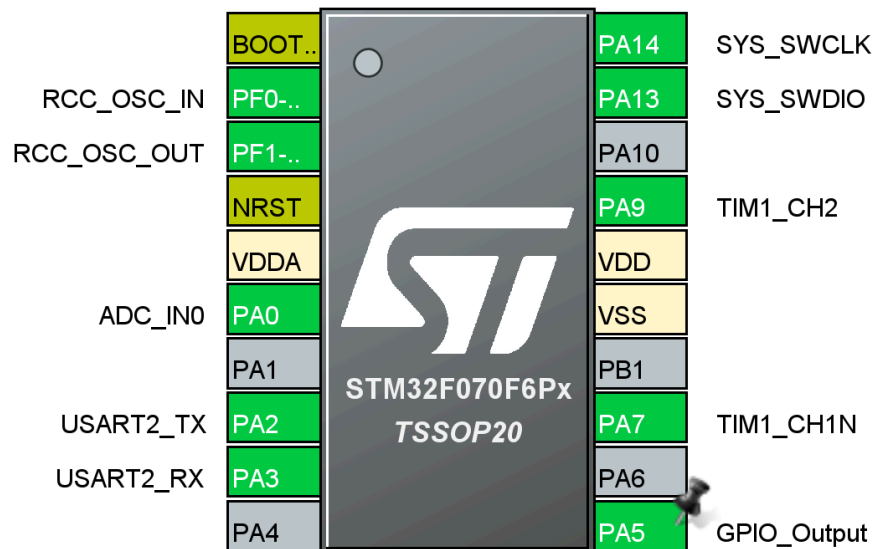


Рисунок 3.1 — Зовнішній вигляд STM32F070F6P6

Цей мікроконтролер відзначається високою швидкістю відгуку і має широкий функціональний діапазон. Нижче представлена таблиця 3.1 з параметрами даного мікроконтролера:

Таблиця 3.1

Технічна характеристика	Значення
Архітектура	ARM Cortex-M0
Робоча частота	До 48 МГц
Кількість GPIO-пінів	32
Розмір вбудованої пам'яті	32 Кб Flash, 6 Кб SRAM
Швидкість відгуку	До 72 МГц
Інтерфейси зв'язку	SPI, I2C, UART, CAN
Напруга живлення	Від 2.0 до 3.6 В
Витрата енергії в режимі очікування	0.95 мкА

Мікроконтролер STM32F070F6P6 від ARM Cortex-M0 пропонує високу швидкість обчислень та ефективне використання ресурсів. Його робоча частота до 72 МГц дозволяє швидко обробляти дані та реагувати на події у системі. Вбудований ADC для аналогово-цифрового перетворення дозволяє вимірювати аналогові сигнали, що є корисним для сповіщення про зіткнення з перешкодами. Даний мікроконтролер має діапазон робочої температури зазвичай від -40°C до +85°C. Це означає, що він може працювати в широкому спектрі умов, від дуже низьких температур до досить високих, що робить його придатним для застосування в різних середовищах та умовах експлуатації. Також має інтерфейси SPI, I2C, UART та CAN для зручного обміну даними та підключення зовнішніх пристроїв.[12] Завдяки низькому споживанню енергії, цей мікроконтролер є енергоефективним ідеальним варіантом для систем, які потребують оптимального використання енергоресурсів. Його надійність та можливості роблять його відмінним вибором для сповіщення про зіткнення з перешкодами та інших автоматизованих систем.

3.2 Ультразвуковий датчик CUSA-TR80-065-2000-TH68

Ультразвуковий датчик CUSA-TR80-065-2000-TH68 є ключовим компонентом системи сповіщення про зіткнення, який працює на принципі випромінювання ультразвукових імпульсів та прийому їх відбитків від об'єктів. Цей датчик забезпечує високу точність вимірювань, що є критично важливим для виявлення зіткнення з ціллю. Завдяки частоті випромінювання та прийому ультразвукових хвиль, датчик дозволяє швидко реагувати на зміни в оточуючому середовищі, що забезпечує ефективну роботу системи в режимі реального часу. Нижче на рисунку 3.2 зображено зовнішній вигляд датчику:



Рисунок 3.2 — Зовнішній вигляд CUSA-TR80-065-2000-TH68

Однією з важливих переваг ультразвукових датчиків є їх менш чутливість до таких факторів, як пил, дим та інші перешкоди, у порівнянні з оптичними датчиками. Це робить CUSA-TR80-065-2000-TH68 більш надійним у різних умовах експлуатації. Простота інтеграції з іншими компонентами системи, зокрема мікроконтролером, дозволяє легко включити цей датчик у складні системи автоматизації та керування.

Чутливість датчика CUSA-TR80-065-2000-TH68 визначається його здатністю виявляти об'єкти на відстані від 65 мм до 2000 мм з високою точністю. Датчик здатен працювати в умовах сильних шумів і перешкод,

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зберігаючи високу точність вимірювань. Його частота роботи в 80 кГц дозволяє уникати завад від інших електронних пристроїв, що підвищує надійність системи.

Датчик має широкий діапазон робочих температур від -20°C до +70°C, що дозволяє використовувати його в різних кліматичних умовах. Робоча напруга живлення від 12 до 24 В DC робить датчик універсальним для різних систем. [13] Низьке енергоспоживання датчика забезпечує його ефективну роботу без значного впливу на загальне енергоспоживання системи.

Таблиця 3.2 — Параметри ультразвукового датчика CUSA-TR80-065-2000-TH68:

Технічна характеристика	Значення
Діапазон вимірювань	65 мм - 2000 мм
Частота	80 кГц
Робоча температура	-20°C до +70°C
Напруга живлення	12-24 В DC
Споживана потужність	Низька
Інтерфейси зв'язку	UART, SPI, I2C
Роздільна здатність	Висока

Ультразвуковий датчик CUSA-TR80-065-2000-TH68, завдяки своїм характеристикам, забезпечує надійне та точне виявлення перешкод у різних умовах експлуатації. Він є невід'ємною частиною системи сповіщення про зіткнення, забезпечуючи її ефективну роботу і надійність.

