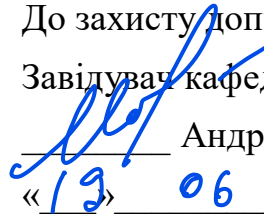


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАДІОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК

«19» 06 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

Зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

на тему: «Детектор руху на ефекті Доплера»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РЕ-02

Фіголь Владислав Юрійович

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Новосад Андрій Анатолійович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові

підпис

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Детектор руху на ефекті Доплера»**

Київ — 2024 року

АНОТАЦІЯ


Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом 74 сторінок, включає 34 рисунки, 5 таблиць, 7 додатків та 9 посилань. Метою даного проекту є розробка детектора руху на основі ефекту Доплера, який забезпечує високу точність і надійність виявлення рухомих об'єктів на близьких відстанях. Такий детектор буде особливо корисним у сферах безпеки, де необхідна швидка реакція на виявлення руху, а також у системах автоматизації, де важлива точність і стабільність роботи. У проекті було проведено огляд існуючих аналогів, обрано тип конструкції та чутливі елементи, а також спосіб інформування користувача. Розглянуто електричну принципову схему, розроблено друковану плату і корпус. Пристрій призначений для монтажу на стіні або стелі і має можливість регулювання за допомогою рухомого кріплення.

ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note of 74 pages, includes 34 figures, 5 tables, 7 appendices and 9 references. The purpose of this project is to develop a motion detector based on the Doppler effect, which ensures high accuracy and reliability of detecting moving objects at close distances. Such a detector will be especially useful in security areas, where a quick response to motion detection is required, as well as in automation systems, where accuracy and stability of operation are important. In the project, a review of existing analogues was carried out, the type of construction and sensitive elements, as well as the method of informing the user, were selected. The electrical schematic diagram was considered, the printed circuit board and the case were developed. The device is intended for installation on the wall or ceiling and has the possibility of adjustment using a movable mount.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ	5
1.1 Ефект Доплера	5
1.2 Сучасні методи виявлення руху на основі ефекту Доплера	5
1.3 Обробка сигналів у доплерівських системах	8
1.4 Аналіз ринку мікрохвильових датчиків руху	8
1.4.1 Ринкові пропозиції.....	9
1.4.2 Порівняння характеристик(Таблиця 1.1).....	11
1.4.3 Области застосування аналогів	11
1.4.4 Переваги та недоліки аналогів(Таблиця 1.2).....	12
1.5 Використання мікрохвильового датчика руху НВ100.....	12
1.6 Висновки до розділу	15
2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ДЕТЕКТОРА РУХУ	16
2.1 Структурна схема	16
2.2 Вибір компонентів.....	16
2.3 Принцип роботи мікрохвильового датчика НВ100	20
2.4 Схема електрична принципова	20
2.5 Розробка принципової електричної схеми для пристрою	23
2.6 Тестування та оцінка працездатності детектора руху	24
2.7 Аналіз результатів	27
2.8 Розрахунок розміру друкованої плати та її проектування	28

					PE02.425149.001 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Фіголь В.Ю.</i>			Детектор руху на ефекті Доплера	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Новосад А.А.</i>				1	74	
					PE-02 РТФ			

2.9 Висновки до розділу	31
3. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА ДЕТЕКТОРА РУХУ	33
3.1 Основні вимоги до програмного забезпечення	33
3.2 Обробка вхідного сигналу	33
3.3 Аналіз сигналу	33
3.4 Індикація результатів	34
3.5 Управління системою	34
3.6 Алгоритм роботи програмного забезпечення	34
3.7 Висновки до розділу	35
4. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ	36
5. ПРОЕКТУВАННЯ КОРПУСУ ПРИЛАДУ	38
5.1 Корпус приладу	38
6. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРИЛАДУ	44
6.1 Аналіз компонентів для надійності	44
6.2 Розрахунок інтенсивності відмов для кожного компонента	44
6.2.1 Потенціометр	45
7. ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТА	49
7.1 Рекомендації щодо вдосконалення	49
7.2 Перспективи подальших досліджень	49
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТОК А	54
ДОДАТОК Б	57
ДОДАТОК В	59

ДОДАТОК Г	61
ДОДАТОК Г'.....	63
ДОДАТОК Д.....	65
ДОДАТОК Е.....	67

					<i>PE02.425149.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП - Аналого-цифровий перетворювач

ОП - Операційний підсилювач

ПЗ - Програмне забезпечення

STM - Сімейство мікроконтролерів STM32

SMD - Поверхнево-монтавні компоненти (Surface Mounted Device)

FR-4 - Тип матеріалу друкованої плати (Flame Retardant 4)

IF - Проміжна частота (Intermediate Frequency)

LED - Світлодіод (Light Emitting Diode)

LM - Лінійний підсилювач (Linear Amplifier)

					<i>PE02.425149.001 ПЗ</i>	Лис
						2
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Використання ефекту Доплера для виявлення руху є одним із найефективніших методів, що дозволяє точно визначати швидкість і напрямок руху об'єктів. Це робить його незамінним інструментом у системах контролю та моніторингу. З розвитком технологій і зростанням вимог до безпеки та автоматизації з'являється потреба у створенні більш точних і надійних систем виявлення руху. Ефект Доплера, який базується на зміні частоти хвилі внаслідок руху джерела або приймача, дозволяє розробляти такі системи. Це відкриває нові можливості для вдосконалення існуючих технологій та створення інноваційних рішень.

Системи виявлення руху на основі ефекту Доплера працюють за принципом випромінювання хвиль (наприклад, мікрохвильового сигналу) і прийому їх відбиття від рухомих об'єктів. Коли об'єкт рухається до або від датчика, частота відбитого сигналу змінюється. Ця зміна частоти (доплерівський зсув) аналізується для визначення швидкості та напрямку руху.

Основні застосування:

- Системи безпеки:

Мікрохвильові датчики руху, що використовують ефект Доплера, часто застосовуються в системах безпеки для охорони периметрів, будівель та інших об'єктів. Вони здатні виявляти рух навіть за відсутності видимого світла і в умовах поганої погоди, що робить їх ідеальними для забезпечення безпеки в різних умовах.

- Автоматизація будівель:

У системах розумних будинків і автоматизації будівель мікрохвильові датчики руху використовуються для керування освітленням, опаленням та вентиляцією. Вони допомагають економити енергію, автоматично вимикаючи освітлення та інші системи, коли в приміщенні немає руху.

- Промислова автоматизація:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

У промислових умовах системи виявлення руху на основі ефекту Доплера застосовуються для контролю за роботою обладнання, моніторингу конвеєрних ліній та забезпечення безпеки робочих зон. Вони можуть виявляти рух техніки та працівників, попереджуючи про можливі небезпеки.

- Транспортні системи:

На транспорті мікрохвильові датчики руху використовуються в системах контролю трафіку, автоматичних бар'єрах і системах паркування. Вони допомагають виявляти рух транспортних засобів і керувати потоком транспорту для підвищення безпеки та ефективності.

- Медична діагностика:

В медицині ефект Доплера застосовується в ультразвукових апаратах для вимірювання швидкості кровотоку в судинах. Це дозволяє діагностувати серцево-судинні захворювання та інші порушення кровообігу.

Метою даного проекту є розробка детектора руху на основі ефекту Доплера, який забезпечує високу точність і надійність виявлення рухомих об'єктів на близьких відстанях. Такий детектор буде особливо корисним у сферах безпеки, де потрібна швидка реакція на виявлення руху, а також у системах автоматизації, де важлива точність і стабільність роботи.

Розробка такого детектора має велике значення в контексті розширення можливостей автоматизації та підвищення рівня безпеки в різних сферах, включаючи промислові, комерційні та побутові застосування. Інноваційні рішення на основі ефекту Доплера сприяють створенню більш розумних та ефективних систем, здатних адаптуватися до змінних умов та вимог користувачів.

					PE02.425149.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

1.1 Ефект Доплера

Ефект Доплера(Рис.1.1). Коли джерело хвиль (наприклад, мікрохвильовий датчик) і об'єкт, від якого хвилі відбиваються, рухаються відносно один одного, частота відбитих хвиль змінюється. Якщо об'єкт наближається до датчика, частота відбитих хвиль зростає; якщо віддаляється — зменшується. Ця зміна частоти називається доплерівським зсувом. Доплерівський зсув дозволяє визначати швидкість і напрямок руху об'єктів.

Яскравим прикладом цього ефекту є звук автомобіля, який наближається до нас: спочатку звук підвищується, а коли автомобіль віддаляється, звук знижується[1].

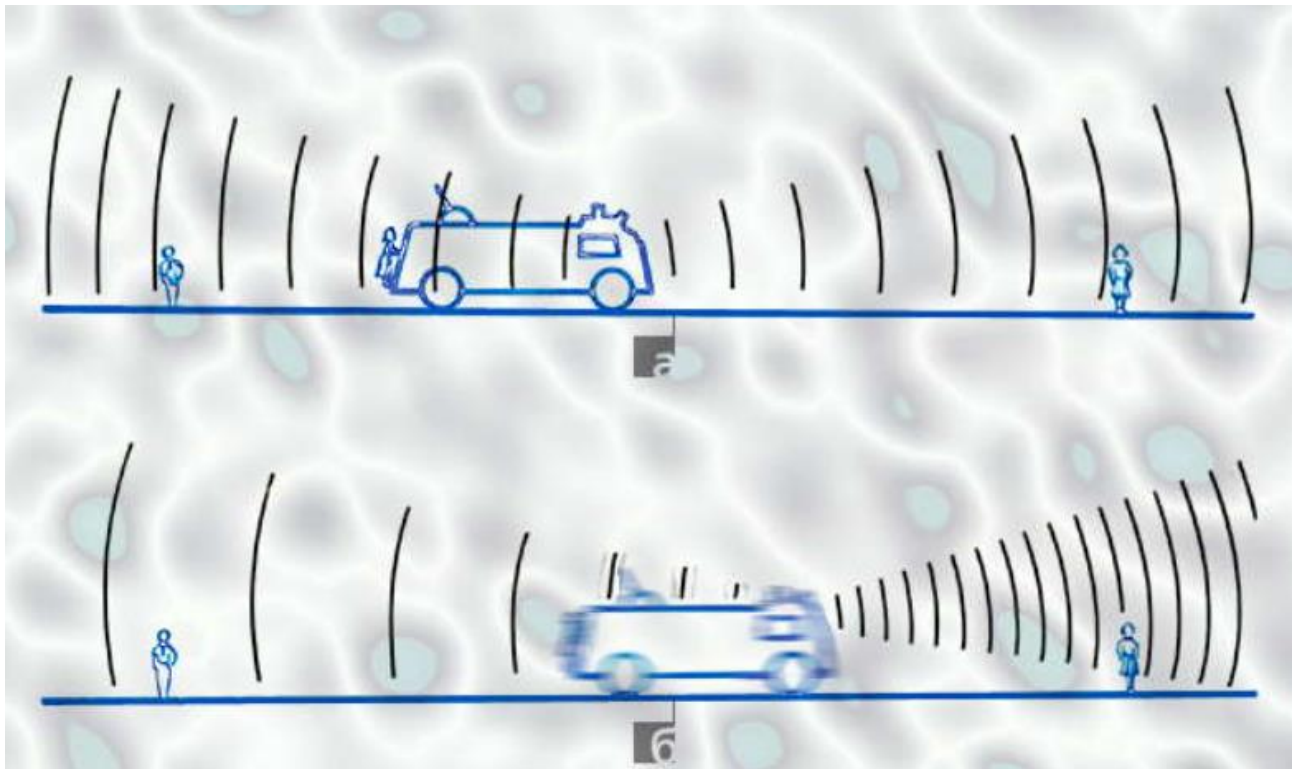


Рисунок 1.1 — Ефект Доплера

1.2 Сучасні методи виявлення руху на основі ефекту Доплера

Існує кілька сучасних методів, що використовують ефект Доплера для виявлення руху.

Мікрохвильовий радарний метод є одним із найсучасніших і найефективніших методів виявлення руху на основі ефекту Доплера. Цей

					РЕ02.425149.001 ПЗ	Лис
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

метод використовує мікрохвильові сигнали для визначення руху об'єктів. Принцип дії полягає в наступному:

Випромінювання мікрохвильового сигналу: Датчик, випромінює мікрохвильовий сигнал у напрямку можливого руху об'єктів.

Прийом відбитого сигналу: Сигнал, відбитий від рухомих об'єктів, повертається до датчика.

Аналіз зміни частоти: Зміна частоти відбитого сигналу (доплерівський зсув) аналізується для визначення швидкості та напрямку руху об'єктів.

Цей метод має ряд переваг:

- Висока точність і чутливість: Мікрохвильові радарні датчики можуть виявляти навіть незначні зміни у русі об'єктів.

- Незалежність від освітлення: Мікрохвильові сигнали не залежать від умов освітлення, що дозволяє використовувати датчики у будь-який час доби.

- Проникність через матеріали: Мікрохвильові сигнали можуть проникати через більшість неметалевих матеріалів, що дозволяє виявляти рух за перешкодами.

Інші сучасні методи виявлення руху на основі ефекту Доплера

Інфрачервоні доплерівські датчики:

- Використовують інфрачервоне випромінювання для виявлення руху.

При зміні частоти відбитого інфрачервоного сигналу можна визначити рух об'єкта. Цей метод зазвичай застосовується в охоронних системах і системах автоматизації приміщень.

- Переваги: Висока точність у визначенні об'єктів, які виділяють тепло.

- Недоліки: Обмежена дальність дії, чутливість до змін температури навколишнього середовища.

Ультразвукові доплерівські датчики:

- Використовують ультразвукові хвилі для виявлення руху. Частота ультразвукових хвиль змінюється при відбитті від рухомих об'єктів, що дозволяє визначити їх рух.

- Переваги: Висока точність і можливість використання у приміщеннях з перешкодами.

					РЕ02.425149.001 ПЗ	Лис
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- Недоліки: Обмежена дальність дії, вплив атмосферних умов (наприклад, вологість, температура).

Лідарні системи:

- Використовують лазерні імпульси для виявлення руху. Зміна частоти відбитих лазерних імпульсів дозволяє визначати швидкість і напрямок руху.

- Переваги: Висока точність і роздільна здатність, здатність створювати детальні тривимірні зображення.

- Недоліки: Висока вартість, обмежена дальність дії у поганих погодних умовах.

У данному дипломному проекті буде використовуватися мікрохвильовий радарний метод виявлення руху на основі ефекту Доплера з кількох ключових причин. Цей метод забезпечує ряд переваг, які роблять його оптимальним вибором для нашої системи виявлення руху.

