

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ"
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електронних систем

Мельник Ілля Павлович

Гібридна система виявлення руху
з підвищеною завадостійкістю на основі
пасивного інфрачервоного сенсора та радара

Спеціальність 171 Електроніка
Освітня програма Електронні системи

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістра

Науковий керівник:
Зяць Тарас Михайлович
к.ф-м.н
(доцент)

Регістрація _____
(номер)

« ____ » _____ 2025 р. _____
(підпис)

Тетяна СЕМАК


Кваліфікаційна робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

_____ підпис _____
Тарас ЗАЯЦЬ
к.ф.-м.н., доцент

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

 _____
(підпис) **Євген ОЛЕЙНІКОВ**
(Ім'я, Прізвище)

М.Н.С. доктор філософії
(науковий ступінь, вчене звання)

УЖЖТЛУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедрою,
доц. _____ (Заяць Т. М.)
“ ____ ” _____ 2025 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну роботу магістра
на тему:

**ГІБРИДНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ РУХУ
З ПІДВИЩЕНОЮ НАВАГОСТІЙКІСТЮ НА ОСНОВІ
ПАСИВНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО СЕНСОРА ТА РАДАРА**

Студента групи ЕС: Іллі МЕЛЬНИКА
Керівник: кандидат фіз.-мат. наук, кафедри ЕС
Тарас ЗАЯЦЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. _____ (Заяць Т. М.)

“ ____ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра
студенту Мельнику Іллі Павловичу

1. Тема роботи: Гібридна система виявлення руху з підвищеною завадостійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара

Затверджена на засіданні кафедри (протокол №__ від _____ 2025 р.)

2. Термін закінчення роботи: 16 грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи.

1. Розробити конструкцію пристрою охорони на основі піроелектричного датчика.

Провести синтезм структурної та принципової схеми, а також повний розрахунок пристрою охорони.

2. Живлення від мережі стандартного блока живлення USB Type-C, чи від автономного джерела по типу PowerBank;
3. Діапазон роботи датчика руху – ІЧ; НВЧ;
4. Мінімальна споживана потужність – до 2Вт

Умови експлуатації:

Діапазон температур: $t = +5 \dots +60 \text{ }^\circ\text{C}$;

вологість 45...80%;

атмосферний тиск 86...104 кПа.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

- 1) Вступ. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування .
- 2) Синтез та аналіз структурної та функціональної схеми об'єкту проектування та її опис.
- 3) Технічна пропозиція та її обґрунтування і опис.
- 4) Розрахунок електричних параметрів окремих фрагментів принципової схеми та дослідження дискретних елементів при необхідності.
- 5) Синтез друкованої плати
- 6) Визначення розмірів контактних площадок та друкованих провідників.
- 7) Вибір варіантів встановлення радіоелементів на друкованій платі.

- 8) Тепловий розрахунок пристрою.
- 9) Розрахунок теплових режимів пристрою.
- 10) Розрахунок характеристик надійності пристрою.
- 11) Економічна частина.
- 12) Охорона праці.
- 13) Висновки.

5. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Т. контроль	Папп О.В.		
Інформ. контроль			

Дата видачі завдання _____ 2025 року.

Керівник роботи _____ (доц. Заяць Т.М.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання _____ (Мельник І.П.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КРМ	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2024 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2025 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2025 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 10.04.2025 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2025 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра.	до 10.10.2025 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Гібридна система виявлення руху з підвищеною завадостійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радару.» / УжНУ; Керівник Заяць Т. М.; Студент Мельник І.П., група ЕС.

Пояснювальна записка: 57 сторінок, 13 рисунків, 4 таблиць, 18 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 4 листи формату А1.

Об'єкт розробки – створення структурної та принципової схеми гібридної системи виявлення руху з підвищеною завадостійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радару.

Метод дослідження – аналіз прототипів та аналогічних систем, синтез структурної та принципової схеми, а також її реалізація у вигляді електронної принципової схеми.

У процесі виконання цієї роботи було проведено пошук та аналіз аналогів проєктованого об'єкта. Відповідно до отриманих даних і вимог технічного завдання були розроблені структурна та принципова схеми. Проектно-конструкторський розділ включає синтез структурної та принципової схеми, опис роботи пристрою та відповідні розрахунки.

ГІБРИДНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ РУХУ, ПАСИВНИЙ ІНФРАЧЕРВОНИЙ СЕНСОР,
МІКРОХВИЛЬОВИЙ РАДАР, ДОПЛЕРІВСЬКИЙ ЕФЕКТ, ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ОХОРОНІ
СИСТЕМИ

ABSTRACT

Master's Qualification Thesis on the topic "Hybrid Motion Detection System with Increased Interference Immunity Based on a Passive Infrared Sensor and Radar" / Uzhhorod National University;

Supervisor: T. M. Zaiats;

Student: I. P. Melnyk, group ES.

Explanatory note: 57 pages, 13 figures, 4 tables, 18 references, 4 appendices.

Graphic part: 4 sheets of A1 format.

Object of development – the design of the structural and schematic diagrams of a hybrid motion detection system with increased interference immunity based on a passive infrared sensor and a radar.

Research method - analysis of prototypes and similar systems, synthesis of the structural and schematic diagram, as well as its implementation in the form of an electronic circuit diagram.

In the process of performing this work, a search and analysis of analogues of the projected object was carried out. In accordance with the data obtained and the requirements of the technical task, the structural and circuit diagrams were developed. The design and development section includes a synthesis of the structural and circuit diagrams, a description of the device operation and relevant calculations.

HYBRID MOTION DETECTION SYSTEM, PASSIVE INFRARED SENSOR, MICROWAVE RADAR,
DOPPLER EFFECT, INTERFERENCE IMMUNITY, SECURITY SYSTEMS

ЗМІСТ

1 Вступ	9
2 Огляд та аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	10
2.1. Детектори переміщення, конструкція, застосування.....	10
2.2 Піроелектричний сигналізатор в охоронній системі.....	17
2.3 Пасивний інфрачервоний датчик руху.....	20
2.4 Інтерфейси ПЧ-датчика.....	24
2.5 Використання мікрохвильових радарних сенсорів.....	25
2.6 Математична модель доплерівського радара.....	27
3 Розрахунок основних блоків пристрою	29
3.1 Структурна схема пристрою	29
4. Конструкторсько-технологічний розділ	35
4.1 Визначення розмірів монтажних отворів	35
4.2 Розрахунок контактних майданчиків	36
4.3 Розрахунок мінімальної ширини лакованого провідника	36
4.4 Тепловий розрахунок.....	37
4.5 Розрахунок характеристик надійності пристрою.	40
5. Економічна частина.....	43
5.1. Розрахунок собівартості спроектованого приладу.....	43
5.2. Розрахунок кількості та вартості матеріалів	44
5.3. Розрахунок кількості й вартості покупних комплектуючих.....	44
6. Заходи по охороні праці та захисту навколишнього середовища.....	47
7.Висновок.....	51

				<i>КРМ.ЕС. 20050054.001 ПЗ</i>			
<i>Ви</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник І.П</i>		Гібридна система виявлення руху з підвищеною заводстійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевіри</i>		<i>Заяць Т.М.</i>			Н	7	57
<i>Н.Конт</i>		<i>Папп О.В.</i>		<i>УжНУ, ІТФ, гр.ЕС, 2-курс</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Заяць Т.М.</i>					

1. ВСТУП

Охорона об'єктів промислового призначення, державних установ, а також приватної власності залишається однією з актуальних задач сучасної інженерії. Зростання масштабів виробничих комплексів, адміністративних будівель і приватних територій зумовлює необхідність застосування ефективних систем контролю несанкціонованого доступу, які забезпечують своєчасне виявлення фактів проникнення та оперативне реагування на загрози безпеці.

Одним із найбільш поширених і ефективних способів вирішення цієї задачі є використання електронних охоронних систем, що дозволяють здійснювати цілодобовий моніторинг стану об'єктів. Особливої переваги такі системи набувають при охороні приміщень та споруд, просторово рознесених на значних територіях, оскільки застосування відносно недорогих технічних засобів дозволяє забезпечити високу надійність захисту та швидке виявлення несанкціонованого доступу.

розробки креслень та конструкторської документації;
виконання необхідних розрахунків при конструюванні.