3.3 Трансформатор EE16

Трансформатор EE16 використовується для перетворення напруги та забезпечення живлення всіх компонентів системи. Він здатний працювати при частотах від 20 кГц до 200 кГц, що робить його придатним для високочастотних додатків. Його номінальна потужність варіюється від 1 Вт до 30 Вт, що забезпечує достатню енергію для більшості низьковольтних систем.

Напруга на первинній обмотці зазвичай складає від 85 В до 265 В АС, що дозволяє використовувати його в різних умовах живлення, а вторинна напруга може бути від кількох вольт до десятків вольт залежно від специфікацій системи.[15] Нижче, на рисунку 3.3 зображено як саме виглядає даний трансформатор:

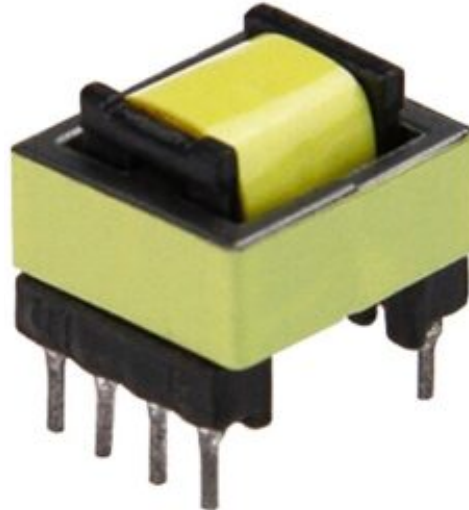


Рисунок 3.3 — Зовнішній вигляд EE16 [14]

Цей трансформатор обрано через його компактні розміри, що є важливим фактором для розміщення у обмеженому просторі снаряда. Він забезпечує високу ефективність перетворення енергії з мінімальними втратами, що є критично важливим для роботи в умовах високої енергетичної насиченості. EE16 також відзначається стабільною роботою в умовах високих температур та вібрацій, що забезпечує надійність всієї системи. Завдяки своїй здатності ефективно перетворювати енергію і мінімізувати втрати тепла, трансформатор підвищує загальну ефективність і надійність системи.

Однією з ключових характеристик трансформатора EE16 є його висока чутливість до змін вхідної напруги, що забезпечує стабільну роботу навіть при значних коливаннях напруги живлення. Висока ефективність перетворення енергії знижує рівень шумів та інтерференції, що є важливим для чутливих електронних компонентів. Компактна конструкція дозволяє легко інтегрувати його в різні системи, навіть при обмеженому просторі. Його стабільність і надійність роблять його ідеальним вибором для використання в системах сповіщення про зіткнення.

Таблиця 3.3 — Параметрів трансформатора EE16

Технічна характеристика	Значення
Тип трансформатора	Стандартний
Робоча частота	20 кГц - 200 кГц
Номінальна потужність	1 Вт - 30 Вт
Напруга на первинній обмотці	85 В - 265 В АС
Напруга на вторинній обмотці	5 В - 24 В
Робоча температура	-40°C до +125°C
Ефективність	Висока
Коефіцієнт трансформації	Високий

Трансформатор EE16, завдяки своїм характеристикам, забезпечує стабільне та ефективне живлення для різних електронних компонентів. Він є важливим елементом в системах, що вимагають надійного та ефективного перетворення енергії, забезпечуючи стабільну роботу системи сповіщення про зіткнення.

3.4 Підсилювачі LM833N та LMV358M

Підсилювачі LM833N та LMV358M використовуються для підсилення сигналів від ультразвукового датчика до рівня, який може бути оброблений мікроконтролером. Кожен з цих підсилювачів має свої унікальні характеристики, які роблять їх важливими компонентами у системах точного вимірювання відстані та сповіщення про зіткнення.

3.4.1 Підсилювач LM833N

Підсилювач LM833N забезпечує високу швидкість підсилення сигналів без значних затримок. Це дозволяє системі швидко реагувати на зміни в оточуючому середовищі, що є критично важливим для виявлення зіткнень в реальному часі. Цей подвійний операційний підсилювач має низький рівень шуму, зокрема 4.5 нВ/√Гц при 1 кГц, що робить його ідеальним для аудіо додатків та систем, де необхідна висока точність. LM833N відзначається

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

високою швидкістю наростання (Slew Rate) до 7 В/мкс, що дозволяє швидко обробляти зміни сигналів. Крім того, підсилювач має широкосмуговий коефіцієнт посилення до 15 МГц, що забезпечує ефективне підсилення сигналів у широкому діапазоні частот.[16] Завдяки своїй енергоефективності, LM833N сприяє зниженню загального енергоспоживання системи, що підвищує її надійність і тривалість роботи. Приклад такого підсилювача можна побачити на рисунку 3.4:

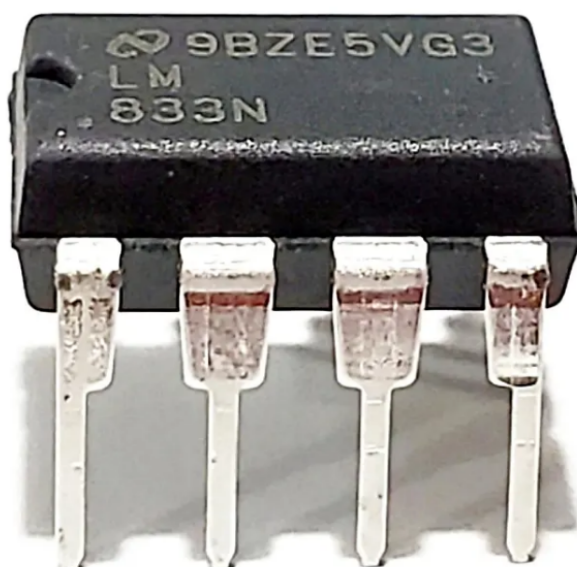


Рисунок 3.4 — Зовнішній вигляд підсилювача LM833N [17]