Причини вибору мікрохвильового радарного методу

Мікрохвильові радарні системи здатні виявляти навіть найменші зміни у русі об'єктів. Це дозволяє забезпечити високий рівень точності, що є критично важливим для завдань безпеки і автоматизації. Висока чутливість системи дозволяє реагувати на найменші рухи, що підвищує ефективність роботи.

Мікрохвильові сигнали не залежать від рівня освітлення, що дозволяє використовувати системи як у денний, так і в нічний час. Це особливо важливо для систем безпеки, які повинні функціонувати цілодобово. Крім того, система працює ефективно в приміщеннях з поганим освітленням або повною відсутністю світла.

Мікрохвильові радарні системи менше піддаються впливу атмосферних умов, таких як дощ, туман або сніг, у порівнянні з оптичними або інфрачервоними системами. Це забезпечує стабільну роботу системи у різних погодних умовах, що є важливим для зовнішніх систем виявлення руху.

Проникність через матеріали

Мікрохвильові сигнали можуть проникати через більшість неметалевих матеріалів, таких як стіни, двері або вікна. Це дозволяє системі виявляти рух

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єктів, навіть якщо вони знаходяться за перешкодами, що розширює можливості застосування.

Мікрохвильові радарні системи можуть покривати значні відстані, що робить їх придатними для використання як у великих приміщеннях, так і на відкритих територіях. Це дозволяє створювати масштабовані системи виявлення руху, які можуть ефективно охоплювати великі зони.

Доплерівський ефект дозволяє миттєво виявляти зміни в русі, що є важливим для систем безпеки і автоматизації, де час реагування є критичним. Мікрохвильові радарні системи забезпечують швидку обробку сигналу, що дозволяє миттєво реагувати на виявлений рух.

Таким чином, мікрохвильовий радарний метод на основі ефекту Доплера є оптимальним вибором для нашого дипломного проекту. Він забезпечує високу точність, надійність і ефективність виявлення руху, що відповідає вимогам сучасних технологій безпеки та автоматизації.

1.3 Обробка сигналів у доплерівських системах

Обробка сигналів відіграє ключову роль у доплерівських системах виявлення руху. Основні етапи обробки включають:

1.Фільтрація: Видалення шумів та інтерференції з отриманого сигналу. Це може бути досягнуто за допомогою різних методів фільтрації, таких як фільтри нижніх частот, фільтри Калмана та інші.

2.Перетворення Фур'є: Використовується для перетворення сигналу з часової області в частотну, що дозволяє визначити частотні компоненти сигналу та їх зміни.

3.Аналіз частотного спектра: Допомагає виявити доплерівське зсування частоти та, відповідно, швидкість руху об'єкта.

1.4 Аналіз ринку мікрохвильових датчиків руху

Аналіз ринку мікрохвильових датчиків руху є важливим кроком для розуміння поточних тенденцій, оцінки доступних технологій і вибору оптимальних рішень для конкретних завдань. Цей розділ допоможе виявити основні характеристики мікрохвильових датчиків, оцінити їх переваги та

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						8
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

недоліки, а також визначити. Цей аналіз допоможе прийняти рішення щодо вибору мікрохвильового датчика руху.

1.4.1 Ринкові пропозиції

Doppler Radar Motion Sensor Module (RCWL-0516) (Рис1.2)[2]:

- Характеристики: Працює на частоті 3.2 ГГц, має високу чутливість до руху на відстані до 7 метрів. Відрізняється низьким споживанням енергії.
- Застосування: Широко використовується в системах освітлення, автоматичних дверях та охоронних системах.

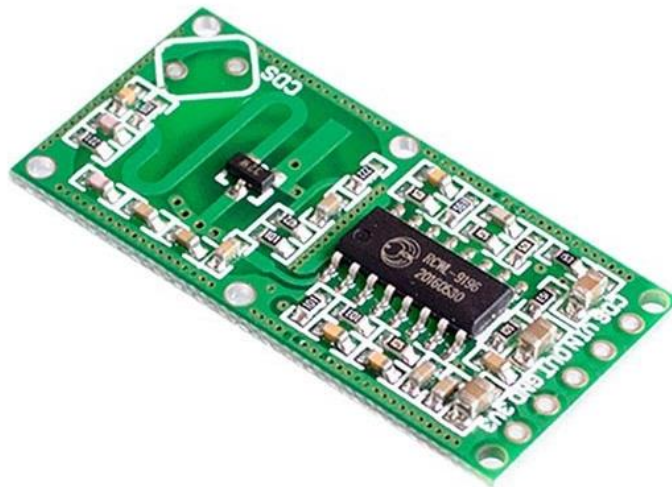


Рисунок 1.2 — Doppler Radar Motion Sensor Module (RCWL-0516)

Microwave Motion Sensor Module (CDM324) (Рис1.3)[3]:

- Характеристики: Працює на частоті 24 ГГц, забезпечує точне виявлення руху на відстані до 10 метрів. Має інтегрований підсилювач та фільтр.
- Застосування: Використовується у системах безпеки, промисловій автоматизації та транспортних системах.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис

9



Рисунок 1.3 — Microwave Motion Sensor Module (CDM324)

К-LD2 Microwave Sensor(Рис1.4)[4]:

- Характеристики: Працює на частоті 24 ГГц, має високу точність і стабільність, забезпечує виявлення руху на відстані до 15 метрів. Підтримує цифровий інтерфейс для передачі даних.

- Застосування: Придатний для використання в системах безпеки, автоматизації будівель та інтелектуальних транспортних системах.

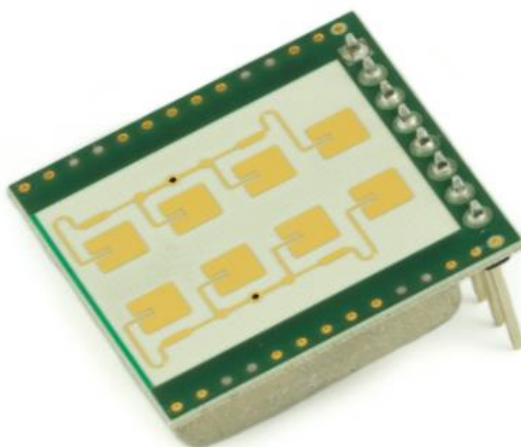


Рисунок 1.4 — K-LD2 Microwave Sensor

НВ100 Microwave Motion Sensor Module(Рис1.5)[5]:

- Характеристики: Працює на частоті 10,525 ГГц, забезпечує виявлення руху на відстані до 20 метрів. Має високу чутливість та стабільність роботи.

- Застосування: Використовується у системах безпеки, автоматизації та медичних приладах.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис
10



Рисунок 1.5—Мікрохвильовий датчик руху HB100

1.4.2 Порівняння характеристик(Таблиця 1.1)

Модель	Частота	Дальність дії	Споживання енергії	Особливості
RCWL-0516	3.2 ГГц	до 7 м	Низьке	Низька ціна, легкість інтеграції
CDM324	24 ГГц	до 10 м	Середнє	Вбудований підсилювач та фільтр
K-LD2	24 ГГц	до 15 м	Середнє	Висока точність, цифровий інтерфейс
HB100	10,525 ГГц	до 20 м	Низьке	Висока чутливість та стабільність

1.4.3 Області застосування аналогів

Системи безпеки:

- Всі аналоги, включаючи HB100, широко використовуються у системах безпеки для виявлення несанкціонованого проникнення.

Автоматизація будівель:

- RCWL-0516 та K-LD2 активно застосовуються у системах управління освітленням та вентиляцією.

Промислова автоматизація:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						11
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- CDM324 та K-LD2 використовуються у промислових системах для контролю виробничих процесів та роботів.

Транспорт:

- K-LD2 та HB100 застосовуються у системах допомоги водієві та безпеки транспортних засобів.

1.4.4 Переваги та недоліки аналогів(Таблиця 1.2)

Модель	Переваги	Недоліки
RCWL-0516	Низька ціна, простота інтеграції	Обмежена дальність дії, нижча точність
CDM324	Висока точність, вбудований підсилювач	Вища ціна, середнє споживання енергії
K-LD2	Висока точність, цифровий інтерфейс	Висока ціна, складність інтеграції
HB100	Висока чутливість, стабільність роботи	Обмежена підтримка інтерфейсів, нижча частота

Аналіз ринку мікрохвильових датчиків руху показує, що існують різні моделі, які можуть задовольнити різноманітні потреби виявлення руху. Вибір конкретного датчика залежить від вимог до дальності дії, точності, споживання енергії та особливостей інтеграції.

Для реалізації проекту буде використаний мікрохвильовий датчик руху HB100.

1.5 Використання мікрохвильового датчика руху HB100

Датчик HB100 працює на частоті 10,525 ГГц і має високу чутливість яка становить приблизно -100 дБм для відбитого сигналу. Це означає, що датчик здатний виявляти дуже слабкі відбиті сигнали, що робить його ефективним для виявлення рухомих об'єктів на різних відстанях у межах його дії. HB100

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		12

використовує принцип доплерівського ефекту для визначення швидкості та напрямку руху. Основні переваги цього датчика включають:

Висока чутливість: чутливість датчика становить близько -100 дБм для відбитого сигналу. Це дозволяє йому ефективно виявляти рухомі об'єкти на різних відстанях у межах його дії. Завдяки такій чутливості, НВ100 може використовуватися у різних застосуваннях, де потрібна висока точність виявлення руху.

Низька потужність: Датчик споживає близько 25 мА при напрузі живлення 5 В. Це означає, що загальна споживана потужність становить приблизно 125 мВт. Це дозволяє використовувати його в автономних системах з живленням від батарей.

Компактні розміри(Рис.1.6): Невеликий розмір датчика дозволяє легко інтегрувати його в різні пристрої та системи.

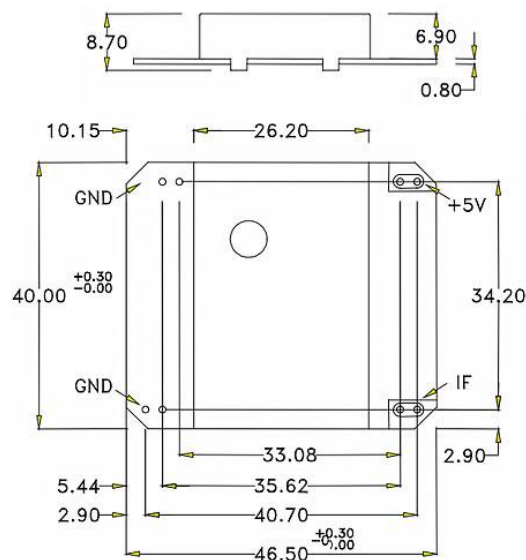


Рисунок 1.6 — Розміри мікрохвильового датчика руху НВ100[5]

Надійність: Мікрохвильова технологія забезпечує стабільну роботу датчика в різних умовах навколишнього середовища, забезпечуючи стабільне і надійне виявлення руху. Основні характеристики його експлуатаційних умов включають:

Температурний діапазон: НВ100 здатний працювати в широкому діапазоні температур, зазвичай від -20°C до +60°C. Це дозволяє

використовувати його в різних кліматичних умовах, від холодних до жарких регіонів.

Вологість: Датчик може працювати в умовах високої вологості, проте важливо уникати конденсації. Зазвичай датчик працює при відносній вологості до 95% без конденсації. Це робить його придатним для використання як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі.

Освітленість: Оскільки мікрохвильові датчики не залежать від умов освітлення, НВ100 може ефективно працювати як у денний, так і в нічний час, а також у приміщеннях з низьким рівнем освітленості.

Перешкоди: Мікрохвильові датчики менш чутливі до перешкод від електромагнітного випромінювання порівняно з деякими іншими технологіями виявлення руху. Це дозволяє використовувати НВ100 в умовах з високим рівнем електромагнітних перешкод, таких як промислові зони.

Загалом, НВ100 є універсальним датчиком, який може ефективно працювати в різних умовах навколишнього середовища, забезпечуючи високу надійність і точність виявлення руху. Розпіновка датчика НВ100 наведена на рисунку 1.7[6].

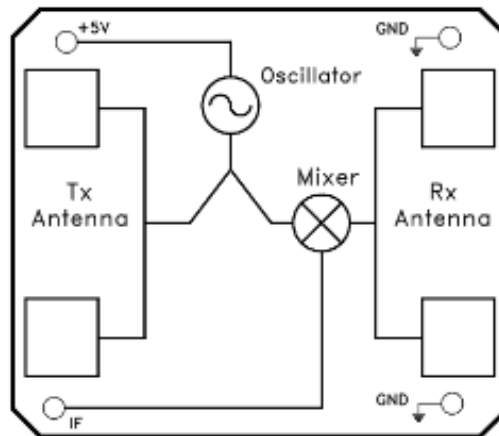
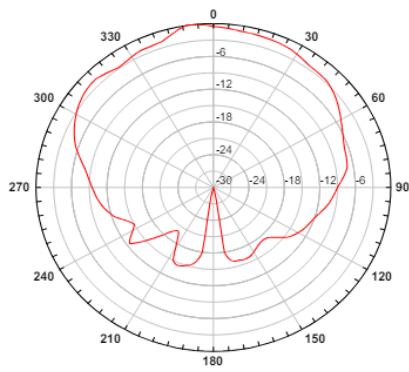


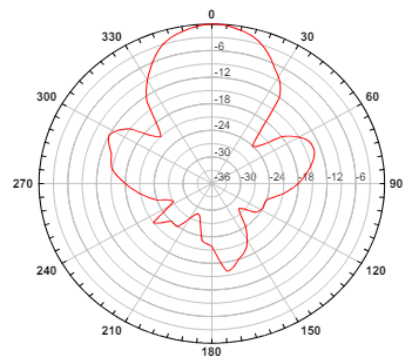
Рисунок 1.7 — Розпіновка датчика НВ100

Діаграма направленості цього датчика показана на рисунку 1.8[6].

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		14



Azimuth



Elevation

Рисунок 1.8 — Діаграма направленості NB100

1.6 Висновки до розділу

У цьому розділі дипломного проекту було проведено теоретичний огляд та аналіз основних аспектів, пов'язаних з розробкою детектора руху на основі ефекту Доплера. Зокрема, розглянуто фундаментальні принципи роботи мікрохвильових датчиків, такі як ефект Доплера, який є основою для виявлення руху. Було виконано огляд ринку мікрохвильових датчиків руху, зокрема проаналізовано основні характеристики та переваги різних моделей, таких як NB100, RCWL-0516, CDM324 та K-LD2. Це дозволило визначити оптимальний вибір компонентів для реалізації проекту. Особливу увагу приділено мікрохвильовому датчику NB100, який був обраний завдяки своїй високій чутливості, стабільності роботи та точності визначення руху.