Практика експлуатації охоронних систем свідчить, що використання лише одного типу датчика не завжди забезпечує достатню завадостійкість та може призводити до хибних спрацювань. Тому фахівці рекомендують застосування комбінованих або багатоканальних систем сигналізації, у яких рішення про наявність загрози приймається на основі інформації від кількох незалежних сенсорів.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань у галузі конструювання радіоелектронної апаратури, поглиблене вивчення принципів побудови охоронних систем відповідно до обраної теми, а також розвиток навичок виконання інженерних розрахунків і самостійної проектної роботи.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1. Детектори переміщення, конструкція, застосування.

Існує кілька видів детекторів переміщень, які різняться між собою по типу використовуваних датчиків. Розглянемо детектори переміщення на основі датчиків інфрачервоного (ІЧ) випромінювання.

ІЧ випромінювання присутнє в електромагнітному спектрі. Його довжина хвилі більше довжини хвилі видимого світла. ІЧ випромінювання неможливо побачити неозброєним оком, але воно визначається за допомогою спеціальних датчиків. Людське тіло, а також тіла тварин активно випромінюють в ІЧ діапазоні. Максимум такого випромінювання припадає на довжину хвилі 9,4нм.

Для детектування ІЧ випромінювання застосовують піроелектричні датчики. Їх створюють на основі спеціального кристалічного матеріалу, здатного при впливі на нього ІЧ випромінювання виробляти поверхневий електричний заряд. Цей заряд підсилюється вбудованим в ІЧ датчик підсилювачем на польовому транзисторі, що забезпечує формування керуючої напруги. Оскільки датчик реагує на ІЧ випромінювання в широкому діапазоні, для звуження діапазону застосовується спеціальний фільтр, що обмежує сприйняття датчиком ІЧ випромінювання тільки в діапазоні від 8 до 14 нм.

На рис. 1 зображена структурна схема детектора переміщень. Вивід 2 датчика через шунтуючий резистор опором 100 кОм з'єднаний з корпусом. Сигнал з датчика подається на двохкаскадний підсилювач, що забезпечує загальний коефіцієнт підсилення 10000. При типовому застосуванні смуга пропускання підсилювача обмежена до 10 Гц для ослаблення високочастотних перешкод і надійного спрацьовування компаратора при сприйнятті позитивних і негативних перепадів вихідної напруги датчика. Добре відфільтрована напруга живлення величиною від 3 до 15 В подається на вивід 1 датчика.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

10

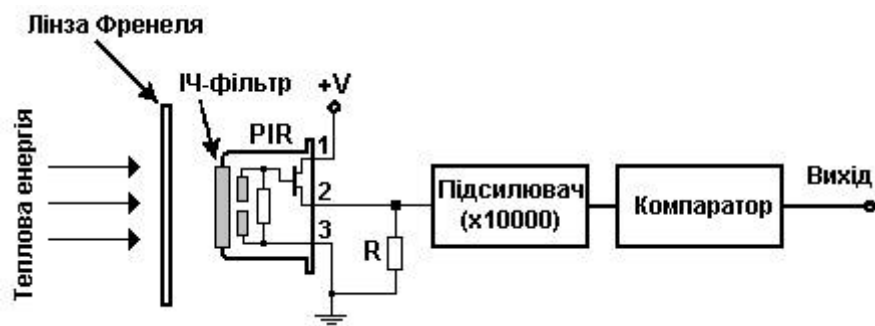


Рис.1. Структурна схема роботи детектора

Датчик RE200В має два чутливих елементи, включених за схемою компенсації напруги. Такий спосіб включення дозволяє позбутися від сторонніх сигналів, викликаних вібрацією, зміною температури та сонячного засвітлення.

При переміщенні людини у зоні дії датчика спочатку активізується один елемент, а потім інший (рис. 2). Джерело випромінювання переміщається в горизонтальній площині. При цьому виводи 1 і 2 також повинні бути розташовані в горизонтальній площині.

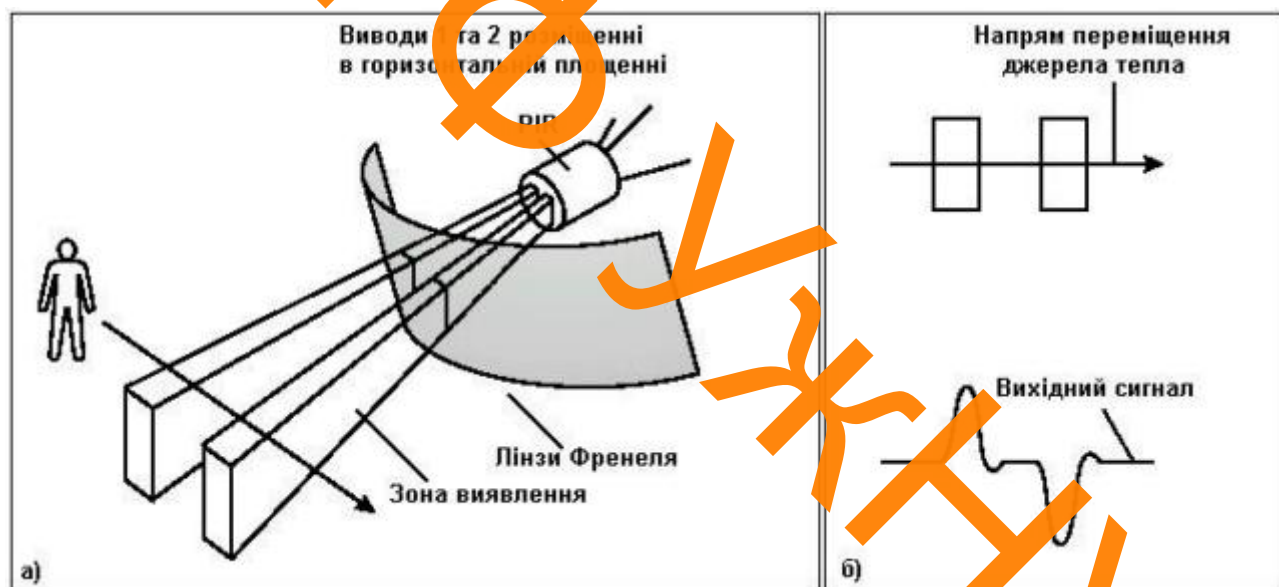


Рис.2. Принцип роботи детектора переміщень

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

11

Для збільшення дальності зони дії датчика застосовують лінзи Френеля. З їхнім використанням ця зона збільшується приблизно до 25-30 м. Разом з датчиком встановлюється комплект лінз (FL65). Лінза є збірною, але, на відміну від звичайних опуклих лінз, лінзи Френеля мають набагато менші розміри, обумовлені їхньою конструкцією (рис. 3).