3.4.2 Підсилювач LMV358M

Підсилювач LMV358M забезпечує чистий сигнал з мінімальними спотвореннями, що є важливим для точного вимірювання відстані. Він відзначається високою лінійністю і стабільністю роботи, навіть у складних умовах експлуатації. Цей низьковольтний, подвійний операційний підсилювач має вхідний диференціальний опір до 10^{12} Ом і низький рівень шуму 40 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ при 1 кГц. LMV358M працює при низькій напрузі живлення від 2.7 В до 5.5 В, що робить його ідеальним для використання в портативних та енергоефективних пристроях. Він також характеризується низьким струмом споживання 80 мкА на підсилювач, що зменшує загальне енергоспоживання системи.[18] Нижче на рисунку 3.5 наведено вигляд даного підсилювача:



Рисунок 3.5 — Зовнішній вигляд підсилювача LMV358M [19]

Таблиця 3.4 — Основні характеристики підсилювачів LM833N та LMV358M

Технічна характеристика	LM833N	LMV358M
Швидкість підсилення	Висока (7 В/мкс)	Помірна (0.3 В/мкс)
Лінійність	Висока	Висока
Спотворення сигналу	Мінімальні	Мінімальні
Рівень шуму	Низький (4.5 нВ/√Гц)	Дуже низький (40 нВ/√Гц)
Енергоефективність	Висока	Висока
Робоча температура	-40°C до +85°C	-40°C до +85°C
Напруга живлення	3 В - 32 В	2.7 В - 5.5 В
Споживання струму	Низьке	Дуже низьке (80 мкА на підсилювач)
Широкосмуговий коефіцієнт посилення	15 МГц	1 МГц
Вхідний диференціальний опір	10 ¹² Ом	10 ¹² Ом

Підсилювачі LM833N та LMV358M відіграють ключову роль у підсиленні сигналів від ультразвукових датчиків. Завдяки своїм характеристикам, вони забезпечують високу точність і надійність роботи

системи сповіщення про зіткнення, знижуючи при цьому загальне енергоспоживання. Це робить їх незамінними компонентами для використання у високоточних та енергоефективних системах.

3.5 Тригер Шмітта

Тригер Шмітта 74АНСТ1G14GW відіграє важливу роль у фільтрації зайвих шумів і стабілізації сигналів, що надходять. Цей компонент є невід'ємною частиною системи, забезпечуючи стабільний сигнал, що підвищує точність та надійність роботи всієї системи сповіщення про зіткнення.

Тригер може працювати при вхідній напрузі від 2 В до 5.5 В, що дозволяє використовувати його у різних системах. Високий рівень вихідної напруги становить близько 5 В, а низький рівень - близько 0 В. Затримка пропускання сигналу до 7 наносекунд при 5 В забезпечує швидке реагування на зміни вхідних сигналів. Гістерезис тригера забезпечує стійкість до перехідних процесів і шумів на вході, дозволяючи відфільтрувати короткочасні перешкоди. Даний тригер також відзначається дуже низьким вхідним струмом, що не перевищує ± 1 мкА. Це робить його енергоефективним компонентом, знижуючи загальне енергоспоживання системи. Водночас, він може забезпечувати вихідний струм до ± 8 мА, що достатньо для керування різними цифровими навантаженнями.

Для захисту від статичної електрики (ESD), тригер має вбудований захист до 2 кВ за стандартом MIL-STD-883, метод 3015. Це підвищує його надійність в умовах, де можуть виникати електростатичні розряди.

Діапазон робочих температур від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ забезпечує надійність у різних умовах експлуатації.[20] На рисунку 3.6 зображено тригер Шмітта:

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 — Зовнішній вигляд 74AHCT1G14GW

Ефективне відфільтровування електричних шумів та інших перешкод тригером 74AHCT1G14GW дозволяє уникнути спотворень сигналу, що є критичним для точного визначення моменту зіткнення. Гістерезис тригера забезпечує стійкість до перехідних процесів на вході, що дозволяє стабільно працювати навіть при наявності високочастотних шумів. Завдяки своїй здатності стабілізувати сигнали, тригер Шмітта підвищує загальну точність вимірювань.

Тригер Шмітта легко інтегрується в схему і не потребує складного налаштування, що спрощує процес проектування. Це робить його ідеальним вибором для використання у системах, де критично важлива стабільність і точність сигналів.

Таблиця 3.5 — Основні параметри тригера Шмітта 74AHCT1G14GW

Технічна характеристика	Значення
Вхідна напруга	2 В - 5.5 В
Вихідна напруга	Високий: ~5 В, Низький: ~0 В
Затримка пропускання	До 7 нс при 5 В
Гістерезис	Вбудований
Вхідний струм	До ± 1 мкА
Вихідний струм	До ± 8 мА
Робоча температура	-40°C до +125°C
Швидкість обробки сигналів	Висока

Тригер Шмітта 74АНСТ1G14GW забезпечує стабільність і надійність сигналів у системі сповіщення про зіткнення. Його здатність ефективно відфільтровувати шум і стабілізувати сигнали робить його невід'ємною частиною високоточних та енергоефективних систем.

3.6 Висновки

Комплексний підхід до вибору компонентів для системи сповіщення про зіткнення забезпечує створення ефективної, надійної і енергоефективної системи. Такий підхід також дозволяє враховувати потенціал розвитку та модернізації системи в майбутньому, що забезпечує її довготривалу експлуатацію та адаптивність до нових умов.