<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

PE02.425149.001 ПЗ

2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ДЕТЕКТОРА РУХУ

2.1 Структурна схема

Опис роботи схеми(Рис.2.0):

Датчик НВ100 виявляє рух об'єкта, випромінюючи мікрохвильовий сигнал та приймаючи відбитий сигнал. Зміни частоти сигналу вказують на рух об'єкта. Отриманий сигнал передається на Підсилювач, який збільшує амплітуду сигналу для подальшої обробки. Підсилений сигнал передається на АЦП, де він перетворюється з аналогового у цифровий формат. Мікроконтролер приймає цифровий сигнал від АЦП і виконує обробку даних для визначення швидкості та напрямку руху об'єкта. Він також може виконувати додаткові функції, такі як контроль індикації стану системи або передача даних до інших систем. Пристрій виводу забезпечує виведення обробленої інформації на зовнішні пристрої або системи. Це може бути вивід даних на дисплей, активація сигнальних ламп, передача даних до інших систем моніторингу або управління.

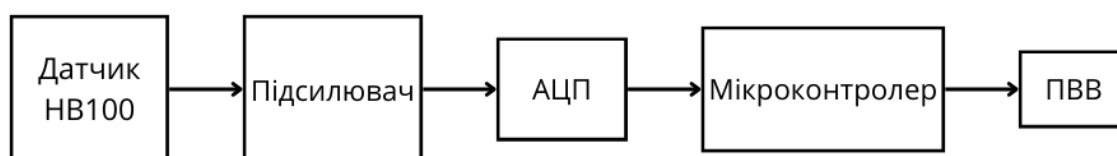


Рисунок 2.1—Структурна схема

Ця структурна(Рис.2.1) схема є основою для побудови системи виявлення руху на основі мікрохвильового датчика НВ100, забезпечуючи високу чутливість і точність виявлення.

2.2 Вибір компонентів

Для реалізації детектора руху на основі ефекту Доплера обрано мікрохвильовий датчик руху НВ100. Цей датчик працює на частоті 10,525 ГГц і має високу чутливість до руху об'єктів у межах його дії. Крім НВ100, для створення детектора необхідні наступні компоненти:

- Операційні підсилювачі (LM324)(Рис2.2 та Рис2.3):

Функція: Підсилення сигналу.

					РЕ02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		16

Опис: Операційні підсилювачі LM324 використовуються для підсилення слабких сигналів, отриманих від датчика НВ100, до рівня, придатного для подальшої обробки.

Причина вибору: LM324 забезпечує високу точність підсилення і має низький рівень шуму, що є критичним для отримання чіткого сигналу від датчика[7].

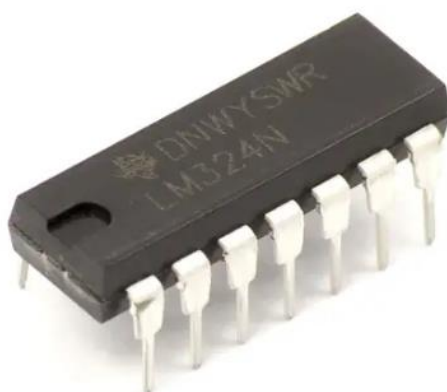


Рисунок 2.2 —Мікросхема LM324

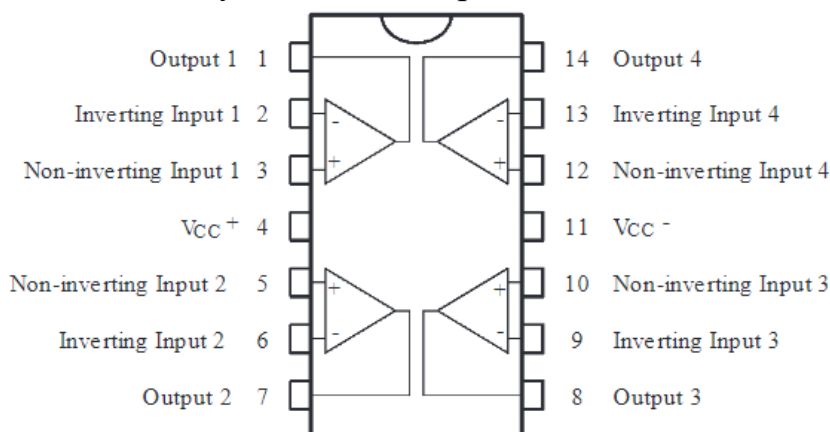


Рисунок 2.3 —Розпіновка Мікросхеми LM324

- Фільтри та підсилювачі:

Функція: Обробка сигналу від датчика, видалення шумів та підсилення корисного сигналу.

Опис: Фільтри використовуються для видалення високочастотних шумів та інтерференції, а підсилювачі - для збільшення амплітуди корисного сигналу. Це необхідно для забезпечення стабільного та чіткого сигналу для подальшої обробки.

-Аналого-цифровий перетворювач (АЦП)

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис

17

Функція: Перетворення підсиленого аналогового сигналу у цифровий формат.

Опис: АЦП приймає підсилений аналоговий сигнал від підсилювача і перетворює його у цифровий формат, який може бути оброблений мікроконтролером.

-Мікроконтролер (STM32F103C8T6)(Рис.2.4 та Рис.2.5)

Функція: Обробка цифрового сигналу від АЦП, виконання аналізу даних та керування системою.

Опис: Мікроконтролер приймає цифровий сигнал від АЦП, аналізує його для визначення параметрів руху (наприклад, швидкості і напрямку). Мікроконтролер також може виконувати додаткові функції, такі як індикація стану системи, передача даних або активація певних дій у відповідь на виявлений рух.

Причина вибору: STM32F103C8T6 забезпечує гнучкість та можливість реалізації складних алгоритмів обробки сигналу і керування системою. Цей мікроконтролер має достатню потужність і підтримує необхідні комунікаційні інтерфейси (UART, SPI, I2C).

Технічні характеристики:

Процесор: ARM Cortex-M3.

Частота процесора: до 72 МГц.

Пам'ять: 64 КБ Flash, 20 КБ RAM.

Інтерфейси: UART, SPI, I2C, USB[8].

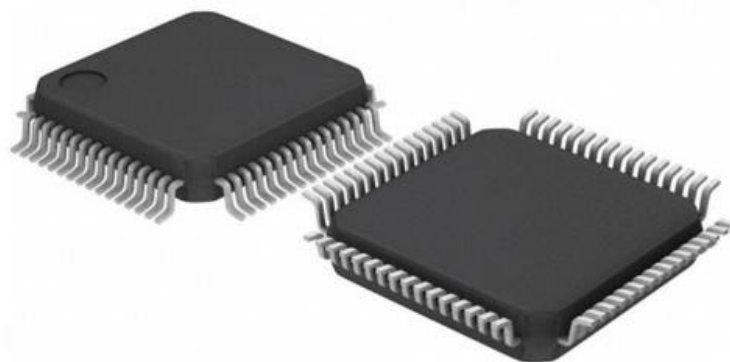


Рисунок 2.4 — Мікроконтролер STM32F103C8T6

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		18

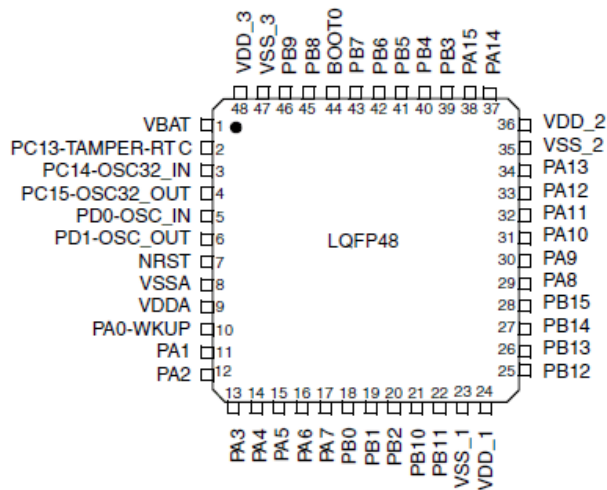


Рисунок 2.5—Розпіновка Мікроконтролера STM32F103C8T6

- Пристрій вводу виводу (ПВВ)

Функція: Виведення інформації та індикація результатів.

Опис: ПВВ забезпечує виведення обробленої інформації від мікроконтролера на зовнішні пристрої, такі як дисплеї, сигнальні лампи або інші системи. Він також може передавати дані до зовнішніх систем моніторингу або управління.

-Регулятор напруги LM338(Рис.2.6 та Рис.2.7)

Функція: Стабілізація напруги живлення для всіх компонентів системи.

Опис: Регулятор напруги LM338 використовується для стабілізації живлення всіх компонентів системи, забезпечуючи постійну напругу на виході. Це важливо для надійної роботи всіх електронних компонентів.

Причина вибору: Забезпечує стабільне живлення для датчика, підсилювача, АЦП та мікроконтролера, що критично для надійної роботи системи[9].



Рисунок 2.6 — Регулятор напруги LM338

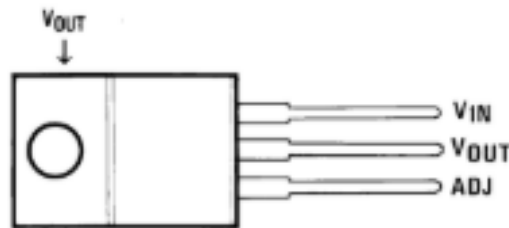


Рисунок 2.7 — Розпіновка Регулятора напруги LM338

- Джерело живлення:

Функція: Забезпечення роботи всіх компонентів системи.

Опис: Джерело живлення забезпечує електричну енергію для роботи всіх компонентів системи. Підтримує стабільну роботу датчика, підсилювача, АЦП, мікроконтролера та регулятора напруги LM338.

- Пасивні компоненти (резистори, конденсатори): Використовуються для налаштування і стабілізації роботи схеми.

2.3 Принцип роботи мікрохвильового датчика НВ100

Мікрохвильовий датчик НВ100 працює за принципом доплерівського ефекту. Він випромінює мікрохвильовий сигнал на частоті 10,525 ГГц. Коли цей сигнал відбивається від рухомого об'єкта, частота відбитого сигналу змінюється залежно від швидкості та напрямку руху об'єкта. Датчик вловлює відбитий сигнал і визначає зміни частоти, що дозволяє виявляти рух та обчислювати швидкість об'єкта.

2.4 Схема електрична принципова

Наступний рисунок(Рис.2.8) зображує принципову електричну схему для підсилювача сигналу з датчика руху[6]:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		20

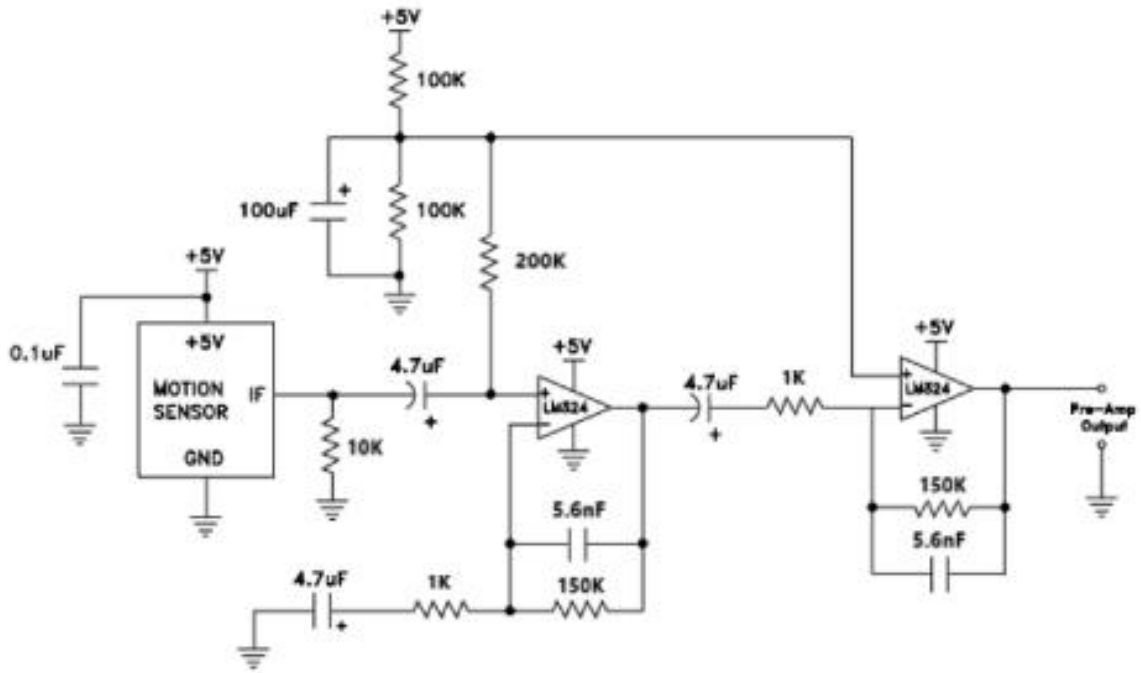


Рисунок 2.8 — Схема підсилювача

Ця схема включає наступні компоненти:

- Датчик (NB100): Підключений до живлення +5V і GND.
- Конденсатори ($0.1\mu\text{F}$, $100\mu\text{F}$, $4.7\mu\text{F}$, 5.6nF): Використовуються для фільтрації сигналів.
- Резистори (1K, 10K, 100K, 150K, 200K): Використовуються для налаштування підсилення і зворотного зв'язку.
- Операційні підсилювачі (LM324): Використовуються для підсилення сигналу. На рисунку 2.9 можна побачити зібраний підсилювач на макетній платі. Цей ОП є чотирьохканальним підсилювачем з низьким енергоспоживанням, що дозволяє працювати в широкому діапазоні напруг живлення.

Для розрахунку коефіцієнтів підсилення в схемі потрібно визначити резистори, які формують зворотній зв'язок у кожному каскаді підсилення.

Перша каскада підсилення (LM324)

Резистори зворотного зв'язку: $200\text{k}\Omega$ (R2), $100\text{k}\Omega$ (R3)

Вхідний резистор: $100\text{k}\Omega$ (R1)

Коефіцієнт підсилення A_1 для цієї каскади розраховується за формулою:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$A_1 = 1 + \frac{150}{1} = 1 + 150 = 151$$

Друга каскада підсилення (LM324)

Резистори зворотного зв'язку: 150kΩ (R4), 150kΩ (R5)

Вхідний резистор: 1kΩ (R6)

$$A_2 = 1 + \frac{150}{1} = 1 + 150 = 151$$

Загальний коефіцієнт підсилення A_{total} схеми визначається як добуток коефіцієнтів підсилення окремих каскадів:

$$A_{total} = A_1 \cdot A_2 = 22801$$

Таким чином, загальний коефіцієнт підсилення схеми становить 22801. Це означає, що вхідний сигнал буде підсилений в 22801 рази на виході схеми. Операційний підсилювач LM324 у цій схемі відіграє важливу роль у підсиленні сигналу від мікрохвильового датчика руху HB100. Використання двох каскадів підсилення дозволяє значно підсилити слабкий сигнал, що робить його придатним для подальшої обробки та аналізу.