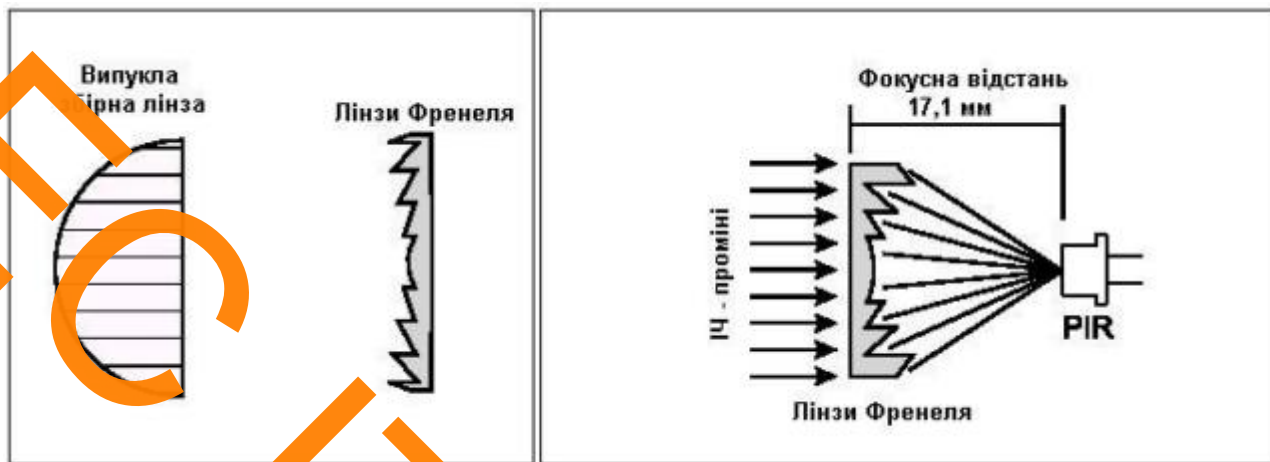


Рис.3. Принцип роботи лінзи Френеля

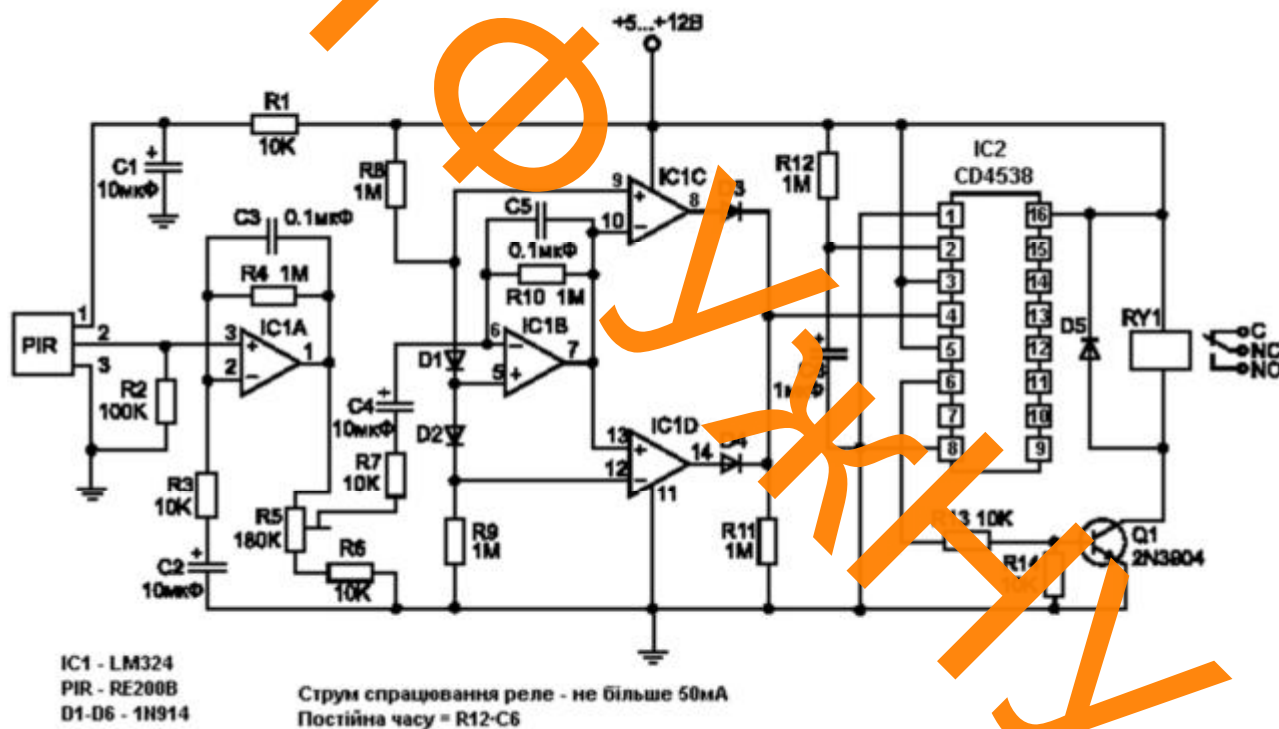


Рис. 4. Типова схема застосування ІЧ датчика переміщення.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ

Арк.

12

Елементи R11 і С6 задають час включення реле RY1 після спрацювання датчика переміщення. У схемі використовується датчик типу RE200 В, що має наступні характеристики:

- реакція на теплове випромінювання в спектрі 5...14 нм;
- вихідна напруга 20 мВ;
- напруга шумів 0,4 мВ;
- напруга зміщення 0.1 В;
- напруга живлення від 2,2 до 15 В;
- робоча температура від -30 до +70°C.

Виводи датчика внутрішньо з'єднані: вивід 1 - зі стоком, вивід 2 - із живленням польового транзистора, вивід 3 - спільний. Між виводами 2 і 3 повинен бути включений резистор опором 100 кОм.

У схемі детектора переміщень використовується операційний підсилювач LM324. Перші два ОП - IC1A, IC1B - виконують функції підсилювача, два інші - функції компаратора.

Випрямлений діодами D3, D4 сигнал надходить на одинвібратор IC2, що управляє транзисторним ключем Q1. У коло колектора транзистора Q1 включена обмотка виконавчого реле.

Не завжди буває зручно або можливо зв'язати датчик з виконавчим пристроєм за допомогою проводів. У таких випадках оптимально зв'язок датчика з виконавчим пристроєм по радіоканалу. У країнах Європи й США дозволена робота пристроїв дистанційного керування та автосигналізацій на частоті 418 МГц.

Якщо раніше існували деякі труднощі в проектуванні виготовленні таких приймаюче-передаючих пристроїв, то після випуску уніфікованих модулів передавача TM1V і приймача RM1V проблема реалізації зв'язку пристроїв дистанційного керування по радіоканалу на частоті 418 МГц зникла.

На рис. 5 наведена схема передавального модуля ПЧ датчика переміщення. Підсилювач сигналу датчика виконаний на здвоєному ОУ типу MAX407 від фірми Maxim, або LT1495 від фірми Linear Technologies. Елементи R3, R4, C2 визначають коефіцієнт підсилення ОУ IC1A і рівень опорної напруги. Конденсатор C3

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує звуження смуги пропускання підсилювача до 10 Гц. Елементи R5, R6, R7, R10 визначають коефіцієнт підсилення ОУ IC1B, а конденсатор C5 обмежує його смугу пропускання до 10 Гц. Резистори R7 і R9 визначають величину напруги зміщення, що повинна бути рівної 2,5 В.