					<i>РЕ02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Після визначення необхідних компонентів системи, приступаємо до проектування електричного модуля. На цьому етапі слід вибрати метод виготовлення плати, матеріал плати, тип припою, клас точності плати, щільність виробництва та виконати трасування плати. Крім того, потрібно врахувати ергономічні аспекти та надійність конструкції.

4.1 Вибір методу виготовлення плати

Для виготовлення плати системи сповіщення про зіткнення з перешкодою було обрано комбінований позитивний метод. Цей метод дозволяє створювати плати з високою щільністю розміщення компонентів та забезпечує якісну металізацію отворів. Використання двошарової плати дозволяє ефективно розмістити всі необхідні компоненти та забезпечити належний рівень електричних з'єднань між ними.

4.2 Вибір матеріалу плати та припою

Матеріалом плати обрано фольгований склотекстоліт FR-4. Цей матеріал має високу механічну міцність, термостійкість та низькі втрати, що робить його ідеальним для виготовлення друкованих плат.

Для пайки компонентів обрано припій LC60, який має оптимальне співвідношення температури плавлення та міцності, а також доступність і низьку ціну. Зовнішнє покриття плати виготовлене з паяльної маски зеленого кольору, яка захищає компоненти та мідні доріжки від пошкоджень та корозії. На рисунку зображено уже виведену плату:

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

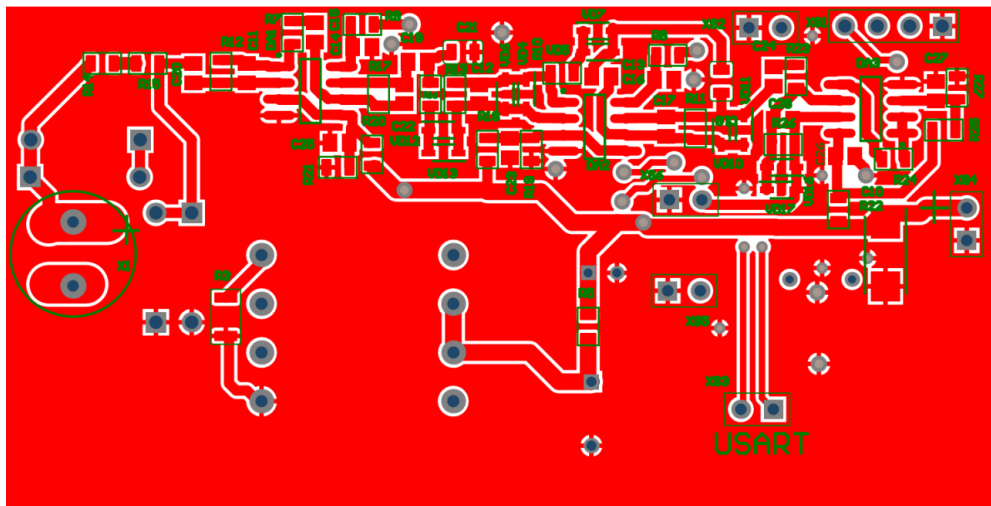


Рисунок 4.1 — Top Layer

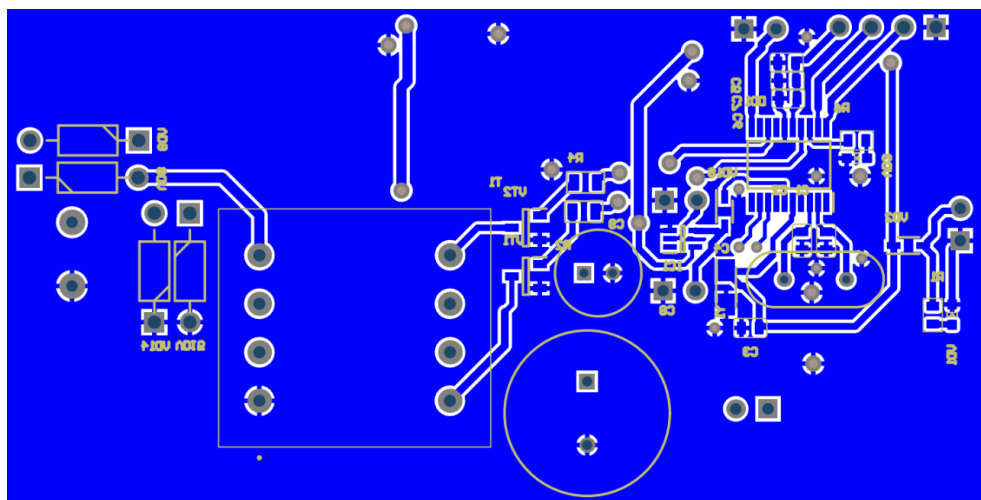


Рисунок 4.2 — Bottom Layer

4.3 Вибір класу точності плати та щільності виробництва

З огляду на високу щільність розміщення компонентів, вибір класу точності 2 (IPC-2221) є оптимальним. Це забезпечує необхідну точність монтажу та якість виготовлення плати. Використання SMD компонентів дозволяє значно зменшити розміри плати та покращити її функціональні можливості.

4.4 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків

Діаметр монтажних отворів для компонентів, таких як трансформатор EE16, визначається з урахуванням стандарту IPC-2221 і становить на 0,2 мм більше, ніж діаметр висновків компонентів. Розміри контактних майданчиків

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

визначаються типом та розмірами компонентів, і для SMD компонентів використовуються стандартні розміри майданчиків відповідно до типорозмірів 0603, 0805 та 1206.

4.5 Визначення габаритів та параметрів друкованого монтажу

Габарити плати визначаються розмірами корпусу пристрою та розташуванням компонентів. Для цієї системи оптимальні габарити плати складають 80 мм x 50 мм. Двошарова плата забезпечує ефективне розміщення компонентів та необхідні електричні з'єднання. Параметри друкованого монтажу включають ширину доріжок та відстань між ними, які визначаються згідно зі стандартом IPC-2221.[21] Мінімальна ширина доріжок для високощільного монтажу складає 0,15 мм, а мінімальна відстань між доріжками — 0,15 мм.