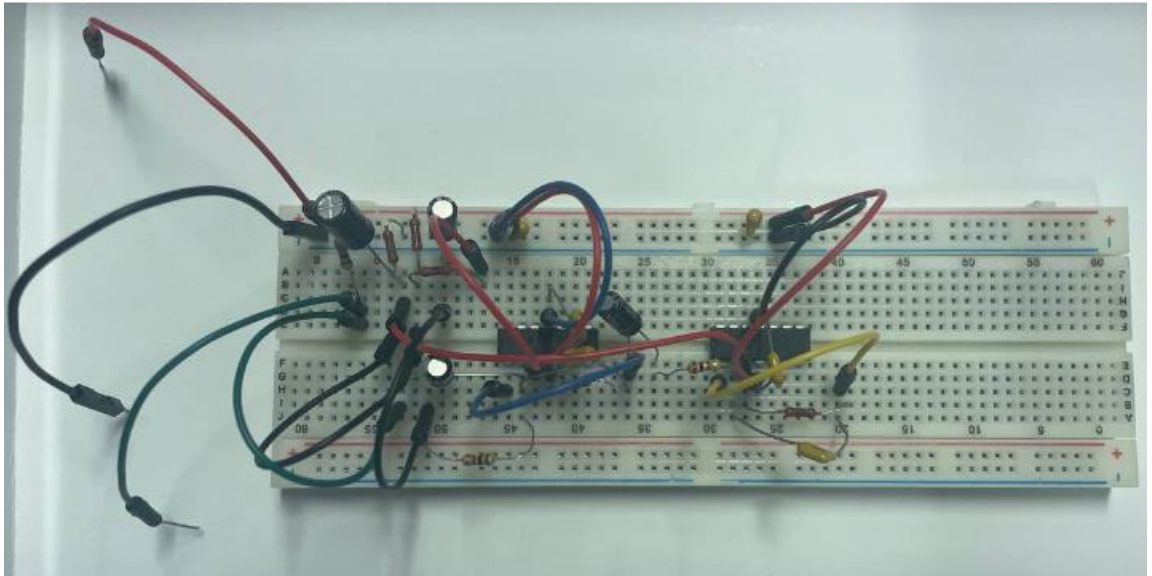


Рисунок 2.9—Зібрана схема підсилювача на макетній платі

Наступний рисунок(Рис.2.10) зображує принципову електричну схему для регулятор напруги LM338[9]

					PE02.425149.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

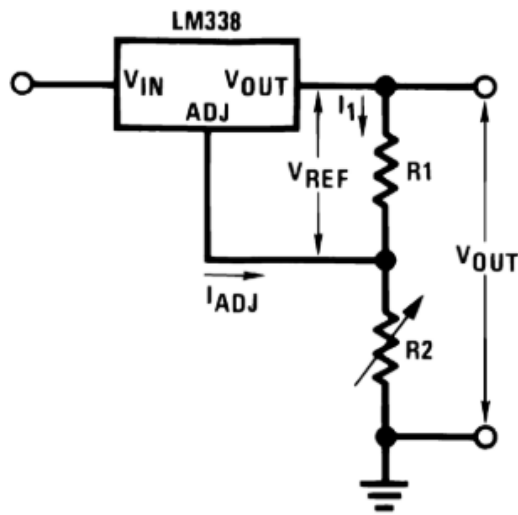


Рисунок 2.10—Схема регулятора напруги LM338

2.5 Розробка принципової електричної схеми для пристрою

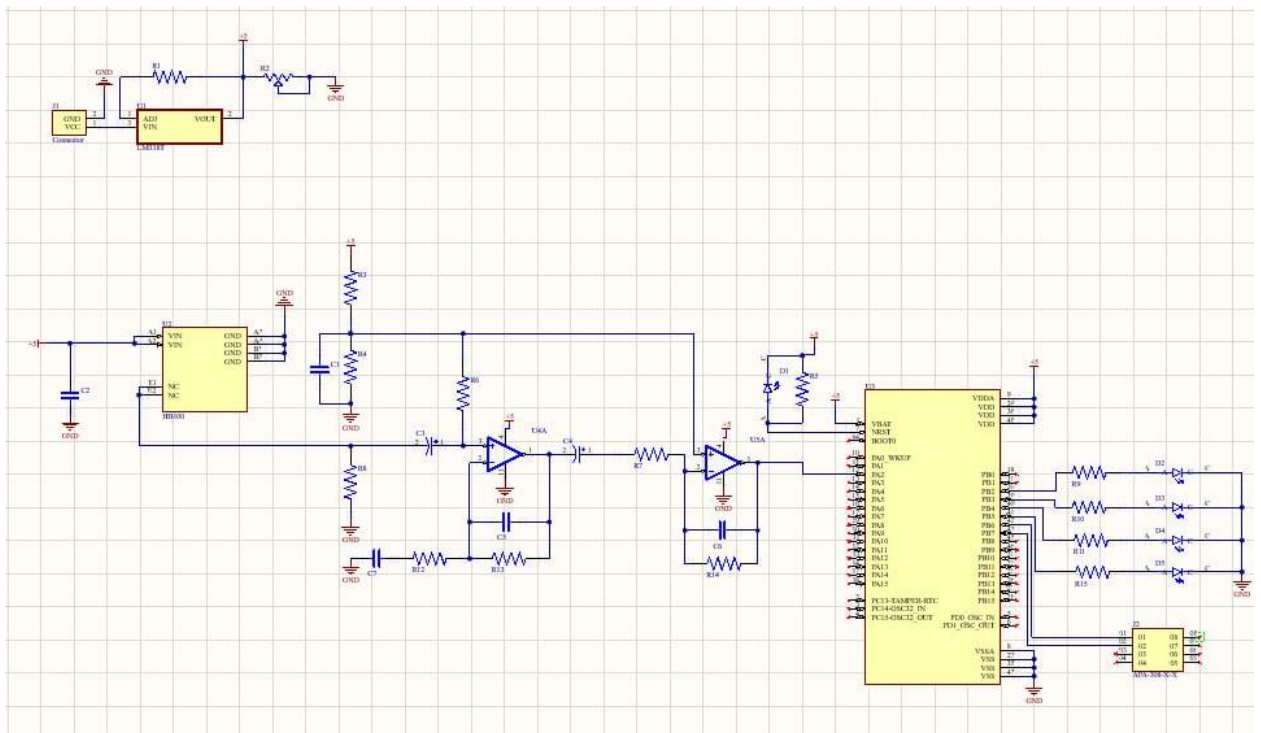


Рисунок 2.11— Схема електрична принципова

Мікрохвильовий датчик НВ100 виявляє зміни мікрохвильового випромінювання, що відбуваються, коли людина або тварина проходить повз датчик. Отриманий сигнал підсилюється за допомогою операційних підсилювачів LM324, пульсації згладжуються за допомогою встановлених RC фільтрів, підсилений сигнал надходить на STM32F103C8T6 яка обробляє сигнал датчика PIR і керує підключеними до неї 4 світлодіодами, окрім світлової індикації також передбачено передачу даних через порт виводу

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис
23

даних, який підключено до L2C портів мікросхеми. Живлення схеми забезпечується через стабілізатор напругу LM338, який використовується для надання стабільних 5В, для більш точного налаштування встановлено дільник напруги на базі резистора та потенціометра.

Алгоритм роботи схеми:

1. Датчик HB100 постійно сканує навколишнє середовище на наявність інфрачервоного випромінювання.
2. Якщо датчик PIR виявляє зміни інфрачервоного випромінювання, він генерує сигнал.
3. Сигнал підсилюється та фільтрується за допомогою операційних підсилювачів LM324
4. Сигнал датчика PIR подається на мікроконтролер STM32
5. Мікроконтролер STM32 обробляє сигнал датчика PIR і визначає, чи є він дійсним.
6. Якщо сигнал датчика PIR є дійсним, мікроконтролер вмикає світлодіоди та передає дані через L2C порт.
7. Після закінчення певного часу мікроконтролер STM32 вимикає світлодіоди.

2.6 Тестування та оцінка працездатності детектора руху

Тестування підсилювача для детектора руху на основі ефекту Доплера здійснюється для оцінки його працездатності, точності та надійності в реальних умовах. Методика тестування включає такі основні етапи:

1. Підготовка обладнання(Рис 2.12):

- Збірка всіх компонентів детектора на макетній платі або друкованій платі.
- Підключення живлення та інтерфейсів для зчитування даних.
- Перевірка початкових налаштувань системи.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		24

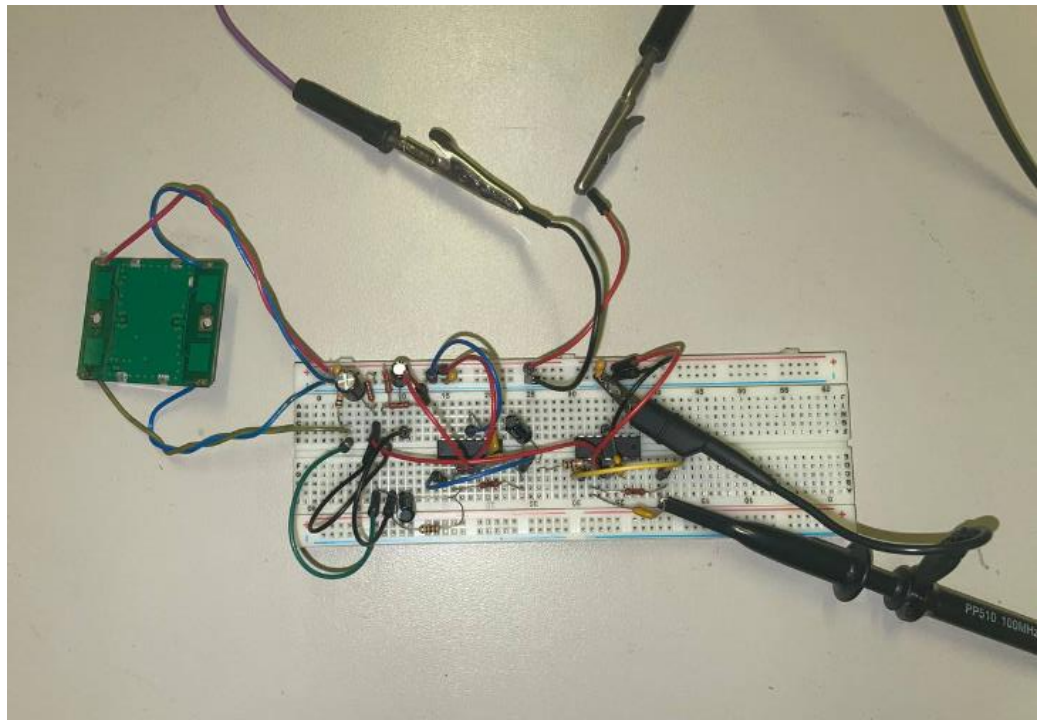


Рисунок 2.12—Зібрана система на макетній платі

2. Тестування в лабораторних умовах(Рис 2.13)(Рис 2.14):

- Випробування детектора в контрольованому середовищі з використанням рухомих об'єктів на різних відстанях і з різними швидкостями.
- Збирання даних для аналізу точності вимірювань.

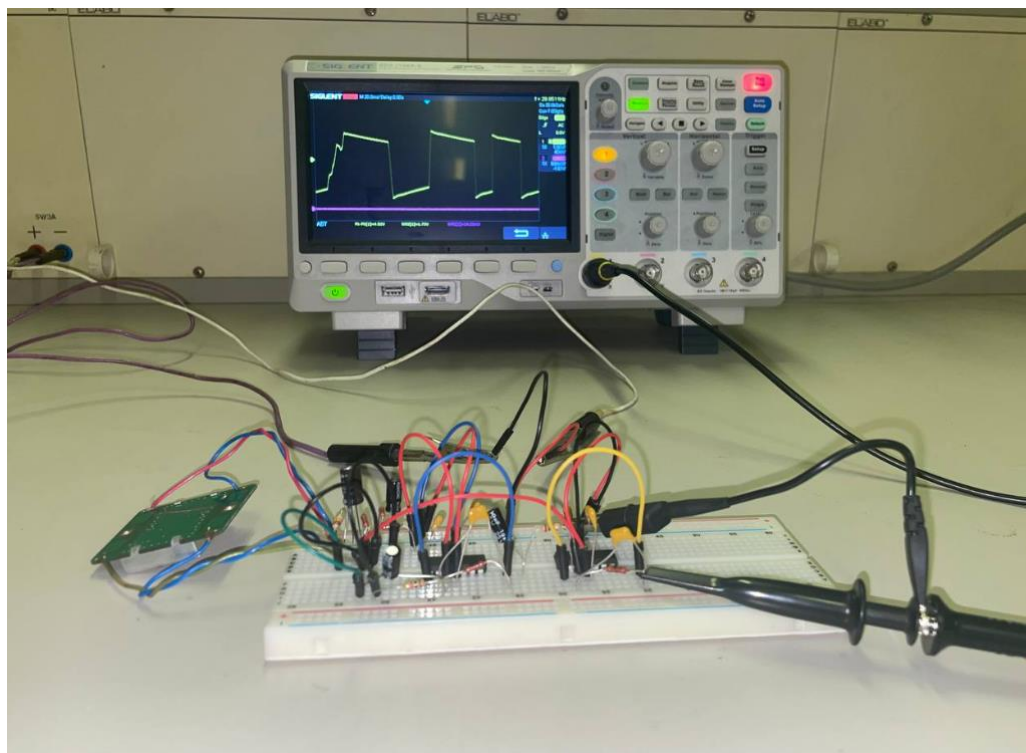


Рисунок 2.13— Тестування в лабораторних умовах



Рисунок 2.14—Фотографія показників осцилографа

3. Тестування в реальних умовах:

- Випробування детектора на відкритому просторі або в реальних умовах експлуатації (наприклад, у приміщенні або на вулиці).
- Оцінка ефективності роботи детектора в умовах реальних перешкод та змін навколишнього середовища.

Лабораторні випробування проводяться для перевірки основних характеристик детектора. Основні кроки включають:

Визначення дальності дії:

- Встановлення детектора на певній відстані від рухомого об'єкта.
- Зміна відстані та реєстрація моментів виявлення руху.