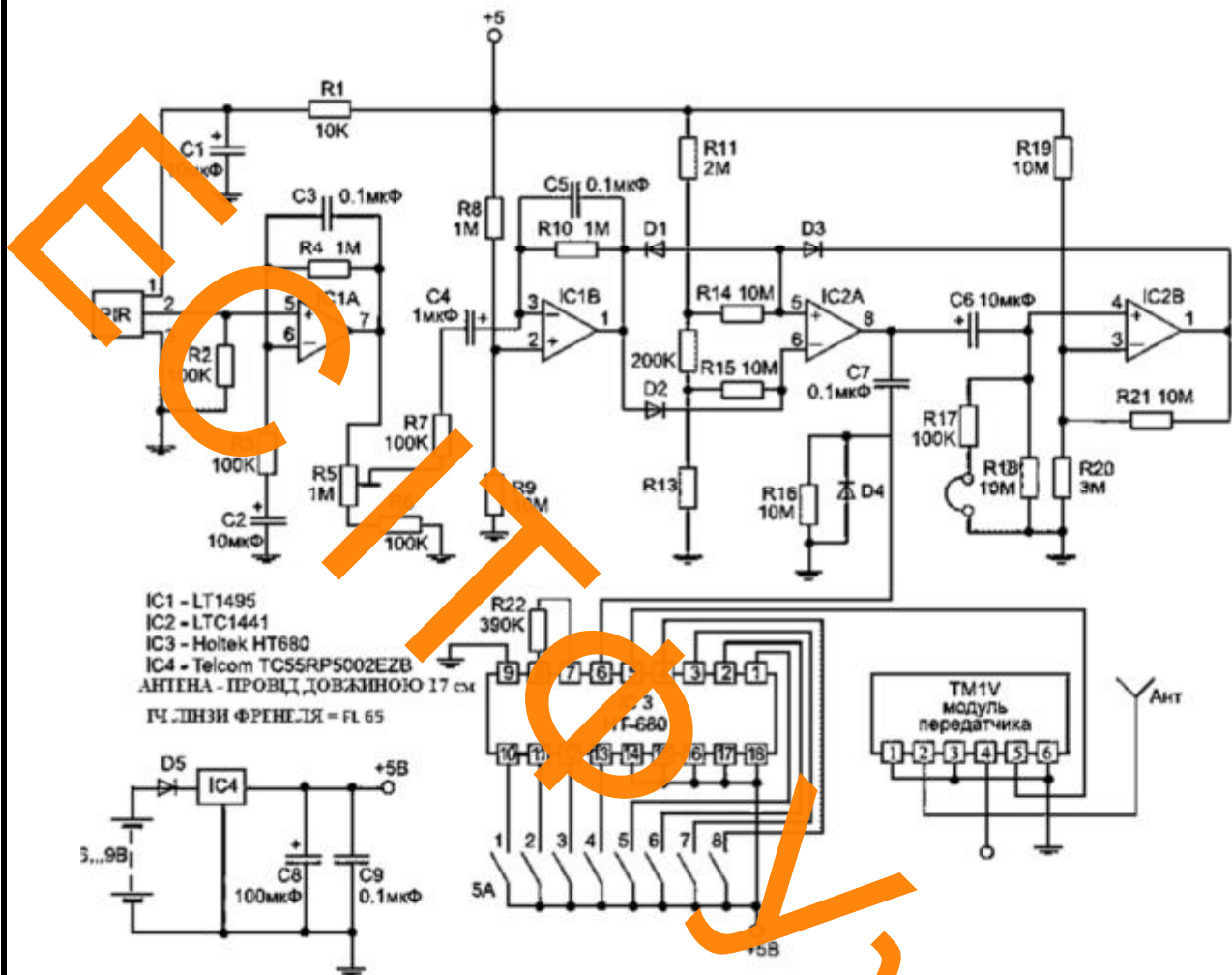


Рис. 5. Схема електрична принципова детектора руху з радіомодулем

Компаратор модуля зібраний на основі здвоєного компаратора MAX922 або LTC1440. Причому IC2A виконує функції компаратора, а IC2B - функції одновібратора. При відсутності переміщення напруга на виході детектора відсутня, напруга на виході IC1B (вивід 1) становить 2,5В. Через дільник R11 R17 R13 напруга зміщення через R14, R15 прикладається до виводів 5 і 6 IC2A. Напруга на виводі 5 на 250 мВ перевищує напруга на виводі 6. У результаті цього на виводі 8 є присутнім рівень логічного 0.

При переміщенні людини в зоні дії ІЧ датчика на виводі 1 IC1B виникає позитивний перепад напруги, що через діод D2 надходить на вивід 6 IC2A, і в

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

результаті його потенціал стає вище потенціалу на виводі 5. На виводі 8 IC2A формується високий рівень. Потім по другому сигналу з датчика на виводі 1 IC1B формується негативний перепад. Це у свою чергу призводить до зниження потенціалу на виводі 5 IC2A, що також формує напругу високого рівня на виводі 8 IC2A.

Позитивний перепад напруги на виводі 8 IC2A через конденсатор C6 надходить на IC2B. У результаті на її виході (вивід 1) формується низький рівень. Цей рівень через діод D3 прикладається до виводу 5 IC2A і перемикає стан цієї мікросхеми через розрядку конденсатора C6 через резистор R17 або R18. Перемикачі PJ використовують для зменшення часу перемикання при перевірці роботи схеми.

Коли конденсатор C6 розрядиться до напруги, меншої величини опорної напруги на виводі 3 IC2B перемикається, і напруга на виводі 1 знову зростає. Часозадаюче коло C6R15R16 задає постійну часу.

Резистори R19, R20, R21 формують гістерезис каскаду на IC2B, що забезпечує незалежність напруги на виході IC2B у процесі розряду конденсатора C6 від флуктуацій (випадкових відхилень) сигналу. Коло C7R16D4 призначено для формування короткого негативного імпульсу, що надходить на кодер IC3 і активізує передачу кодової цифрової послідовності імпульсів.

У процесі перемикання IC2B кодер формує три групи бітів, що містить дані і адресну інформацію, і послідовно передає їх на модуль передавача TM1V. Кодер програмується чотирьохпозиційним DIP перемикачем SA1-4 відповідно із шістнадцяти адрес, що забезпечує роботу декількох незалежних пристроїв такого типу. Вхід даних також програмується за допомогою перемикачів SA5-8 для ідентифікації передавача по номеру (1-4). Тільки один із цих перемикачів може перебувати у включеному стані.

Схема живиться від батареї напругою 6...9 В. Робоча напруга становить 5 В. Як стабілізатор напруги застосований мікропотужний стабілізатор напруги TC55RP5002EZB фірми Telcom (IC4). Завдяки цьому струм, споживання схемою в режимі очікування, становить усього лише 20 мкА - в 100 разів менше, ніж

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживаний струм в інших детекторах переміщень.

Сигнал від детектора переміщень приймає модуль приймаючого пристрою, у який входить модуль приймача RM1V, пов'язаний з NT694 фірми Holtek, програмуючим перемикачем SA для роботи з певним передавачем. Схема послідовно одержує три групи бітів, що містить дані та адресну інформацію, зберігає їх, а потім порівнює одні з іншими. При їх збігу, декодовані дані виводяться на одному з виводів - 1, 2, 3 або 4 - залежно від того, який перемикач вибору номеру передавача включений. Потім керуючий сигнал високого рівня надходить на чотириелементну схему- засчелку IC3. На виводі 5 IC1 при прийманні вірних даних завжди формується сигнал логічної 1, який відкриває транзистор і запускає таймер IC2, формуючи на виводі 3 (вихід Momentary) сигнал тривалістю близько 200 мс. Цей сигнал використовується для керування зумером, що служить для індикації роботи передавача. У наведеній на рис. 6 схемі використовуються виходи на попарних транзисторах з робочим струмом стоку близько 150 мА, що досить для підключення світлодіодних індикаторів. Є можливість скидання в нульовий стан мікросхеми IC3. Для цього короткочасно з'єднуються вивід Reset з виводом джерела живлення +5В. Звичайно первинним джерелом живлення для такої схеми служить мережний адаптер на напругу 12В.

Разом із приймачем можна використовувати різні виконавчі пристрої, наприклад електромагнітні або твердотільні реле, що включають освітлювальні прилади або сигналізацію.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

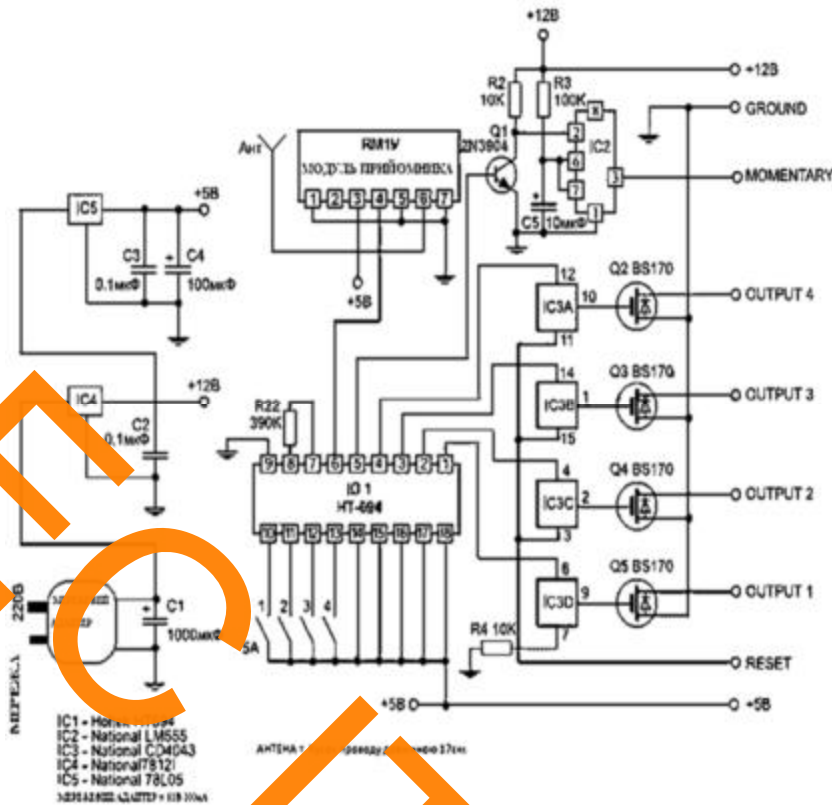


Рис. 6. Схема комутації системи сповіщення при спрацюванні детектора

2.2 Піроелектричний сигналізатор в охоронній системі.

Піроелектричні датчики інфрачервоного випромінювання мають досить високу чутливість, зручні в підключенні й порівняно недорогі.