4.6 Трасування плати

Трасування плати включає розміщення доріжок для електричних з'єднань між компонентами. Використання двошарової плати дозволяє оптимально розмістити доріжки, забезпечуючи мінімальні перешкоди та високу надійність з'єднань. Особлива увага приділяється розміщенню живлення та заземлення для забезпечення стабільної роботи всіх компонентів системи. В результаті виконаних робіт створено друкований вузол. Його 3D вигляд представлений на рисунках 4.4 і 4.4.

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

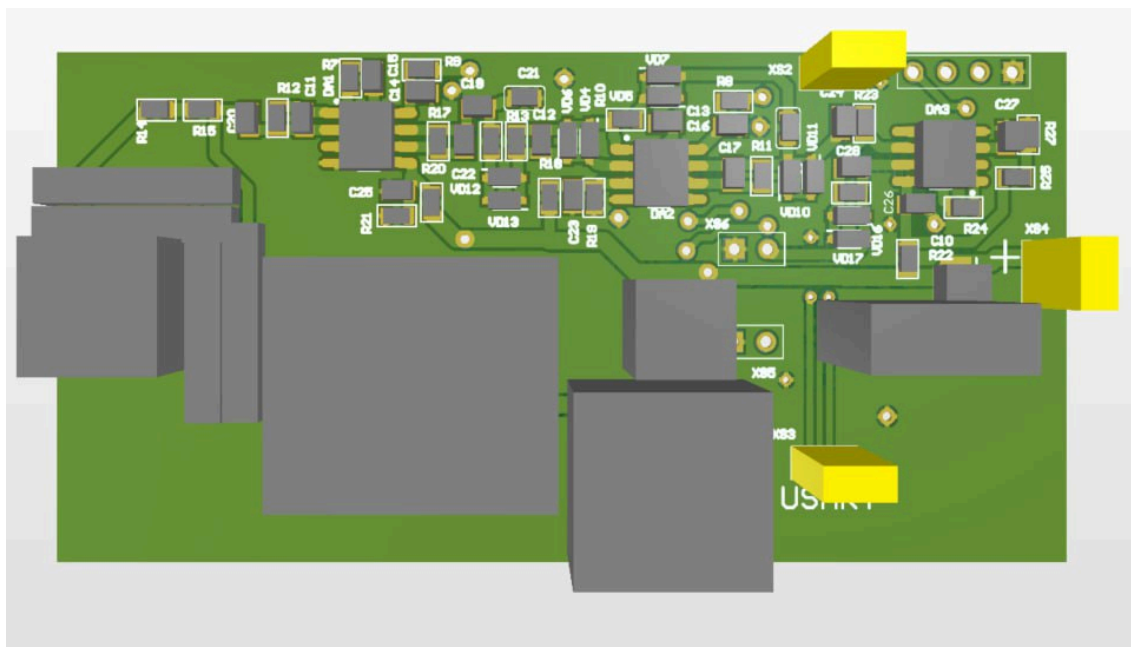


Рисунок 4.3 — Вид плати зверху 3D

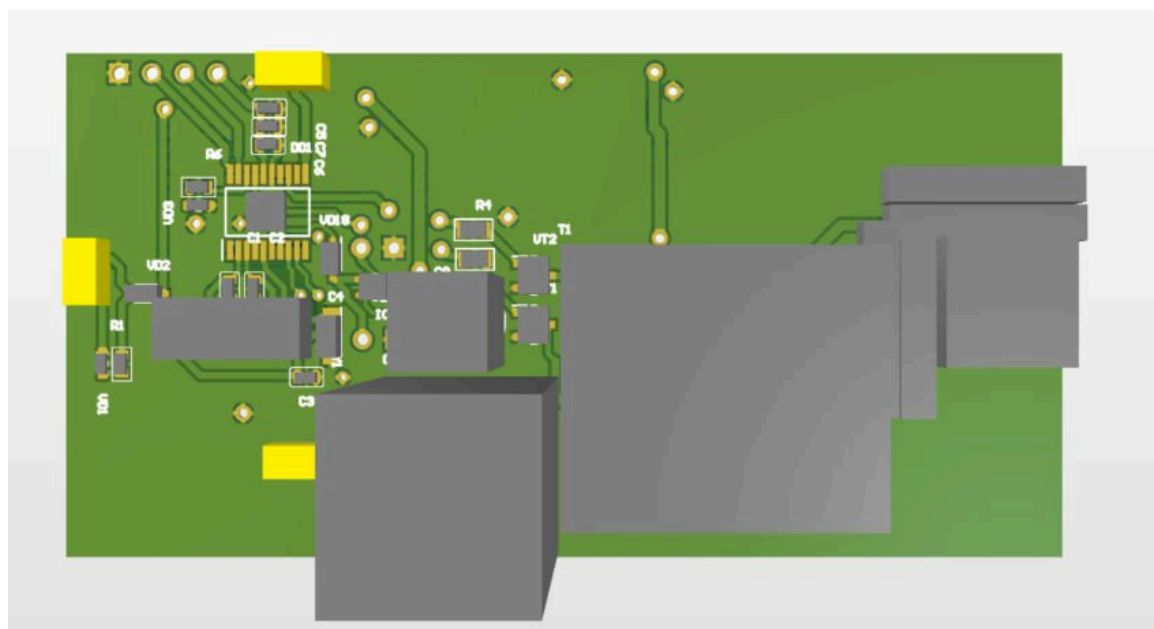


Рисунок 4.4 — Вид плати знизу 3D

Після завершення всіх попередніх етапів проектування, включаючи вибір компонентів, методів виготовлення та трасування доріжок, була розроблена та виготовлена друкована плата. Її фінальний вигляд демонструє всі необхідні електричні з'єднання, забезпечуючи основу для функціональності системи сповіщення про зіткнення з перешкодою. На рисунках 4.5 та 4.6 зображено уже виведену плату:

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.479311.001 ПЗ

Лист

40

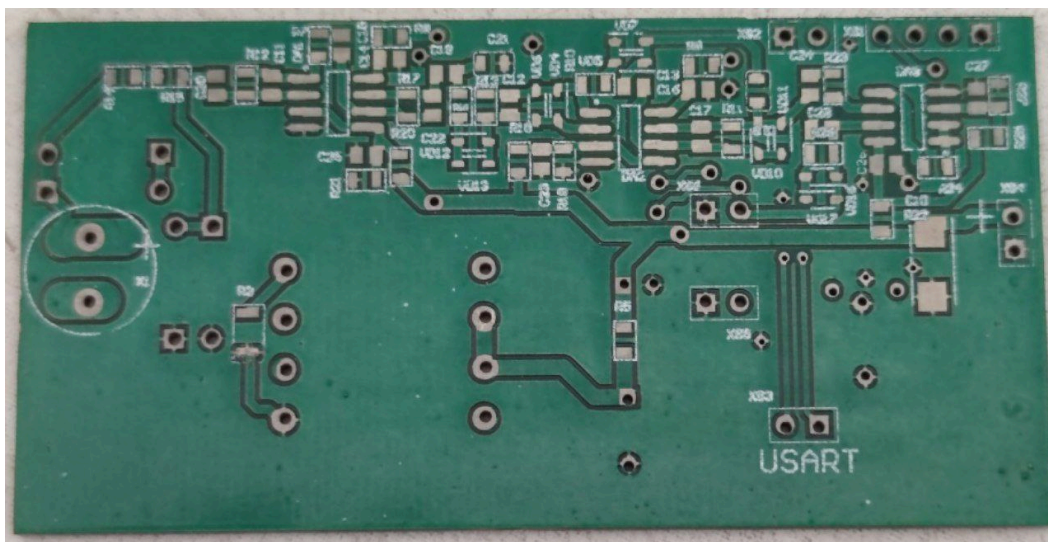


Рисунок 4.5 — Вид плати зверху

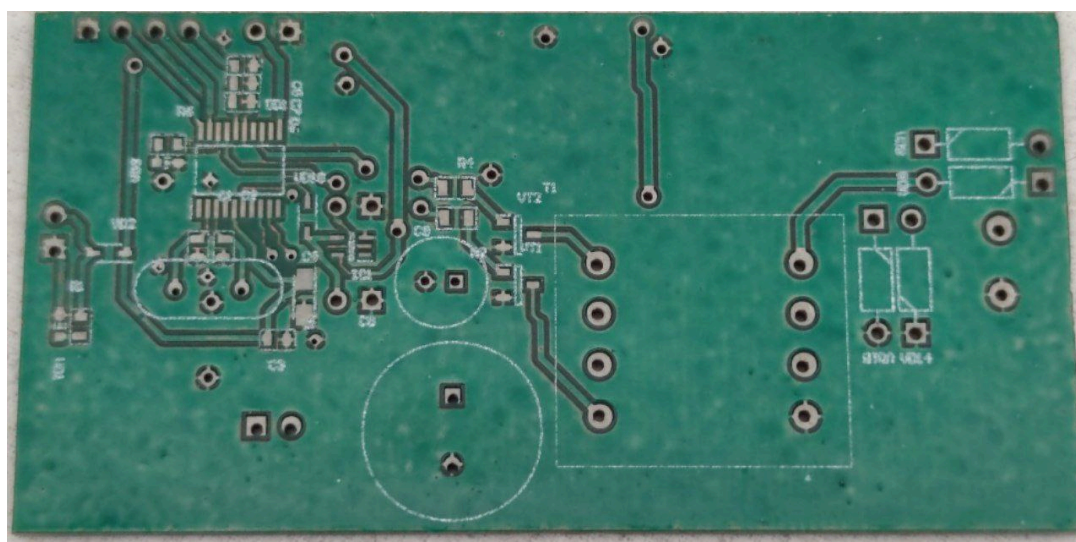


Рисунок 4.6 — Вид плати знизу

4.7 Висновок

Друкована плата забезпечує фізичне розміщення та з'єднання всіх компонентів системи. Для її реалізації було використано двошарову конструкцію, що дозволяє оптимально розмістити компоненти на верхньому та нижньому шарах, забезпечуючи зручні з'єднання між ними. Особлива увага під час розробки приділялася оптимізації трасування, щоб мінімізувати електромагнітні перешкоди і забезпечити надійне з'єднання всіх елементів системи. Зовнішнє покриття плати виготовлене з паяльної маски зеленого кольору, яка захищає компоненти та мідні доріжки від пошкоджень та корозії, забезпечуючи довготривалу надійність і стабільність роботи.

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було проведено всебічний аналіз і розробку системи, яка дозволяє точно виявляти перешкоди та завчасно попереджати про зіткнення. Ця система інтегрована в снаряд для враження перешкод і використовується для високої точності та надійності.

На початковому етапі проєкту було здійснено аналіз існуючих рішень на ринку, зокрема різних типів далекомірів. Було оцінено їхні переваги та недоліки, що дозволило обрати найкращий варіант для реалізації системи. Зокрема, було прийнято рішення використовувати ультразвуковий далекомір, відомий своєю високою точністю вимірювань і стійкістю до зовнішніх впливів.

Далі були розроблені структурна і електрична принципова схеми системи. Структурна схема ілюструє основні функціональні блоки системи та їх взаємодію, що дозволяє чітко визначити роль кожного компонента. Електрична принципова схема детально описує ці взаємодії, визначаючи конкретні електричні з'єднання та параметри. Для забезпечення точності та надійності системи були виведені формули, що дозволяють точно визначати висоту, швидкість і час до зіткнення з перешкодою.