Вимірювання точності визначення швидкості:

- Використання рухомих об'єктів з відомою швидкістю.
- Порівняння результатів вимірювань детектора зі справжніми значеннями.

Оцінка стабільності роботи:

- Тривале тестування детектора для перевірки стабільності його роботи протягом часу.
- Реєстрація можливих збоїв та відхилень.

Тестування в реальних умовах включає випробування детектора в умовах, наближених до реальних сценаріїв його використання:

Випробування на відкритому просторі:

- Встановлення детектора на відкритому просторі та тестування його роботи при зміні погодних умов, освітлення та інших факторів.
- Оцінка впливу навколишнього середовища на точність вимірювань.

Випробування у приміщенні:

- Встановлення детектора в приміщенні та тестування його роботи при наявності різних перешкод (стін, меблів тощо).
- Оцінка здатності детектора виявляти рух об'єктів у складних умовах.

Оцінка ефективності виявлення руху:

- Випробування детектора у різних сценаріях (наприклад, виявлення людини, тварини або транспортного засобу).
- Оцінка відсотку правильних спрацьовувань та хибних тривог.

2.7 Аналіз результатів

Після завершення тестування проводиться аналіз зібраних даних для оцінки ефективності роботи детектора:

Точність визначення швидкості:

- Порівняння вимірених значень швидкості з реальними значеннями.
- Обчислення середньої похибки та стандартного відхилення.

Дальність дії:

- Оцінка максимального та мінімального діапазону виявлення руху.
- Аналіз впливу різних факторів на дальність дії детектора.

Стабільність роботи:

- Аналіз збоїв та відхилень під час тривалого тестування.
- Оцінка надійності роботи детектора в різних умовах.

Відсоток правильних спрацьовувань та хибних тривог:

- Підрахунок кількості правильних спрацьовувань детектора.
- Оцінка кількості хибних тривог та аналіз причин їх виникнення.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі результатів тестування робляться висновки щодо ефективності та надійності розробленого детектора руху. Основні аспекти висновків включають:

Оцінка загальної ефективності:

- Висновки про відповідність розробленого детектора заявленим вимогам та цілям проекту.

Рекомендації щодо вдосконалення:

- Пропозиції щодо можливих покращень апаратної та програмної частини детектора для підвищення його ефективності.
- Рекомендації щодо подальших досліджень та випробувань.

Практичне застосування:

- Оцінка можливостей використання розробленого детектора у реальних умовах.
- Визначення галузей, де детектор може бути корисним.

2.8 Розрахунок розміру друкованої плати та її проектування

Таблиця 1.3: Вхідні дані

Компонент	Кількість	Площа одного компонента (мм ²)	Загальна площа (мм ²)
Конденсатор	5	38	190
Резистор	14	35	490
Мікросхема STM32	1	350	350
Операційний підсилювач	2	50	100
Регулятор напруги	1	120	120
Датчик руху	1	200	200
Загальна площа			1450

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис

28

Розрахунки:

Загальна площа компонентів (S_{sum}): 1450 мм²

Установочна площа ($S_{уст}$): 1450 мм² * 1.2 = 1740 мм²

Коефіцієнт запаса площі (K_z): 2.5

Площа друкованої плати (S_{pp}): 1740 мм² * 2.5 = 4350 мм²

Розмір сторони плати ($S_{пп}$): $\sqrt{4350} \approx 66$ мм (округлено до найближчих 10 мм = 70 мм)

Таблиця 1.4: Підсумкові результати розрахунків

Показник	Значення
Загальна площа компонентів	1450 мм ²
Установочна площа	1740 мм ²
Площа друкованої плати	4350 мм ²
Розмір сторони плати	70 мм

Плата буде мати односторонній монтаж і два шари металізації. Виготовлення плати здійснюватиметься комбінованим методом, який часто використовується завдяки можливості отримання чітких ліній провідників та зменшенню часу на виготовлення плати. Цей метод є одним із найнадійніших, оскільки діелектрик знаходиться в сприятливих умовах, а фольга захищає його від впливу електроліту. Матеріалом для плати обрано фольгований склотекстоліт FR-4 товщиною 1.6 мм. Відповідно до ГОСТ 23751-86 був обраний 3-й клас точності для плати, оскільки вона призначена для одиничного виробництва. Розробка плати була проведена за допомогою програми Altium Designer. Трасування було виконано у нижньому шарі плати (рисунок 2.15) та у верхньому шарі плати (рисунок 2.16).

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		29

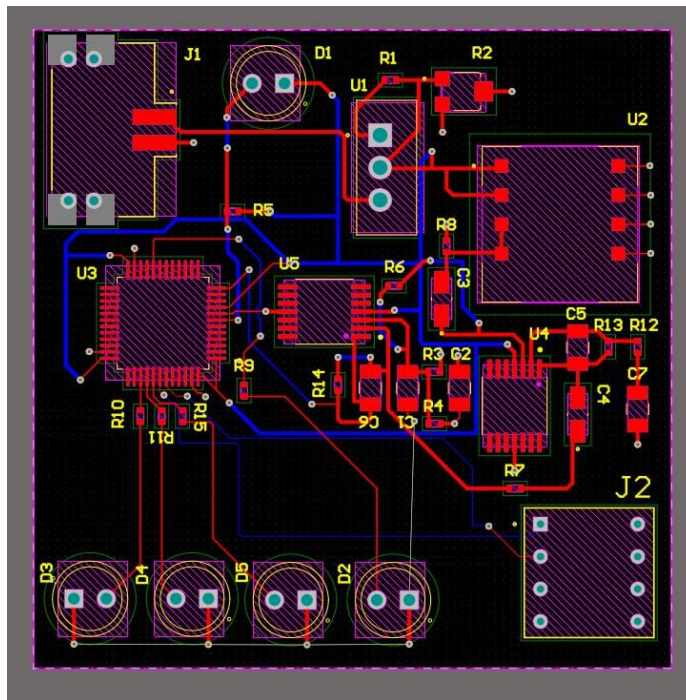


Рисунок 2.15 — Нижній шар провідників

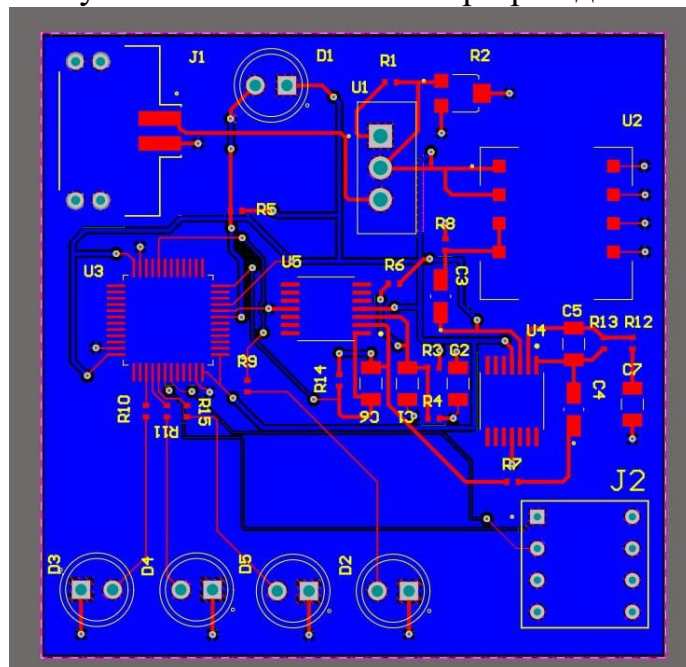


Рисунок 2.16 — Верхній шар провідників

На рисунках 2.17 та 2.18 показано 3D-модель плати: вид зверху і вид знизу відповідно. Це було здійснено шляхом експорту плати з програми Altium в Solidworks.

Враховуючи всі вищезазначені деталі, друкована плата має розміри 50x50 мм.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

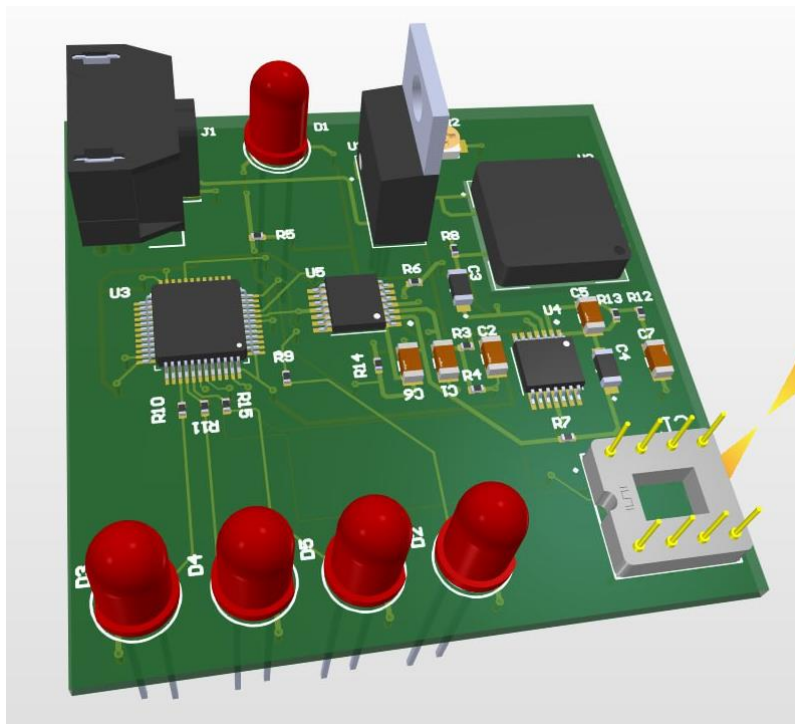


Рисунок 2.17 — Вид зверху

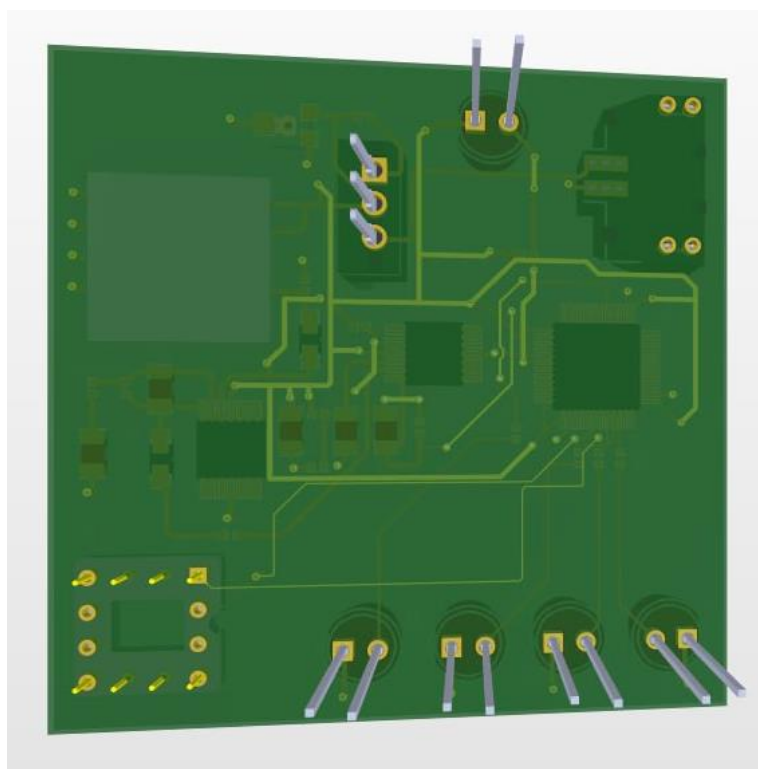


Рисунок 2.18 — Вид знизу

2.9 Висновки до розділу

У цьому розділі було розглянуто розробку апаратної частини детектора руху на основі ефекту Доплера. Було представлено структурну схему пристрою, яка пояснює взаємодію всіх компонентів системи, зокрема датчика НВ100, підсилювача, аналого-цифрового перетворювача (АЦП),

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						31
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролера STM32F103C8T6, пристрою вводу-виводу (ПВВ) та регулятора напруги LM338.

Детально описано вибір компонентів, їх функції та причини вибору, а також наведено їх технічні характеристики. Вибір мікрохвильового датчика HB100 зумовлений його високою чутливістю і точністю, що дозволяє ефективно виявляти рухомі об'єкти на близьких відстанях. Важливими аспектами були також розрахунок коефіцієнтів підсилення для операційних підсилювачів та аналіз принципу роботи датчика HB100.

Було проведено тестування та оцінка працездатності детектора руху, що включало лабораторні випробування та випробування в реальних умовах. Отримані результати дозволили оцінити точність, дальність дії та стабільність роботи пристрою, а також зробити висновки щодо ефективності та надійності розробленого детектора.

Крім того, проведено розрахунок розміру друкованої плати, яка буде мати односторонній монтаж і два шари металізації. Було визначено, що друкована плата має розміри 50x50 мм. Розробка плати виконана за допомогою програми Altium Designer, що дозволило створити 3D-модель плати та забезпечити високу точність трасування.

Загалом, розроблена апаратна частина детектора руху відповідає заявленим вимогам та може бути успішно використана у сферах безпеки та автоматизації для ефективного виявлення руху об'єктів.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						32
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА ДЕТЕКТОРА РУХУ

3.1 Основні вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) детектора руху на основі ефекту Доплера має забезпечувати наступні функції:

Обробка вхідного сигналу: Прийом сигналу від мікрохвильового датчика НВ100, його фільтрація та підсилення.

Аналіз сигналу: Визначення змін частоти сигналу, що вказують на наявність руху.

Індикація результатів: Відображення або передача інформації про виявлений рух.

Управління системою: Контроль за роботою апаратної частини, включаючи живлення та режим роботи датчика.

3.2 Обробка вхідного сигналу

Для обробки вхідного сигналу використовується операційний підсилювач LM324. Сигнал від датчика НВ100 проходить через фільтри та підсилюється для подальшого аналізу. Програмне забезпечення має забезпечити правильну обробку цього сигналу, включаючи наступні етапи:

Аналогово-цифрове перетворення (ADC): Конверсія аналогового сигналу від підсилювача до цифрового формату для подальшої обробки.

Фільтрація сигналу: Видалення шумів і перешкод з отриманого сигналу.

Виділення частотних компонентів: Використання швидкого перетворення Фур'є (FFT) для аналізу частотних змін у сигналу.

3.3 Аналіз сигналу

Основна мета аналізу сигналу – виявлення змін частоти, що вказують на рух об'єкта. Це включає:

Визначення доплерівського зсуву: Обчислення змін частоти сигналу, які виникають через рух об'єкта.