Найбільш доступні й широко розповсюджені датчики "SRP PLUS" які дають в середньому одне-два хибних спрацювань за час біль восьми годин. Із цієї причини застосування піроелектричних датчиків в охоронних системах вимагає вживання заходів по боротьбі з хибними спрацюваннями. Приведений пристрій дозволяє з успіхом використовувати практично будь-який виробник для надійної охорони приміщення.

Датчик являє собою самостійний електронний блок, з напругою живлення 12В. При відсутності руху в зоні огляду датчика опір між виводами "Relay" мінімально (кілька десятків Ом - "контакти замкнуті"), при спрацюванні - збільшується до десятків МОм ("контакти розімкнуті"). Максимальний час реакції датчика - 2...3с, навіть при швидкому русі об'єкта в зоні чутливості. Якщо об'єкт рухається перед датчиком більше тривалий час, то виводи "Relay" можуть весь це час перебувати в стані "розімкнуте" або періодично замикатися й розмикатися,

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

17

якщо об'єкт то входить у зону, то виходить з неї. Дальність дії і кут огляду залежать від типу датчика. Зокрема, у приладі "SRP PLUS" дальність дії досягає 15 м, а кут - 90 град. Після подачі живлення датчик протягом 30с не реагує ні на які об'єкти. Це дозволяє людині, що включила систему охорони, вийти із приміщення, не побоюючись передчасного її спрацьовування. Принцип дії електронного вузла, що працює разом з датчиком, заснований на тому, що виконавчий пристрій охоронної системи включається не відразу після розмикання ланцюга "Relay", а тільки в тому випадку, коли тривалість розімкнутого стану досягне 6..8с або ланцюг розімкнеться двічі протягом певного часу. Оскільки система при цьому буде спрацьовувати із затримкою, необхідно враховувати зазначену обставину, розташовуючи прилад таким чином, щоб він встиг упевнено зреагувати на наявність сторонньої особи.

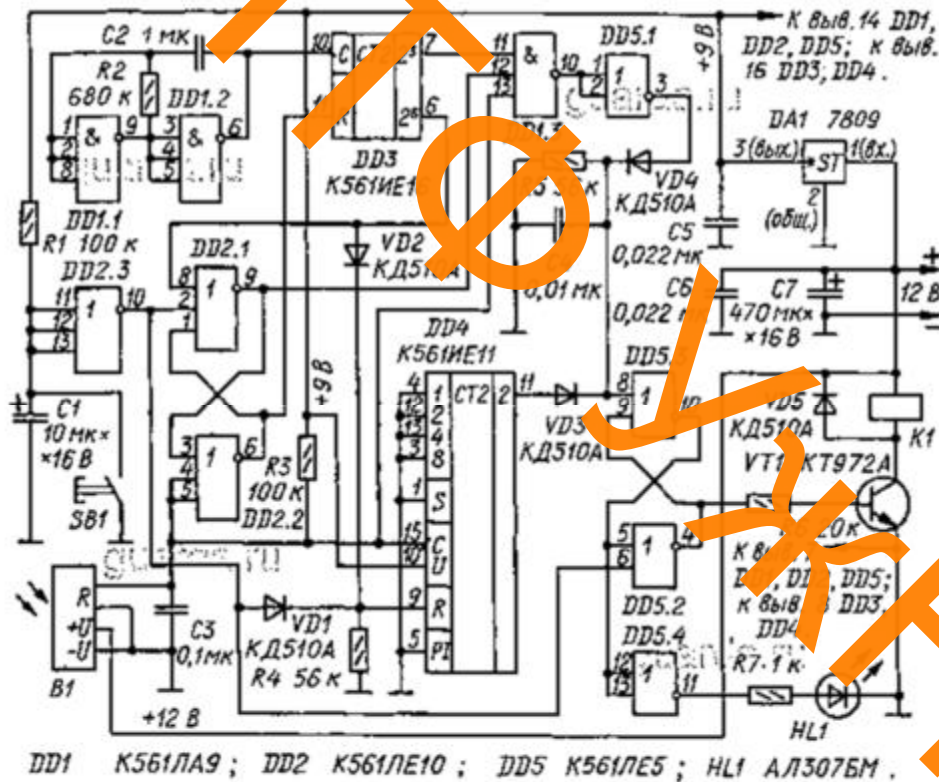


Рис. 7. Схема електрична принципова датчика "SRP PLUS"

Принципова схема вузла показана на рис.7. При включенні живлення ланцюг R1C1 формує імпульс низького рівня, завдяки якому на виході логічного елемента DD2.3 з'являється імпульс високого рівня, що встановлює лічильник DD4 по входу R у нульовий стан, а тригер на елементах DD2.1, DD2.2 - у стан, при якому на його

Виконав				
Керівник				
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

18

верхньому за схемою виході буде низький рівень. Одиничний рівень із нижнього виходу цього тригера забороняє роботу лічильника DD3. На нижні за схемою входи елемента DD2.2 і вході 3 лічильника DD4 - низький рівень, оскільки вихідні виводи R ("Relay") датчика В1 замкнуті. Тригер на елементах DD5.2, DD5.3 також установиться в стан, при якому транзистор VT1 закритий і реле К1 знеструмлене, контакти К1.1, керуючим виконавчим пристроєм, розімкнуті, індикатор HL1 вимкнений. При спрацьовуванні піродатчика В1 його вихідне коло розмикається й на двох нижніх входах елемента DD2.2 тригера встановлюється високий рівень, який перемикає тригер у протилежний стан. На вході R лічильника DD3 установиться низький рівень. Лічильник почне підрахунок імпульсів, що надходять із генератора на елементах DD1.1, DD1.2. Із приходом восьмого імпульсу на виході 2³ лічильника з'явиться високий рівень. Якщо при цьому на нижньому вході елемента DD1.3 буде також високий рівень, тобто вихід датчика продовжує залишатися розімкнутим, то елемент DD1.3 перейде в нульовий стан, що приведе до перемикання тригера DD5.2, DD5.3, спрацьовуванню реле К1 і замикання контактів К1.1, увімкнеться світлодіод HL1. Якщо ж вихід датчика до цього моменту замкне, то елемент DD1.3 не перемикнеться. Лічильник DD3 продовжить рахунок імпульсів і через 64 такту на його виході 2⁶ з'явиться високий рівень, що перемкне тригер DD2.1, DD2.2 у вихідний стан. Якщо ж протягом цього часу датчик спрацює двічі, на виході 2 лічильника DD4 з'явиться високий рівень, що також перемкне тригер DD5.2, DD5.3 і замкне контакти К1.1. У випадку, коли датчик сформує тільки один імпульс, на шістдесят четвертому такті лічильник DD4 обнулиться імпульсом, що пройшов через діод VD2. Пристрій можна при необхідності в будь-який момент примусово перемикнути в стан готовності натисканням на кнопку SB1. Живитися схема може від нестабілізованого джерела напругою 12В. Всі мікросхеми живляться внутрішнім стабілізатором DA1. Затримка спрацьовування системи, як говорилося вище, більше 30с. При необхідності збільшити затримку вдвічі потрібно замінити резистор R1 на інший - опором 3 МОм і конденсатор С1 - ємністю 30 мкФ. Конденсатор варто вибрати з мінімальним струмом витоку.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Пасивний інфрачервоний датчик руху

Пасивний інфрачервоний датчик руху з живленням від мережі ~220В випускається в комплекті з галогеновим прожектором і сконструйований як єдиний пристрій. Пасивним називається тому, що він не підсвічує контрольовану зону інфрачервоним випромінюванням, а використовує його фонове інфрачервоне випромінювання.

Призначення ІЧ-датчика та практичне застосування

Датчик призначений для автоматичного включення навантаження, наприклад прожектора при входженні в зону контролю об'єкта, який рухається, і вимикання його після виходу об'єкта із зони, для освітлення фасадів будинків, господарських дворів, сходовельних майданчиків і т.д.

Технічні дані пасивного ІЧ-датчика моделі 1VY7015

Напруга живлення пристрою ~220В, струм споживання самого датчика в режимі охорони 0,021 А, що відповідає споживаній потужності 4,62 Вт.

Максимальний радіус виявлення об'єкта, що рухається (поперед датчика) 12 м, зона чутливості в горизонтальній площині...180°, регульована затримка освітлення (після виходу об'єкта із зони контролю) від 5...10 с до 10...15 хв.