Також був зроблений вибір компонентів, що здійснювався з урахуванням їх технічних характеристик, надійності та сумісності. Було обрано високоякісні мікроконтролери, підсилювачі, ультразвукові датчики та інші компоненти, які забезпечують стабільну та точну роботу системи. Одним з найважливіших етапів проєкту стало виготовлення друкованої плати так як це дозволило зібрати всі компоненти системи в компактну та надійну конструкцію.

Дана система сповіщення про зіткнення з перешкодою, може зробити важливий вклад для розвитку військового обладнання та наблизити Україну до перемоги.

					<i>PE02.479311.001 ПЗ</i>	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Далекоміри. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/7872180/page:10/> [1]
2. Соловей А. Модернізація лазерних далекомірів-висотомірів для потреб безпілотної авіації. URL: <https://inel.stu.cn.ua/konkurs/2019/Dalekomir.pdf> [2]
3. Radar Altimeters. URL: https://www.researchgate.net/publication/260275632_Radar_Altimeters [3]
4. Online Store. URL: https://dietlovemk.best/product_details/1732527.html [4]
5. Honeywell RDR-7000 Datasheet. URL: <https://fcc.report/FCC-ID/AOIRDR7000/4684536.pdf> [5]
6. McManamon P. F. LiDAR Technologies and Systems. SPIE, 2019. URL: <https://doi.org/10.1117/3.2518254> [6]
7. Velodyne HDL-64E Datasheet. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/velodynelidar/hdl-64e-datasheet/182407-676099.html> [7]
8. Sensors for Ultrasonic NDT in Harsh Environments. MDPI, 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03928-423-8> [8]
9. HCSR04 Datasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132204/ETC2/HCSR04.html> [9]
10. Donges A., Noll R. Laser Measurement Technology. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2015. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43634-9> [10]
11. PCE-LRF 500 Datasheet. URL: <https://inquality.gr/wp-content/uploads/2021/05/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF-PCE.pdf> [11]
12. STM32F070F6P6 Datasheet. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/electronic-components/datasheet/STM32F070F6P6--STMicroelectronics/> [12]

13. CUSA-TR80-065-2000-TH68 Datasheet. URL: <https://www.cuideo.com/product/resource/cusa-tr80-065-2000-th68.pdf> [13]
14. EE16-A2 SMPS High Frequency 10 Watt PCB Mount Transformer | Sharvielectronics. URL: <https://sharvielectronics.com/product/ee16-a2-smps-high-frequency-10-watt-pcb-mount-transformer/> [14]
15. EE16 Transformer Datasheet. URL: <https://www.digimkey.com/htmldatasheets/production/1816491/0/0/1/ee16-transformers-prelim.html> [15]
16. LM833N Datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/11676/ONSEMI/LM833N.html> [16]
17. LM833N Dual Low Noise, High Speed and Wide Bandwidth Operational Amplifier Op Amp Breadboard-Friendly IC DIP-8 - 15. URL: <https://reverb.com/item/36276759-lm833n-nopb-lm833n-lm833-lm833-n-dual-low-noise-high-speed-and-wide-bandwidth-operational-amplifier-op-amp-breadboard-friendly-ic-dip-8-15> [17]
18. LMV358M Datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/784687/TI1/LMV358M.html> [18]
19. LMV358M National Integrated Circuit. Antonios Maniatis Panagiotis. URL: <https://www.radio741.com/60609-lmv358m-national-integrated-circuit.html> [19]
20. 74AHCT1G14GW Datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15214/PHILIPS/74AHCT1G14GW.html> [20]
21. Застосування стандарту IPC 2221 до проектування друкованих плат. - Jhdpcb. URL: <https://jhdpcb.com/blog/ipc-2221-pcb-design-standard/> [21]

ДОДАТКИ

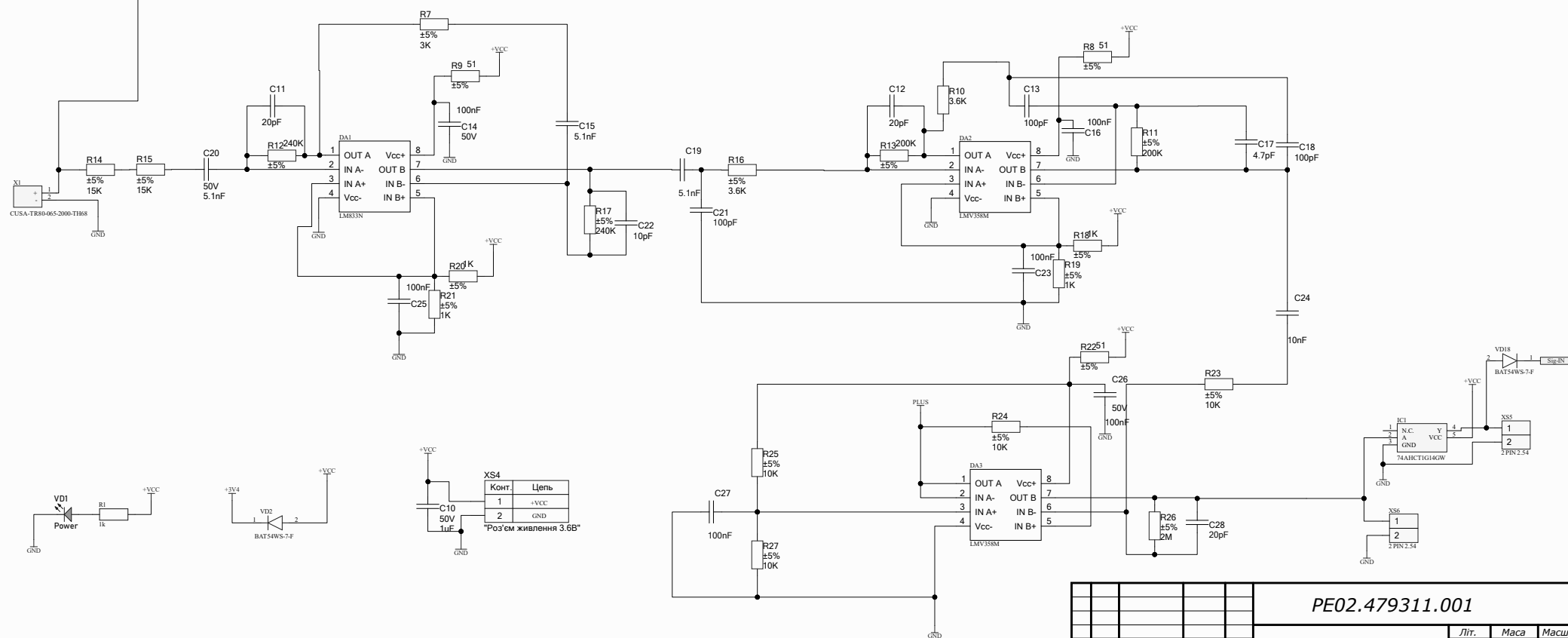
Додаток А — Схема електрична принципова;