Оцінка швидкості руху: На основі доплерівського зсуву визначення швидкості об'єкта.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						33
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтрація результатів: Відсіювання хибних спрацьовувань і визначення реального руху.

3.4 Індикація результатів

Результати аналізу сигналу повинні бути індикаційні з використанням світлодіодів, звукових сигналів або передачі даних до зовнішніх систем.

Основні методи індикації включають:

Світлодіоди (LED): Вмикання світлодіода при виявленні руху.

Звуковий сигнал: Генерація звукового сигналу при виявленні руху.

Передача даних: Відправка інформації про виявлений рух до зовнішніх систем через інтерфейси UART, SPI або I2C.

3.5 Управління системою

Програмне забезпечення також має забезпечувати управління всіма компонентами системи:

Живлення компонентів: Контроль за подачею живлення на датчик і підсилювачі.

Режими роботи: Перемикання між режимами роботи (наприклад, режим очікування та активний режим).

Діагностика: Перевірка працездатності всіх компонентів системи.

3.6 Алгоритм роботи програмного забезпечення

Ініціалізація системи:

- Налаштування вхідних і вихідних портів.
- Ініціалізація ADC для зчитування сигналу від датчика.
- Налаштування інтерфейсів для передачі даних.

Зчитування сигналу:

- Періодичне зчитування сигналу від підсилювача.
- Аналогово-цифрове перетворення сигналу.

Обробка сигналу:

- Фільтрація та підсилення сигналу.
- Аналіз частотних компонентів за допомогою FFT.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- Визначення доплерівського зсуву.

Аналіз і індикація результатів:

- Оцінка швидкості руху об'єкта.
- Відображення результатів за допомогою світлодіодів або звукового сигналу.
- Передача даних до зовнішніх систем.

Управління системою:

- Контроль за подачею живлення на компоненти.
- Перемикання між режимами роботи.
- Виконання діагностики системи.

3.7 Висновки до розділу

У цьому розділі розглянуто розробку програмної частини детектора руху на основі ефекту Доплера. Програмне забезпечення має забезпечити обробку сигналу від датчика, аналіз частотних змін для виявлення руху, індикацію результатів та управління системою. Описані алгоритми роботи дозволяють реалізувати ефективний і надійний детектор руху. У наступному розділі буде розглянуто тестування та оцінку ефективності розробленого пристрою.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		35

4. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ

Для розробки системи виявлення руху на основі датчика HB100 з додатковим підсиленням сигналу за допомогою двох LM324 та регулятора напруги LM338, ми проаналізуємо конструкцію та оберемо відповідну елементну базу.

Компоненти:

1. HB100 Microwave Motion Sensor
2. LM324 Operational Amplifier (2 шт)
3. STM32F103C8T6 Microcontroller
4. Резистори та конденсатори
5. Регулятор напруги LM338
6. Джерело живлення

Аналіз конструкції

Підключення компонентів

1. HB100:

- Vcc (пін 1) підключено до виходу регулятора напруги LM338.
- GND (пін 2) підключено до землі.
- IF Output (пін 3) підключено до неінвертуючого входу LM324 через конденсатор 0.1uF.
- IF Ground (пін 4) підключено до землі.

2. LM324 (2 шт):

- Перший LM324:
 - Неінвертуючий вхід (пін 3) підключено до IF Output через конденсатор 0.1uF.
 - Інвертуючий вхід (пін 2) підключено до виходу підсилювача (пін 1) через резистор 100k.
 - Вихід (пін 1) підключено до входу другого підсилювача.
- Другий LM324:
 - Неінвертуючий вхід (пін 3) підключено до виходу першого LM324.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- Інвертуючий вхід (пін 2) підключено до виходу підсилювача (пін 1) через резистор 100к.

- Вихід (пін 1) підключено до ADC входу STM32F103C8T6.

- Vcc (пін 4) підключено до виходу регулятора напруги LM338.

- GND (пін 11) підключено до землі.

3. STM32F103C8T6:

- Вхідний пін ADC підключено до виходу LM324.

- Vcc підключено до 3.3V.

- GND підключено до землі.

- Інші необхідні підключення для живлення, зворотного зв'язку, SWD і

т.д.

4. Регулятор напруги LM338:

- Вхід (Vin) підключено до джерела живлення (наприклад, 12V).

- Вихід (Vout) підключено до Vcc датчика HB100 та операційних підсилювачів LM324 (5V).

- Земля (GND) підключено до землі.

Вибір елементної бази

Резистори

R1: 100к (підключено між виходом LM324 та інвертуючим входом)

R2: 10к (підключено між інвертуючим входом LM324 та землею)

Конденсатори

C1: 0.1uF (фільтр між IF Output та неінвертуючим входом LM324)

C2: 10uF (фільтр між виходом LM324 та землею)

C3: 1uF (вхідний конденсатор для LM338)

C4: 10uF (вихідний конденсатор для LM338)

Регулятор напруги LM338

- Вхідна напруга: 12V

- Вихідна напруга: 5V (налаштовується за допомогою резисторів і конденсаторів)

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ПРОЕКТУВАННЯ КОРПУСУ ПРИЛАДУ

5.1 Корпус приладу

Пристрій буде складатися з чотирьох частин:

- 1) Кришка;
- 2) Основна кришка;
- 3) Рухоме кріплення;
- 4) Гайка для фіксації;

На рисунках 5.1 і 5.2 представлена 3D-модель внутрішньої та зовнішньої частини кришки корпусу пристрою. У кришці передбачені п'ять круглих отворів для встановлення індикаторних світлодіодів. Ці отвори забезпечують візуалізацію роботи приладу та сигналізацію про виявлення руху. На верхній та нижній частині кришки розташовані отвори для встановлення роз'ємів. Це забезпечує доступ до з'єднувачів для підключення передачі сигналів та живлення. Внутрішня частина кришки має кілька кріпильних стійок, які використовуються для надійної фіксації плати у корпусу. По периметру внутрішньої частини кришки є заглиблення для герметичності з'єднання. Кришка має монтажні отвори для гвинтів, які дозволяють легко з'єднувати кришку з основним корпусом пристрою. Це забезпечує швидке та зручне обслуговування пристрою.

Кришка призначена для захисту внутрішніх компонентів пристрою від пилу, вологи та механічних пошкоджень. Вона також забезпечує зручний доступ до роз'ємів та індикаторів, що спрощує експлуатацію та обслуговування пристрою. Завдяки своїй конструкції, кришка забезпечує надійне кріплення та жорсткість всієї конструкції корпусу.

Ця детальна модель демонструє продуману конструкцію кришки корпусу, що враховує всі необхідні технічні вимоги для забезпечення ефективної роботи та надійного захисту внутрішніх компонентів пристрою.

					PE02.425149.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38



Рисунок 5.1 — Внутрішня частина кришки

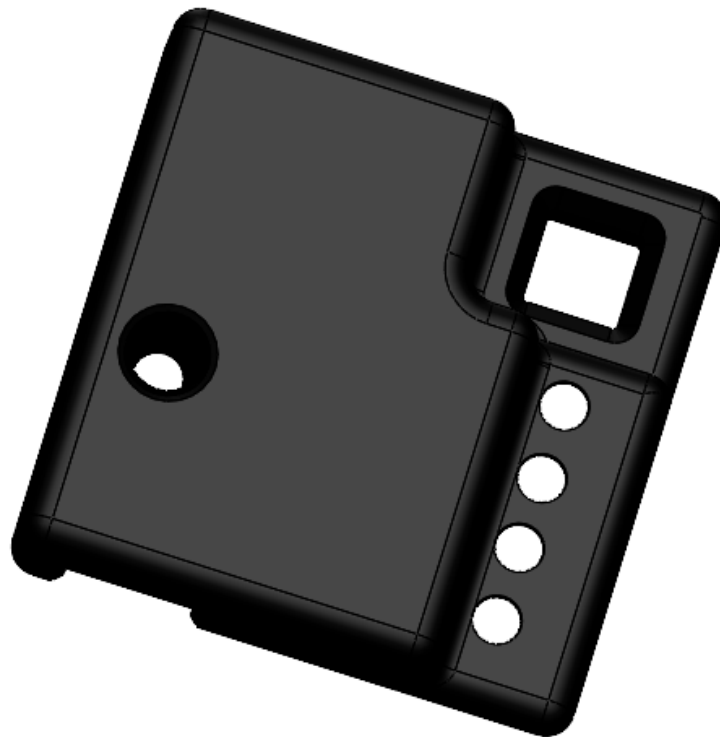


Рисунок 5.2 — Зовнішня частина кришки

На рисунках 5.3 і 5.4 представлена 3D-модель основної частини корпусу для детектора руху.

Рисунок 5.3 внутрішня частина кришки. Внутрішня поверхня кришки рівна, що забезпечує щільне прилягання до основної частини корпусу і захист внутрішніх компонентів від пилу та вологи. По периметру внутрішньої

					PE02.425149.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

частини кришки є заглиблення для герметичності з'єднання. На кутах кришки розташовані чотири отвори для кріпильних гвинтів, які забезпечують надійне кріплення кришки до корпусу. Уздовж двох боків внутрішньої частини кришки проходить підвищені бортики, на які кладається плата, бортики служать для фіксації плати.

Рисунок 5.4 зовнішня частина кришки. Зовнішня поверхня кришки має гладку текстуру і прямокутну форму, що забезпечує естетичний вигляд та зручність в експлуатації. У центрі зовнішньої поверхні кришки розташований великий кріпильний елемент у формі кулі. Цей елемент дозволяє регулювати положення детектора та забезпечує зручність налаштування кута нахилу.

Кришка призначена для забезпечення герметичності і захисту внутрішніх компонентів детектора руху. Вона допомагає запобігти потраплянню пилу та вологи всередину корпусу, що забезпечує стабільну роботу пристрою. Крім того, кришка забезпечує зручний доступ до внутрішніх компонентів для обслуговування та ремонту.

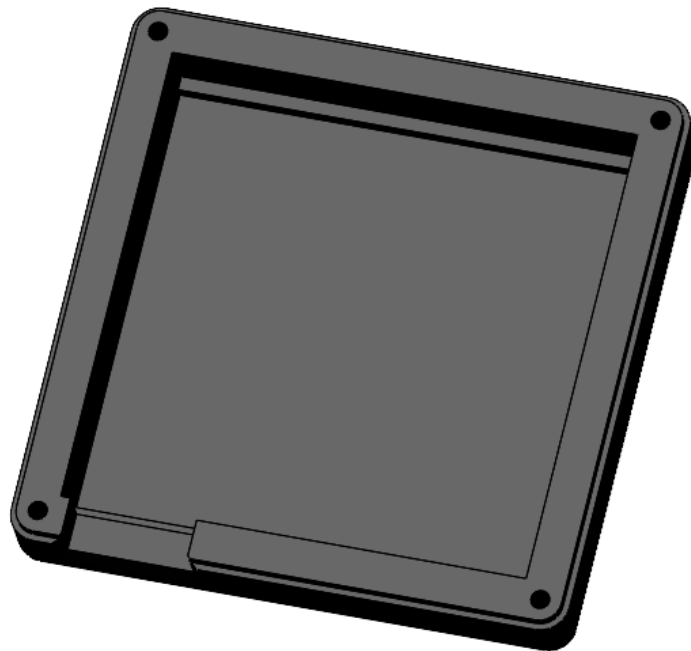


Рисунок 5.3 — Внутрішня частина основної кришки

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рисунок 5.4 — Зовнішня частина основної кришки

На рисунку 5.5 представлена 3D-модель кріпильного елемента для детектора руху. Пластина має прямокутну форму і оснащена чотирма отворами по кутах для кріплення до стіни або іншої поверхні. Це забезпечує надійне і стабільне закріплення всього пристрою.

Отвори мають конічну форму, що дозволяє використовувати різні типи кріпильних елементів, такі як гвинти або болти. Від основної пластини виходить циліндричний кріпильний елемент з різьбою. Різьба забезпечує надійне з'єднання з іншими частинами конструкції. На верхній частині циліндричного кріпильного елемента розташований сферичний елемент з прорізами. Цей елемент забезпечує можливість обертання і регулювання кута нахилу детектора. Кріпильний елемент призначений для надійного закріплення детектора руху на стіні або іншій поверхні. Він забезпечує стабільність і можливість точного налаштування положення детектора, що важливо для його ефективної роботи. Завдяки різьбі і сферичному елементу, кріпильний елемент дозволяє легко регулювати кут нахилу і напрямок детектора, забезпечуючи оптимальне покриття зони виявлення руху.

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.5 — Кріпильний елемент

На рисунку 5.6 представлена 3D-модель гайки для фіксації, яка використовується для фіксації та регулювання положення різних елементів конструкції. Гайка має циліндричну форму, що забезпечує її зручне використання та легке закріплення на відповідних частинах конструкції.

Внутрішня поверхня гайки має різьбу, що забезпечує щільне і міцне з'єднання з різьбовими частинами конструкції. Зовнішня поверхня гайки має зубці, які забезпечують зручне захоплення і обертання гайки руками. Така конструкція забезпечує надійне зчеплення та полегшує процес закручування і відкручування гайки.

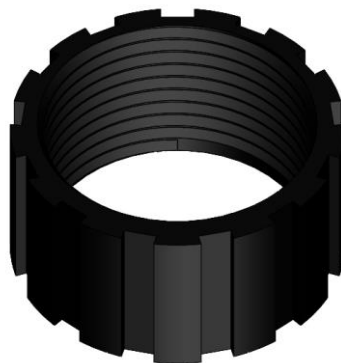


Рисунок 5.6 — Гайка для фіксації

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		42

На рисунку 5.7 показано, як всі деталі — кришка, плата, основна частина і кріплення — з'єднуються між собою.

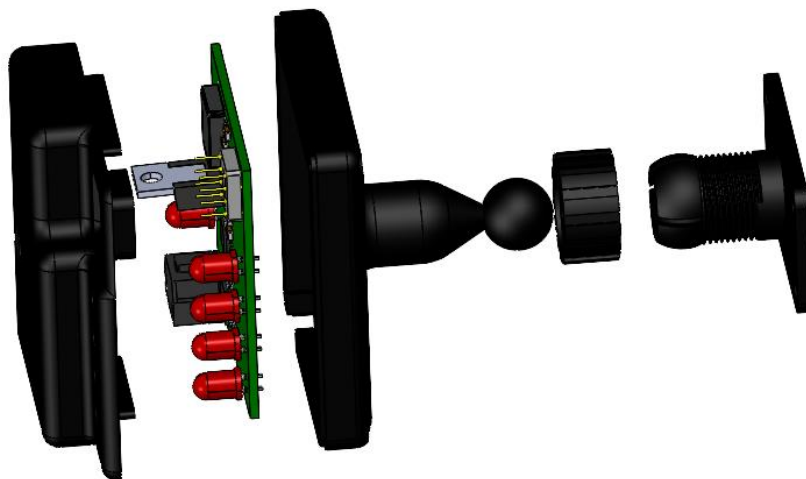


Рисунок 5.7 — Схема з'єднання всіх компонентів.