ІЧ-датчик може перебувати в одному з наступних режимів. “Режим охорони”, при якому стежить за контрольованою зоною та готовий у будь-який час включити виконавче реле (навантаження). “Режим тривоги”, при якому датчик за допомогою виконавчого реле включив навантаження, тому вийшов із контрольовану зону потрапив об'єкт, що рухається. “Сплячий режим”, при якому датчик, перебуваючи у включеному стані (під струмом), у денний час, не реагує на зовнішні подразники, а з настанням сутінків (темряви) автоматично переходить в “Режим охорони”. Цей режим передбачений для того, щоб не включати освітлення в денний час. Після подачі живлення датчик починає з “Режиму тривоги”, а потім переходить в “Режим охорони”.

Принцип роботи пасивного ІЧ-датчика

Фонове інфрачервоне випромінювання контрольованої зони за допомогою переднього скла (лінзи) фокусується на фототранзисторі, чутливому до

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ІЧ-випромінювання. Далі мала напруга підсилюється за допомогою операційних підсилювачів (ОУ) мікросхеми, що входить у схему датчика. У нормальних умовах електромеханічне реле включення навантаження знеструмлено. Як тільки в контрольованій зоні з'являється рухомий об'єкт, освітленість фототранзистора змінюється, і він видає на вхід ОУ змінену напругу. Підсилений сигнал виводить схему з рівноваги, спрацьовує реле, що включає навантаження, наприклад лампу. Як тільки об'єкт виходить із зони, лампа якийсь час продовжує світитися, залежно від виставленого часу електронного реле часу, а потім переходить у вихідний стан - "Режим охорони".

Принципова схема пасивного ІЧ-датчика моделі 1VY7015 показана на рис.8. У порівнянні з подібними 12 вольтовими ІЧ-датчиками, схема цієї моделі є простою.

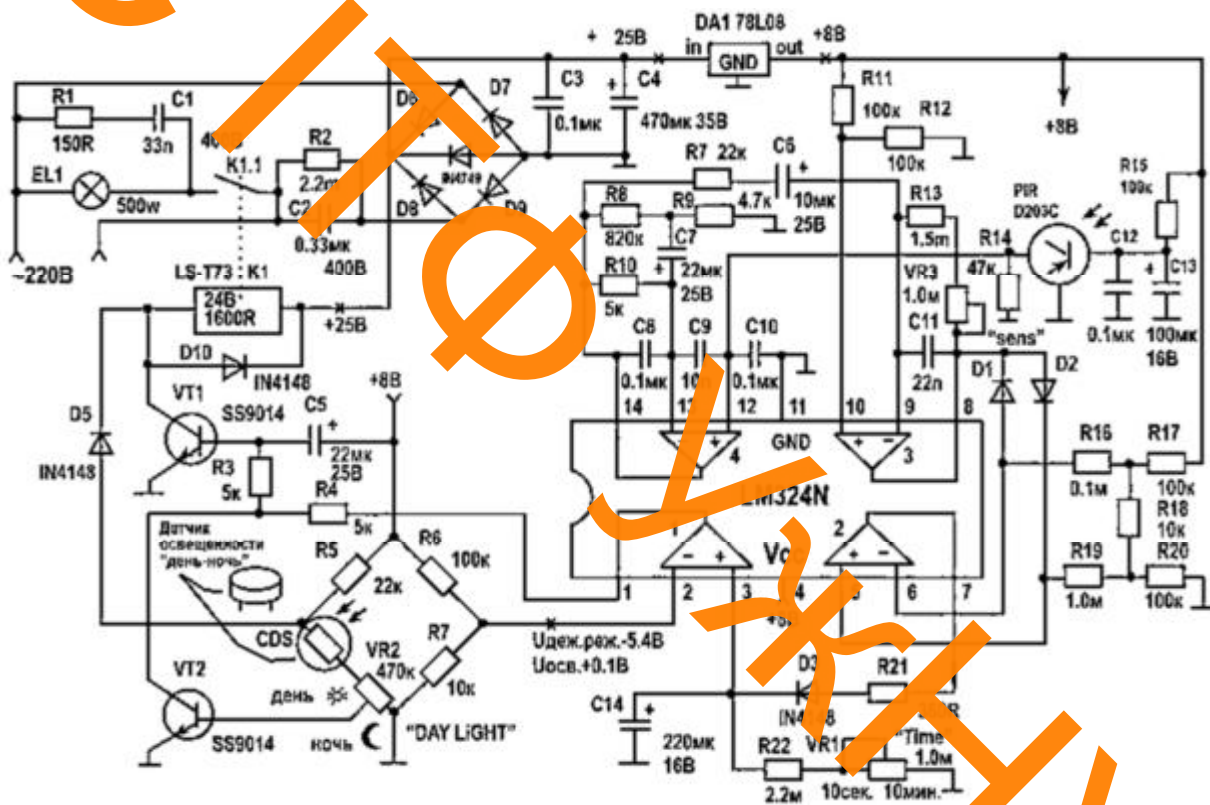


Рис. 8. Схема електрична принципова пасивного ІЧ-датчика моделі 1VY7015

Призначення основних елементів принципової схеми:

1. Вузол живлення датчика - безтрансформаторний, виконаний із застосуванням гасячого конденсатора, C2 ємністю 0,33 мкФх400В. Після

Виконав				
Керівник				
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

21

випрямного моста стабілітрон ZD (1N4749) установлює напруга 25 В, що використовується для живлення обмотки реле K1, а стабілізатор DA1 (78L08) з 25 В стабілізує 8 В, що використовується для живлення мікросхеми LM324 і взагалі всієї схеми. Конденсатор C4 - згладжуючий, а C3 захищає датчик від високочастотних перешкод.

2. Трьохвиводний інфрачервоний фотодатчик PIR D203C - головний елемент, саме він видає "команду" на включення виконавчого реле при швидкій зміні інфрачервоного тіла у контрольованій зоні. Живиться від +8 В через резистор R15. Конденсатор C13 - згладжуючий, а C12 захищає фототранзистор від високочастотних перешкод.

3. Мікросхема LM324N підсилювач датчика. Складається з 4 ОУ, які схемою датчика (радіоелементами R7, C6; D1, D2; R21, D3) включені послідовно (4 3 2 1), що забезпечує високий коефіцієнт підсилення сигналу, видаваного ІЧ фототранзистором, і високу чутливість усього датчика. Живиться від 8В ("плюс" - вивід 4, "мінус" - вивід 11).

4. Призначення електромеханічного реле K1 моделі LS-T73 SHD-24VDC-F-A - включати навантаження. Напруга 25 В на обмотку реле видає транзистор VT1. Номінальна робоча напруга обмотки реле 24 В, його контакти, відповідно допускають струм 10 А при ~240В.

5. Транзистор VT1 типу 2SC511. Основні граничні параметри: $U_{кэ.макс}=45В$, $I_{к.макс}=0,1 А$. Забезпечує включення/виключення реле K1 залежно від співвідношень напруг (вивід 1 LM324N і колектор VT2) на його базі.

6. Міст (R5, R6, R7, VR2, фоторезистор CDS) і транзистор VT2 (2SC511) призначені для встановлення одного із двох режимів роботи датчика: "Режиму охорони" або "Сплячого режиму". Необхідний режим забезпечується відповідно фоторезистора CDS (саме він своїм опором, указує датчику, день або ніч) і положенням змінного резистора VR2 (DAY LIGHT). Так, при знаходженні змінного резистора в положенні "День", датчик працює як удень, так і вночі, а в положенні "Ніч" - тільки вночі, а вдень перебуває в "сплячому" режимі.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

22

7. Регульоване електронне реле часу (314, R22, VR1) забезпечує затримку часу відключення лампи, що світить, від 5...10 с до 10...15 хв після виходу об'єкта з контрольованої зони. Регулювання забезпечується змінним резистором TIME VR1.

8. Змінним резистором SENS VR3 регулюють чутливість датчика шляхом зміни глибини негативного зворотного зв'язку в ОУ .

9. Демпферне коло R1C1 згладжує перепади напруги, виникаючі при вкльюченні/виключенні навантаження.

10. Радіоелементи (наприклад, R16-R20, R11, R12 і т.д.) забезпечують нормальну роботу мікросхеми ОУ.