Додаток Б — Перелік елементів

Додаток В — Друкована плата

					РЕ02.479311.001 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А



					PE02.479311.001			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система сповіщення про зіткнення з перешкодою Схема електрична принципова		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Колеснік Б.Г							
Перев.	Мовчанюк А.В							
Т. контр.						Лист 1	Листів 1	
Н. контр.						"КПІ" РТФ, PE-02		
Затв.	Мовчанюк А.В							

ДОДАТОК Б

Позначення					Найменування					Кільк.	Прим.				
					<u>Конденсатори</u>										
C1, C2					20pF CAP CER 20PF 50V					2					
C3					10nF CAP CER 20PF 50V					1					
C4					TAJA105K016R Capacitor Polarised					1					
C5					4.7uF CAP CER 20PF 50V C					1					
C6, C7					100nF CAP CER 20PF 50V					2					
C8					4700uF 6.3 Capacitor Polarised					1					
C9					470uF/6.3V Capacitor Polarised					1					
C10					Ceramic capacitor, 1uF, X7R, ±10%, 50V					1					
C11, C12					Ceramic capacitor, 0, X7R, ±10%, 20pF					2					
C13					Ceramic capacitor, 0, X7R, ±10%, 100pF					1					
C14, C16, C23, C25, C26, C27					Ceramic capacitor, 100nF, X7R, ±10%, 50V					6					
C15					Ceramic capacitor, 5.1nF, X7R, ±10%, 0					1					
C17					Ceramic capacitor, 4.7pF, X7R, ±10%, 0					1					
C18					Ceramic capacitor, 100pF, X7R, ±10%,					1					
C19, C20					Ceramic capacitor, 5.1nF, X7R, ±10%, 50V					2					
C21					Ceramic capacitor, 100pF, X7R, ±10%, 50V					1					
C22					Ceramic capacitor, 10pF, X7R, ±10%, 0					1					
C24, C28					Ceramic capacitor, 20pF, X7R, ±10%, 50V					2					
					<u>Резистори</u>										
R1, R6					1k RES SMD 1K OHM 1% 1/10W					2					
R2, R4, R23, R24, R25, R27					Resistor film, 10K, ±5%, 0.25W					6					
R3					Resistor film, 30k, ±5%, 0.25W					1					
R5					Resistor film, 15, ±5%, 0.25W					1					
					PE02.479311.001 ПЕ										
		№ докум.	Підпис	Дата											
Розробив	Колеснік Б.				Система сповіщення про зіткнення з перешкодою					Лім.		Арк.		Аркушів	
Перевір.	Мовчанюк											1		2	
Реценз.										НТУУ «КПІ» РТФ					
Н. Контр															
Затверд.															

<i>Позначення</i>		<i>Назва</i>			<i>Кільк.</i>	<i>Прим.</i>
R7		Resistor film, 3K, $\pm 5\%$, 0.25W			1	
R8, R9, R22		Resistor film, 51, $\pm 5\%$, 0.25W			3	
R10, R16		Resistor film, 3.6K, $\pm 5\%$, 0.25W			2	
R11, R13		Resistor film, 200K, $\pm 5\%$, 0.25W			2	
R12, R17		Resistor film, 240K, $\pm 5\%$, 0.25W			2	
R14, R15		Resistor film, 15K, $\pm 5\%$, 0.25W			2	
R18, R19, R20, R21		Resistor film, 1K, $\pm 5\%$, 0.25W			4	
R26		Resistor film, 2M, $\pm 5\%$, 0.25W			1	
		<u>Діоди</u>				
VD1		Power LED GREEN DIFFUSED SMD			1	
VD2, VD18		BAT54WS-7-F Diode			1	
VD3		For debug LED GREEN DIFFUSED SMD			1	
		<u>Інтегральні схеми</u>				
DA1		LM833N			1	
DA2, DA3		LMV358M			2	
DD1		STM32F070F6P6 Integrated Circuit			1	
IC1		74AHCT1G14GW Integrated Circuit			1	
		<u>Транзистори</u>				
VT1, VT2		BSS138 PBF MOSFET (N-Channel)			2	
		<u>Конектори</u>				
XS1		4 PIN CONN 4 PIN 2.54			1	
XS2, XS3, XS4		Connector, 2pin, 2.54mm, 250VAC, 3A			3	
XS5, XS6		2 PIN 2.54 CONN 2 PIN 2.54			2	
		<u>Трансформатори</u>				
T1		EE16 Transformer			1	
		<u>Кристали</u>				
Y1		8.000MHz_HC49 Crystal or Oscillator			1	
					PE02.479311.001 ПЕ	
Зм.	Арх.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