На рисунку 5.8 продемонстровано готовий пристрій, де об'єднані всі частини в одне ціле.

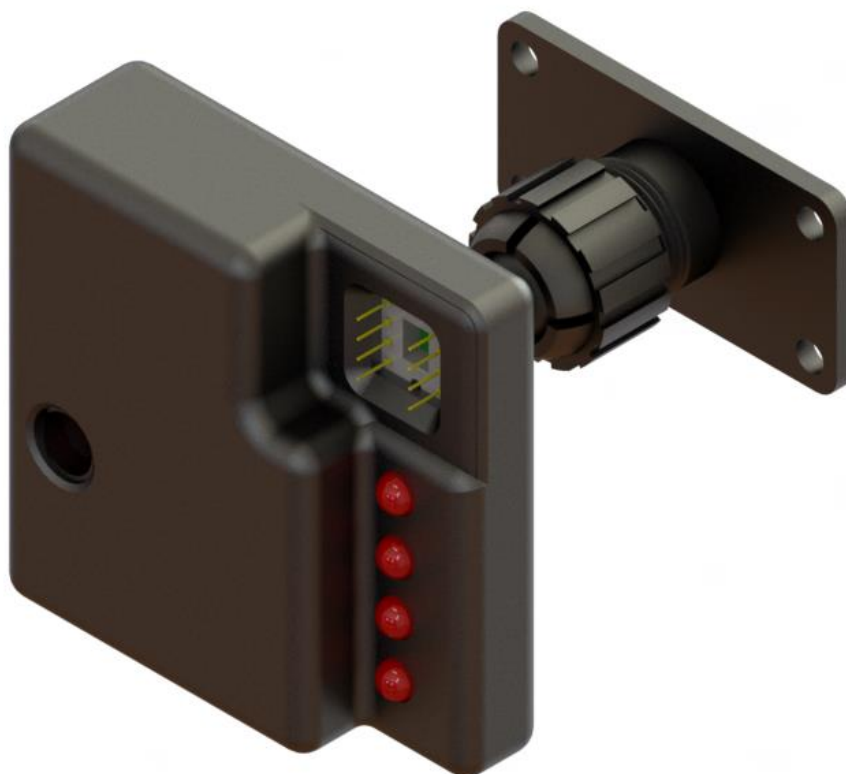


Рисунок 5.8 — Зібраний пристрій

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис
43

6. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРИЛАДУ.

6.1 Аналіз компонентів для надійності

Компоненти на схемі:

Керамічні конденсатори (GRM3195C2A563GA01J): 5шт

Електролітичні конденсатори: 2шт

LED: 5шт

Конектори: 1шт

USB-конектори (USB-B-S-X-X-TH): 1шт

Резистори (CPF0402B5K9E): 14шт

Потенціометр (35WR10KLFTR): 1шт

Регулятор напруги (LM338T): 1шт

Мікрохвильовий датчик руху (HB100): 1шт

Мікроконтролер (STM32F103C8T6): 1шт

Операційні підсилювачі (LM324PW): 2шт

6.2 Розрахунок інтенсивності відмов для кожного компонента

Розрахунок інтенсивності відмов для керамічних конденсаторів:

$$\lambda_c = \lambda_0 \cdot K_r \cdot K_c$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.05 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1,$$

$$K_c = 4.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для електролітичних конденсаторів:

$$\lambda_c = \lambda_0 \cdot K_r \cdot K_c$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.19 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1,$$

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						44
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_c = 4.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для LED:

$$\lambda_{LED} = \lambda_0 \cdot K_r \cdot K_f$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.6 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1,$$

$$K_f = 1.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для конекторів:

$$\lambda_{connector} = \lambda_0 \cdot K_r$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.02 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для USB-конекторів:

$$\lambda_{USB} = \lambda_0 \cdot K_r$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.02 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для резисторів:

$$\lambda_r = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_E$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.17 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_1 = 1,$$

$$K_E = 4.$$

6.2.1 Потенціометр

Розрахунок інтенсивності відмов для потенціометра:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						45
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_{pot} = \lambda_0 \cdot K_r \cdot K_f$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.1 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1,$$

$$K_f = 1.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для регулятора напруги:

$$\lambda_{regulator} = \lambda_0 \cdot K_r \cdot K_f \cdot K_{s1}$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.6 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_r = 1,$$

$$K_f = 1,$$

$$K_{s1} = 4.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для мікрохвильового датчика руху:

$$\lambda_{sensor} = \lambda_0 \cdot K_{sensor}$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.2 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_{sensor} = 4.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для мікроконтролера:

$$\lambda_{ic} = \lambda_0 \cdot K_{CT} \cdot K_{корп}$$

Де:

$$\lambda_0 = 0.5 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_{CT} = 1,$$

$$K_{корп} = 3.$$

Розрахунок інтенсивності відмов для операційних підсилбвачів:

$$\lambda_{op_amp} = \lambda_0 \cdot K_{CT} \cdot K_{корп}$$

Де:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						46
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_0 = 0.5 \times 10^{-6} / \text{год},$$

$$K_{CT} = 1,$$

$$K_{\text{корп}} = 3.$$

Сумарний потік відмов для всієї схеми:

$$\lambda_{\text{sum_total}} = 21.88 \times 10^{-6} / \text{год}$$

Час напрацювання на відмову:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\text{sum_total}} \times 10^{-6}} = \frac{1}{21.88 \times 10^{-6}} \approx 4.57 \times 10^4 \text{ годин}$$

Проведений аналіз показує, що час напрацювання на відмову для розробленого пристрою становить приблизно 4.57×10^4 годин. Це свідчить про достатньо високу надійність пристрою для його використання в різних системах автоматизації та безпеки. Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок, що розроблений пристрій відповідає технічним вимогам щодо надійності.

Таблиця 1.5 з розрахунками надійності для кожного компонента:

Компонент	Кількість	λ_0 (10^{-6} /год)	K_r	K_c	K_f	$K_{\text{корп}}$	λ_r (10^{-6} /год)	Сумарна
Керамічні конденсатори	5	0.05	1	4	-	-	0.2	1.0
Електролітичні конденсатори	2	0.19	1	4	-	-	0.76	1.52
LED	5	0.6	1	-	1	-	0.6	3.0
Конектор	1	0.02	1	-	-	-	0.02	0.02
USB-B-S-X-X-TH	1	0.02	1	-	-	-	0.02	0.02

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						47
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

CPF0402B5 K9E	14	0.17	1	4	-	-	0.68	9.52
35WR10KL FTR	1	0.1	1	-	1	-	0.1	0.1
LM338	1	0.6	1	-	1	4	2.4	2.4
HB100	1	0.2	1	-	-	4	0.8	0.8
STM32F103 C8T6	1	0.5	1	-	-	3	1.5	1.5
LM324	2	0.5	1	-	-	3	1.5	3.0

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PE02.425149.001 ПЗ

Лис

48

7. ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТА

7.1 Рекомендації щодо вдосконалення

На основі проведеної роботи можна надати наступні рекомендації щодо вдосконалення детектора руху:

Оптимізація апаратної частини:

- Вдосконалення схеми підсилення сигналу для підвищення чутливості та зменшення рівня шумів.

- Використання більш ефективних фільтрів для покращення якості сигналу.

Покращення програмного забезпечення:

- Реалізація більш складних алгоритмів аналізу сигналу для підвищення точності визначення руху.

- Додавання функцій самодіагностики та автоматичного калібрування для підвищення надійності роботи системи.

Розширення функціональних можливостей:

- Інтеграція бездротових інтерфейсів (Wi-Fi, Bluetooth) для передачі даних до зовнішніх систем у режимі реального часу.

- Додавання можливості підключення до мережевих систем безпеки для комплексного моніторингу об'єктів.

7.2 Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на наступні напрямки:

Дослідження нових датчиків та технологій:

- Вивчення можливостей використання інших типів датчиків руху, таких як ультразвукові або інфрачервоні датчики, для порівняння їх ефективності з мікрохвильовими датчиками.

- Дослідження нових методів обробки сигналів та алгоритмів аналізу для підвищення точності та надійності системи.

Розробка інтелектуальних систем моніторингу:

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						49
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

- Інтеграція детекторів руху в комплексні системи моніторингу, що використовують технології штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних.

- Розробка системи, яка зможе адаптуватися до змін умов навколишнього середовища та автоматично налаштовувати параметри роботи.

Застосування в нових галузях:

- Дослідження можливостей застосування детекторів руху на основі ефекту Доплера в нових галузях, таких як медицина (моніторинг пацієнтів), транспорт (контроль руху транспортних засобів) та промисловість (автоматизація процесів).

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						50
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В даному дипломному проекті розроблено та реалізовано детектор руху на основі ефекту Доплера з використанням мікрохвильового датчика НВ100.

Розробка пристрою для виявлення руху на основі ефекту Доплера з використанням мікрохвильового датчика НВ100 дозволяє забезпечити високу точність і надійність виявлення рухомих об'єктів. В процесі виконання дипломного проекту були досягнуті наступні результати:

1. Проведено детальний огляд літератури та теоретичних основ, що стосуються ефекту Доплера та його застосування в системах виявлення руху. Це дало змогу краще зрозуміти принципи роботи датчиків та обрати оптимальний метод для реалізації проекту.

2. Виконано аналіз ринку мікрохвильових датчиків руху, що дозволило визначити найбільш підходящий варіант для даного проекту - датчик НВ100, який має високу чутливість та стабільність роботи.

3. Розроблено електричну схему пристрою, що включає в себе мікрохвильовий датчик, операційні підсилювачі, мікроконтролер STM32F103C8T6 та інші компоненти. Схема була оптимізована для забезпечення максимальної надійності та ефективності роботи.

4. Проведено розрахунок показників надійності пристрою. Розрахунки показали, що час напрацювання на відмову для розробленого пристрою становить приблизно $4.57038 \cdot 10^4$ годин, що свідчить про високу надійність системи.

5. Розроблено друковану плату для пристрою з використанням програмного забезпечення Altium Designer. Плата була виготовлена з урахуванням вимог до точності і надійності, що забезпечує стабільну роботу пристрою в різних умовах експлуатації.

6. Створено корпус для пристрою, що забезпечує надійний захист компонентів від зовнішніх впливів та зручність монтажу.

В результаті виконання дипломного проекту був розроблений надійний і точний пристрій для виявлення руху на основі ефекту Доплера, який може

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		51

бути використаний в системах безпеки, автоматизації будівель, промислових застосуваннях та інших сферах. Проект досяг поставлених цілей і завдань, що свідчить про його успішність і перспективність для подальшого впровадження.

					<i>PE02.425149.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>52</i>

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. Эффект Доплера. URL: <https://zaochnik.ru/blog/effekt-doplera-dlya-chajnikov-sut-yavleniya-primeneniya/>
2. Характеристика Doppler Radar Motion Sensor Module (RCWL-0516). URL: <https://www.elecrow.com/rcwl-0516-microwave-radar-sensor-switch-module-body-induction-module-4-28v-100ma.html>
3. Характеристика Microwave Motion Sensor Module (CDM324). URL: <https://www.icstation.com/cdm324-24ghz-microwave-human-body-motion-sensor-module-radar-induction-switch-sensor-p-8962.html>
4. Характеристика Датчика K-LD2 Microwave Sensor. URL: <https://www.digikey.lt/en/product-highlight/r/rfbeam/k-ld2-radar-sensor>
5. Характеристика Датчика HB100. URL: <https://arduino.ua/ru/prod1432-datchik-dvijeniya-na-effekte-doplera>
6. Характеристика Датчика HB100. URL: https://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/MSAN-001_AGILSENSE.pdf
7. Характеристика Микросхеми LM324. URL: <https://pdf1.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/view/22751/STMICROELECTRONICS/LM224-LM324.html>
8. Характеристика STM32F103C8T6. URL: <https://www.datasheetmeta.com/search.php?q=STM32F103C8T6>
9. Характеристика Регулятор напруги LM338. URL: <https://www.ti.com/product/LM338>

					PE02.425149.001 ПЗ	Лис
						53
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Міністерство освіти та науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки

ПОГОДЖЕНО

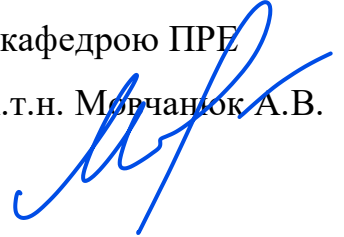
Керівник дипломного проекту

Новосад А.А.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедрою ПРЕ

доцент., к.т.н. Морчанок А.В.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до дипломного проекту

за темою «Детектор руху на ефекті Доплера»

Виконавець: студ. гр. РЕ-02

Фіголь В.Ю.

1. НАЗВА ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Детектор руху на основі ефекту Доплера.

Підставою до виконання є завдання, видане кафедрою ПРЕ.

2. ВИКОНАВЦІ

Керівник — Новосад Андрій Анатолійович

Виконавець — Фіголь Владислав Юрійович

3. МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою розробки є створення детектора руху на основі ефекту Доплера, який забезпечує високу точність і надійність виявлення рухомих об'єктів на близьких відстанях для використання в системах безпеки та автоматизації.

4. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Вимоги призначення

Виявлення руху об'єктів на відстані до 10 метрів.

Генерація сигналу тривоги при виявленні руху.

Робота в умовах денного та нічного часу.

4.2. Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів та чинників

Кліматичне виконання УХЛ 4 за ГОСТ 15150-69.

Захист від механічних пошкоджень М1 за ГОСТ 17516.1-90.

4.3. Вимоги надійності

Час безвідмовної роботи: не менше 10 000 годин.

Середній строк служби: не менше 1 року.

4.4. Вимоги до конструкції

Корпус з пластику (ABS).

Розміри корпусу: 60x60x70 мм.

Конструкція корпусу повинна передбачати можливість кріплення на стіну.

Односторонній монтаж друкованої плати з двома шарами металізації.

4.5. Вимоги до уніфікації та стандартизації

Використання стандартних та уніфікованих деталей та вузлів.

Відповідність конструкції вимогам ДСТУ 7264:2012.

4.6. Вимоги щодо метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації

- Відповідність виробу ДСТУ ISO 9001:2001.

4.7. Вимоги до безпеки життя, здоров'я, майна громадян та охорони довкілля

Відповідність стандартам техніки безпеки та електробезпеки, зокрема ДСТУ 3994-2000, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.1.006-84.

4.8. Вимоги до транспортування і зберігання

Транспортування автомобільним, залізничним та авіаційними видами транспорту в упакованому вигляді.

5. ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Пакування і маркування за ДСТУ 4171-2003.

Консервація не передбачена.

Упаковка повинна мати достатню міцність для транспортування.

6. ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАЛЬНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Пояснювальна записка.

Схема структурна.

Схема електрична принципова.

Специфікація.

Конструкція корпусу та надійність.

7. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

7.1. Гранична ціна

Гранична ціна встановлюється виробником з урахуванням затрат на виробництво продукції.

7.2. Економічний ефект

Собівартість продукції обумовлена одиничним виробництвом з використанням якісних елементів.

ДОДАТОК Б

Габаритне креслення

ДОДАТОК В

Схема електрична принципова

ДОДАТОК Г

Розподіл живлення

Листів: 1

Сторінок: 1

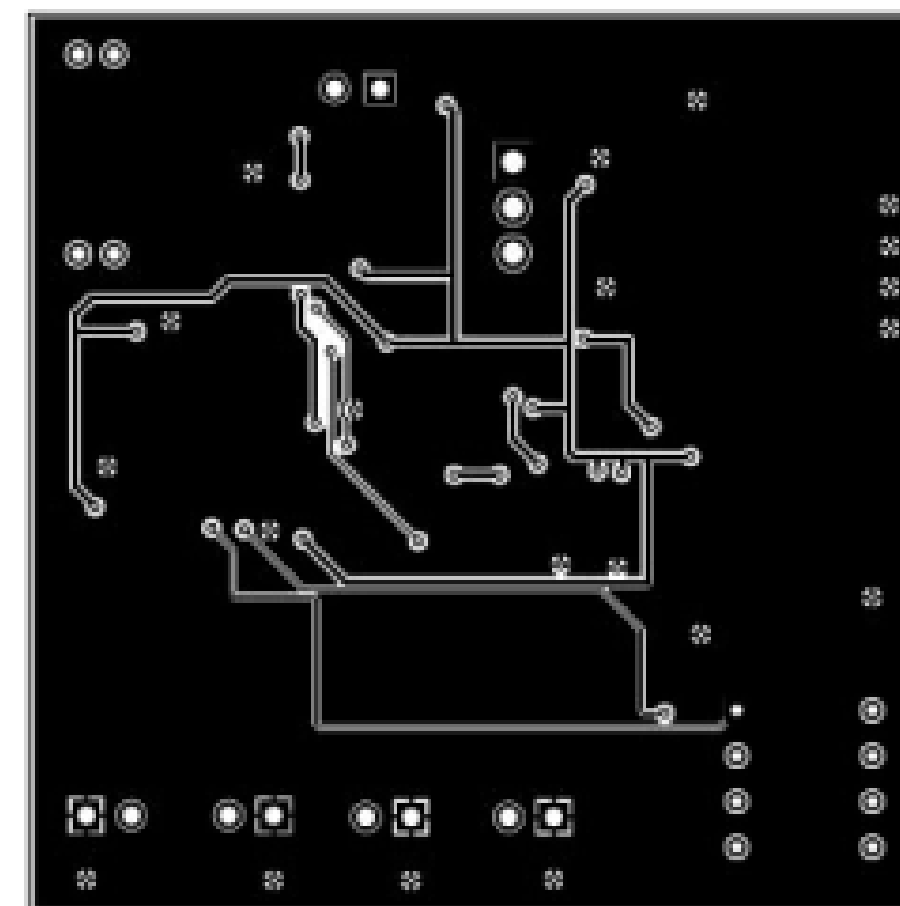
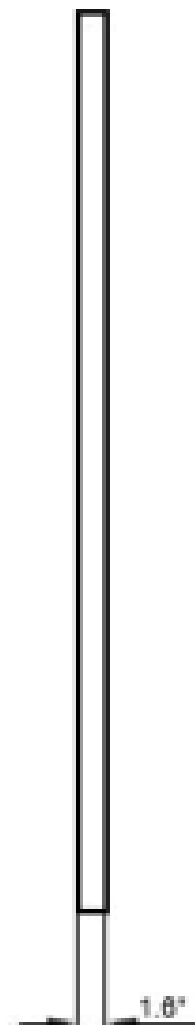
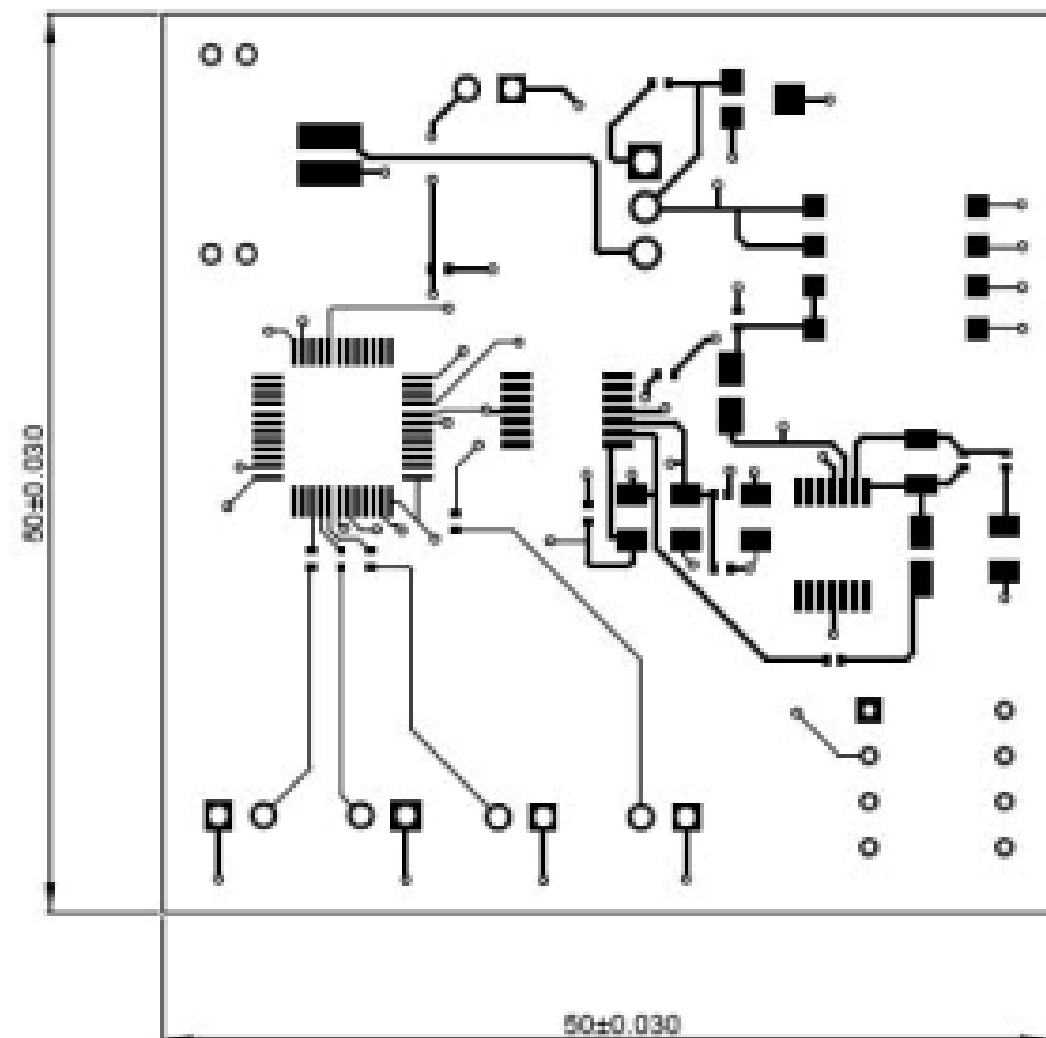
Листів: 1

Мисл. №: 001

Взам. акт. №:

Листів: 1

Мисл. №: 001



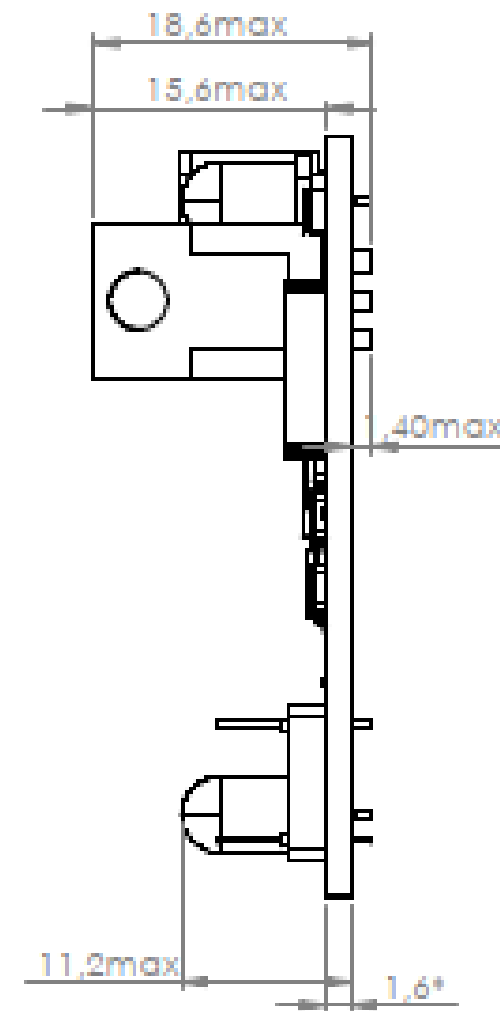
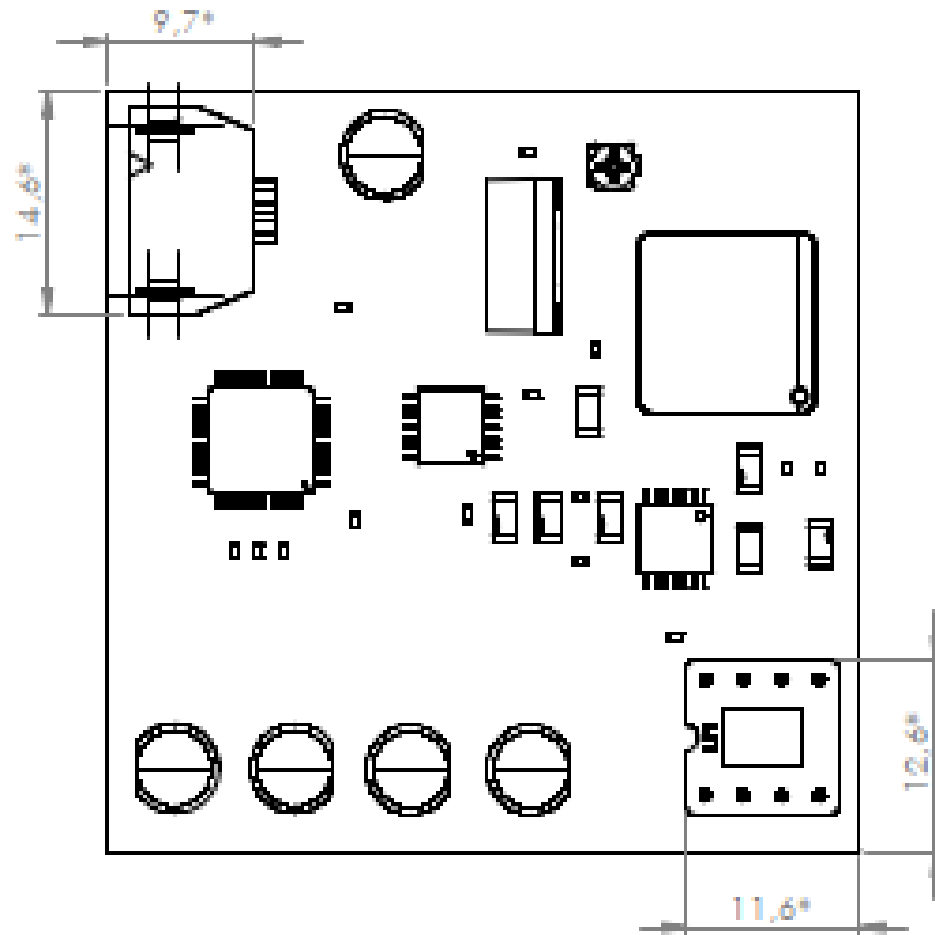
1. *Розміри для довідок.
2. Плату виготовити комбінованим методом.
3. Плата має відповідати ГОСТ 23751-86, клас 3.
4. Параметри друкованих провідників, кількість та розміри отворів мають відповідати електронному документу PE02.425149.001 ПЗ.
5. Покриття фольгований склотекстоліт FR-4

				PE02.425149.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Друкований вузол розподіл живлення	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		ФігольВ.Ю.						2:1
Пров.		НовосадА.А				Лист	Листов	
Т. контр.								
Н. контр.					FR-4	PE-02, РТФ		
Утв.								

ДОДАТОК Г

Складальний кресленик

PE02.425149.001 СК



- *Разміри для довідок.
- Позначення елементів показані умовно і відповідають схемі електричній принциповій PE02.425149.001 ЕЗ та переліку елементів PE02.425149.001 ПЗ.
- Паяти припоєм Sn99.3Cu0.7 ГОСТ Р 53631-2009.

				PE02.425149.001 СК		
				Друкований вузол складальний кресленник		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Фіголь В.Ю.					2:1
Пров.	Новосад А.А.			Лист		Листов
Т. контр.				PE-02, РТФ		
Н. контр.						
Утв.						

ДОДАТОК Д

Перелік елементів

Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
	<u>Датчики</u>		
		1	
U2	HB100		
	<u>Діоди</u>		
D1, D2, D3, D4, D5	Red 617nm LED Indication - Discrete 2V Radial	5	
	<u>Конденсатори</u>		
C3, C4, C7	SMD 1206 4.7uF	3	
C5, C6	SMD 0603 5.6uF	2	
C1	SMD 1206 100uF 6.3V X5R (CL31A107MQHNNWE)	1	
C2	SMD 0805 0.1uF	1	
	<u>Конектори</u>		
Connector	Right Angle power connector	1	
SAMTEC_APA-308-X-X	APA-308-X-X	1	

					PE02.425149.001 ПЕ			
		№ докум	Підпис	Дата				
Розробив	Фісоль В.Ю				Детектор руху на ефекті Доплера Перелік елементів	Лист	Арк.	Аркуші
Перевір.	Новосад А.А						1	2
Реценз.						НТУУ «КПІ» РТФ		
Н.Контр.								
Затверд.								

ДОДАТОК Е

Специфікація