2.4 Недоліки ІЧ-датчика

Недоліком ІЧ-датчика – є його хибні спрацьовування. Це відбувається при русі гілок дерев або кущів, що перебувають у контрольованій зоні; від проїжджаючої машини, точніше, від тепла його двигуна; від джерела, що змінюється, тепла, якщо він розташований під датчиком; від раптової зміни температури при поривах вітру; від блискавки і засвітки автомобільних фар; від проходу тварин (собак, кішок); від відключення електромережі. До недоліків також варто віднести неробочий стан пристрою при відсутності напруги живлення. Зменшити кількість помилкових спрацьовувань можна шляхом зміни положення датчика.

Призначення переднього скла – лінзи ІЧ- датчика – для розширення контрольованої зони до 120° і навіть 180° лінзу датчика роблять напівкруглої або сферичною. При її виготовленні з її внутрішньої сторони передбачені численні прямокутні лінзи. Вони ділять контрольований сектор на маленькі ділянки. Кожна лінза, зі своєї ділянки, фокусує інфрачервоне випромінювання в центр фотоелемента. Розподіл контрольованої зони на ділянки приводить до того, що контрольована зона стає у вигляді смуг. У результаті датчик “бачить” порушника тільки в чорній зоні, а в білій він “сліпий”. Ці зони, залежно від кількості й розмірів лінзочок, мають задану конструкторами конфігурацію.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

23

Застосування мікропроцесорів дозволяє усунути ряд вищеописаних недоліків цих датчиків. Лінза - це найважливіший елемент ІЧ-датчика. Деякі ІЧ-датчики мають змінні лінзи, які створюють контрольовану зону під конкретне завдання.



Рис. 9. Зони чутливості ІЧ-датчика

2.5 Використання мікрохвильових радарних сенсорів



Рис. 10. Типове використання радарних сенсорів

Мікрохвильові радарні сенсорні модулі є класом безконтактних пристроїв для виявлення руху та визначення динамічних параметрів об'єктів на основі аналізу відбитих електромагнітних хвиль сантиметрового та міліметрового діапазонів. На відміну від оптичних та інфрачервоних сенсорів, такі пристрої не залежать від рівня освітлення та температурного контрасту, що робить їх перспективними для застосування в охоронних, автоматизованих та “розумних” системах.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

24

Сенсорні радіолокаційні модулі зазвичай інтегрують у собі передавач, приймач, антенну систему та аналоговий тракт первинної обробки сигналу, що дозволяє використовувати їх як готові функціональні компоненти без необхідності складного високочастотного проектування.

Принцип дії мікрохвильових радарних модулів

Основа роботи більшості мікрохвильових радарних сенсорів становить вплив відбитого електромагнітного сигналу на параметри прийнятої хвилі. Випромінюваний радаром сигнал поширюється у просторі, відбивається від об'єктів та повертається до приймальної антени. Аналіз змін частоти, фази або часу заповнення відбитого сигналу дозволяє зробити висновок про наявність та характер руху.

Серед найбільш поширених принципів роботи сенсорних модулів виділяють:

- безперервні доплерівські радари (CW Doppler Radar);
- частотно-модульовані безперервні радари (FMCW);
- імпульсні радари (відше у наступних застосуваннях).

У простих сенсорних модулях для виявлення руху найчастіше застосовується **безперервний доплерівський принцип**, який забезпечує мінімальну складність реалізації та низьке енергоспоживання.

Фізичні основи доплерівського радара

Доплерівський радар використовує явище зміни частоти електромагнітної хвилі у разі руху відбивного об'єкта. Якщо об'єкт рухається відносно радара зі швидкістю v , частота відбитого сигналу відрізняється від частоти випромінюваної хвилі на величину доплерівського зсуву. Саме ця різниця і використовується для детекції руху.

Особливістю сенсорних радарів є те, що вони не вимірюють абсолютної відстані до об'єкта, а реагують на **кінематичні зміни сцени**, тобто на сам факт руху.

Робочі частотні діапазони

Сенсорні мікрохвильові радари зазвичай працюють у неліцензованих ISM-діапазонах, що дозволяє їх широке використання без спеціальних дозволів.

Найбільш поширеними є:

≈2.4 ГГц — доступні компоненти, велика апертура антен;

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

≈3.2 ГГц — компактні модулі, баланс між дальністю і чутливістю;

5.8 ГГц — менші антени, вища просторова селективність;

24 ГГц — підвищена точність, використовується в автомобільних і промислових сенсорах;

60–77 ГГц — міліметрові радары для високої роздільної здатності.

Для охоронних і побутових систем оптимальним є використання діапазонів 3–6 ГГц, які забезпечують достатню дальність, помірну проникну здатність та простоту реалізації.

Структура типового радарного сенсорного модуля

Типовий мікро wave radar sensor module функціонально складається з таких основних блоків:

високочастотний генератор або синтезатор;

передавальна мікросмужкова антена;

приймальна антена;

змішувач для формування низькочастотного сигналу;

фільтр низьких частот;

підсилювач доплерівського сигналу;

компаратор або формувач цифрового сигналу.

У багатьох модулях первинна аналогова обробка виконується на борту сенсора, а на вихід подається готовий цифровий рівень, що значно спрощує інтеграцію з мікроконтролерними системами.

Особливості використання мікрохвильових сенсорів у приміщеннях

У закритих приміщеннях радарні сенсори працюють в умовах багатопроменевого поширення, що зумовлено багаторазовими відбиттями від поверхонь. Це призводить до формування складного сумарного сигналу, що може спричинити хибні спрацювання у випадку дрібних вібраційних або періодичних рухів.

Разом з тим, мікрохвильові радары мають здатність виявляти рух через неметалеві перешкоди, що дозволяє контролювати більші зони, але водночас вимагає обмеження зони огляду при використанні в охоронних системах.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.P3

Арк.

26

Переваги та недоліки мікрохвильових радарних сенсорів

Переваги:

- незалежність від освітлення;
- нечутливість до температурного фону;
- здатність працювати в умовах диму, пилу, туману;
- мала потужність споживання;
- можливість виявлення мікрорухів.

Недоліки:

- чутливість до механічних вібрацій;
- складність локалізації зони детекції;
- обмежена можливість ідентифікації типу об'єкта;
- потенційні хиби спрацювання від сторонніх рухів.

2.6 Математична модель доплерівського радару.

Мікрохвильові доплерівські радарні сенсори широко застосовуються у системах виявлення руху в приміщеннях. Для коректної інтерпретації їх роботи необхідно розуміти математичну модель сигналів, що формуються в реальних умовах, де присутні багатопроменеве поширення, відбиття від нерухомих і рухомих об'єктів та завадові складові.

МОДЕЛЬ ВИПРОМІНЮВАНОВОГО СИГНАЛУ

Для безперервного доплерівського радару (CW-Radar) випромінюваний сигнал описується як:

$$s_t(t) = A_t \cdot \cos(2\pi f_0 t) \quad (2.1)$$

де A_t – амплітуда сигналу, f_0 – несуча частота радару.

МОДЕЛЬ ВІДБИТОГО СИГНАЛУ

У приміщенні відбитий сигнал формується сумою сигналів від N об'єктів:

$$s_r(t) = \sum A_i \cdot \cos(2\pi(f_0 + f_{\{d,i\}})t + \varphi_i) \quad (2.2)$$

де:

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A_i – амплітуда відбиття i -го об'єкта,

φ_i – початкова фаза,

$f_{\{d,i\}}$ – доплерівський зсув частоти.

Доплерівський зсув визначається:

$$f_d = 2v\lambda, \text{ де } \lambda = cf_0 \quad (2.3)$$

МОДЕЛЬ БАГАТОПРОМЕНЕВОГО ПОШИРЕННЯ

У закритому приміщенні хвиля багаторазово відбивається від поверхонь:

$$s_{sum}(t) = \sum A_i \cos(2\pi f_{\{d,i\}}t + \varphi_i) \quad (2.4)$$

Наявність кількох шляхів призводить до фазової інтерференції та амплітудних флуктуацій сигналу.

СТАТИЧНІ ТА ДИНАМІЧНІ СКЛАДОВІ

Сигнал можна подати як суму:

$$s(t) = s_{static}(t) + s_{dynamic}(t) + n(t) \quad (2.5)$$

де:

s_{static} – компоненти від нерухомих об'єктів ($f_d = 0$),

$s_{dynamic}$ – компоненти від рухомих об'єктів,

$n(t)$ – шум та завади.

ЗМІШУВАННЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ДОПЛЕРІВСЬКОГО СИГНАЛУ

Після змішування сигналів:

$$s_{mix}(t) = s_t(t) \cdot s_r(t) \quad (2.6)$$

та фільтрації ФНЧ отримуємо:

$$s_d(t) = \sum K_i \cdot \cos(2\pi f_{\{d,i\}}t + \varphi_i) \quad (2.7)$$

Саме цей сигнал подається на підсилювач та компаратор.

Таким чином, для нерухомих об'єктів доплерівський зсув частоти дорівнює нулю, тоді як для рухомих об'єктів він пропорційний їх швидкості. У випадку руху людини типові значення доплерівської частоти знаходяться в діапазоні одиниць–десятиків герц, що дозволяє виявляти навіть повільні рухи у приміщенні.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ БЛОКІВ ПРИСТРОЮ

3.1 Структурна схема пристрою

Згідно з технічним завданням, необхідно розробити гібридну систему виявлення руху з підвищеною завадостійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та мікрохвильового радара. Метою застосування гібридного підходу є зменшення кількості хибних спрацювань шляхом поєднання різних фізичних принципів детекції руху — теплового та кінематичного.

Структурна схема розроблюваного пристрою ґрунтується на використанні сучасного мікроконтролерного модуля **ESP32-WROOM-32**, який поєднує в собі достатню обчислювальну потужність, розвинену периферію та засоби бездротового зв'язку. Застосування ESP32 дозволяє реалізувати не лише локальну обробку сигналів сенсорів, а й подальшу передачу даних або інтеграцію у мережеві системи безпеки.

Мікроконтролер ESP32 побудований за **модифікованою гарвардською архітектурою**, яка передбачає логічне розділення пам'яті програм та даних при збереженні спільного адресного простору. Така архітектура поєднує переваги класичної гарвардської та фон-нейманівської структур, забезпечуючи підвищену швидкодію та ефективну роботу з периферійними пристроями. Ядра Tensilica Xtensa LX6, що входять до складу ESP32, дозволяють паралельно виконувати задачі обробки сигналів та обміну даними.

Виявлення руху у системі здійснюється двома незалежними сенсорними каналами. Перший канал реалізовано на основі **пасивного інфрачервоного сенсора Panasonic EKM-C1603112**, який реагує на зміни теплового випромінювання в зоні контролю. Даний сенсор забезпечує високу чутливість до теплових об'єктів і добре себе зарекомендував у охоронних системах приміщень.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий канал реалізовано за допомогою **мікрохвильового доплерівського радара RCWL-0516**, який виявляє рух шляхом аналізу доплерівського зсуву відбитого мікрохвильового сигналу. Застосування радарного модуля дозволяє фіксувати рух незалежно від температурного контрасту об'єктів і умов освітлення, а також виявляти мікрорухи.

Сигнали з обох сенсорів подаються на входні лінії мікроконтролера ESP32, де підлягають цифровій обробці. Алгоритм роботи системи передбачає аналіз часової та логічної кореляції між спрацюваннями PIR-сенсора і радарного модуля. Рішення про наявність руху приймається лише за умови узгодженого спрацювання обох каналів, що суттєво підвищує завадостійкість системи.

Для живлення елементів пристрою використовується стабілізоване джерело напруги 3,3 В, реалізоване на основі лінійного стабілізатора **LM1117-3.3**. Живлення подається через **USB Type-C роз'єм**, що забезпечує зручність підключення та універсальність використання пристрою. Для захисту ліній USB від електростатичних розрядів застосовано спеціалізований захисний діод.

Обмін даними з персональним комп'ютером та прошивка мікроконтролера здійснюється через **USB-UART серіальний адаптер FT232RL**, який забезпечує надійний та стабільний двонаправлений зв'язок. Даний інтерфейс використовується як для налагодження роботи пристрою, так і для моніторингу результатів детекції руху.

Для візуальної індикації станів системи в системі передбачені світлодіоди, керовані виходами мікроконтролера через обмежувальні резистори. Також у пристрої використовуються кнопки керування, які дозволяють реалізувати ручний режим тестування або скидання системи.

Таким чином, розроблена структурна схема пристрою забезпечує поєднання двох незалежних методів виявлення руху, централізовану цифрову обробку сигналів та зручний інтерфейс підключення. Такий підхід дозволяє досягти підвищеної надійності та адаптивності системи при використанні мінімальної кількості компонентів.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

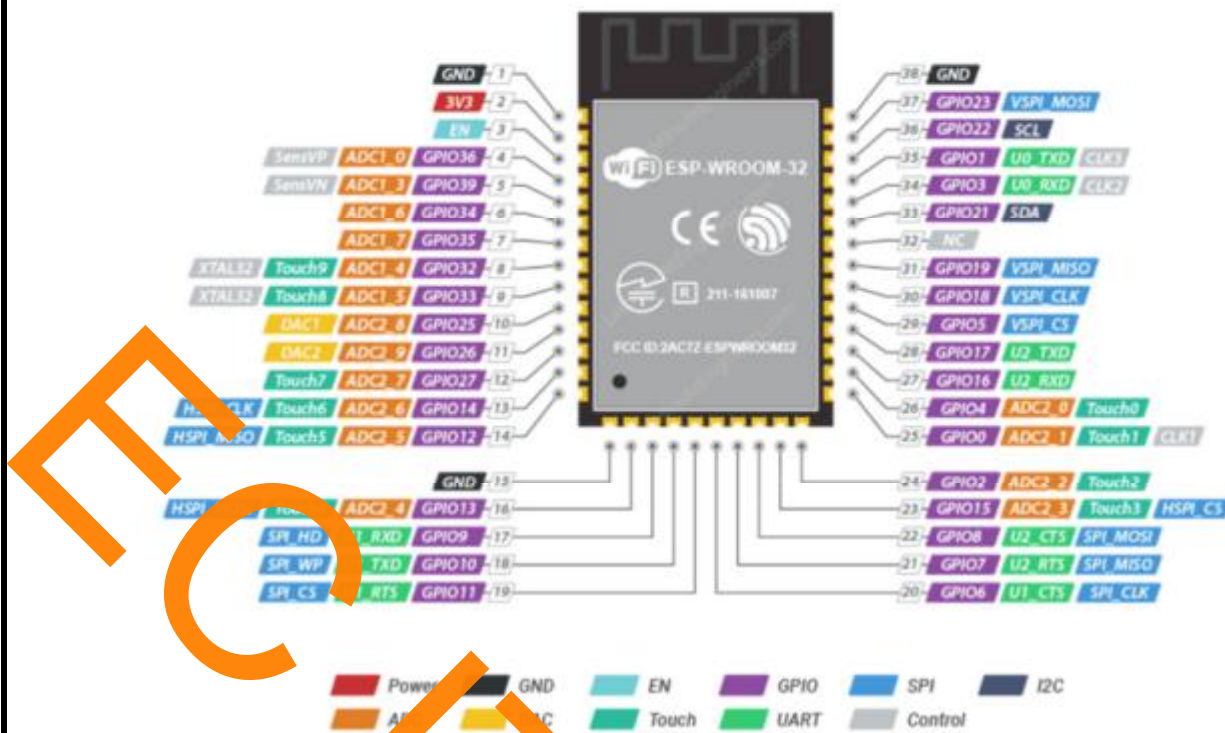


Рис. 1. Структура та виходи модуля ESP32

Розроблювана гібридна система виявлення руху з підвищеною завадостійкістю побудована за модульним принципом та складається з кількох функціонально завершених блоків, кожен з яких виконує визначену роль у загальній роботі пристрою. Такий підхід спрощує проектування, налагодження та подальшу модернізацію системи.

Склад основних функціональних блоків пристрою

Структурно схема пристрою складається з наступних основних компонентів:

1. Мікроконтролерний модуль ESP32-WROOM-32
2. Пасивний інфрачервоний сенсор (PIR) Panasonic EKM-C1603172
3. Мікрохвильовий радарний модуль RCWL-0516
4. Інтерфейс обміну даними з ПК (USB-UART на FT232RQ)
5. Система живлення та стабілізації напруги
6. Блок індикації та органів керування

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

31

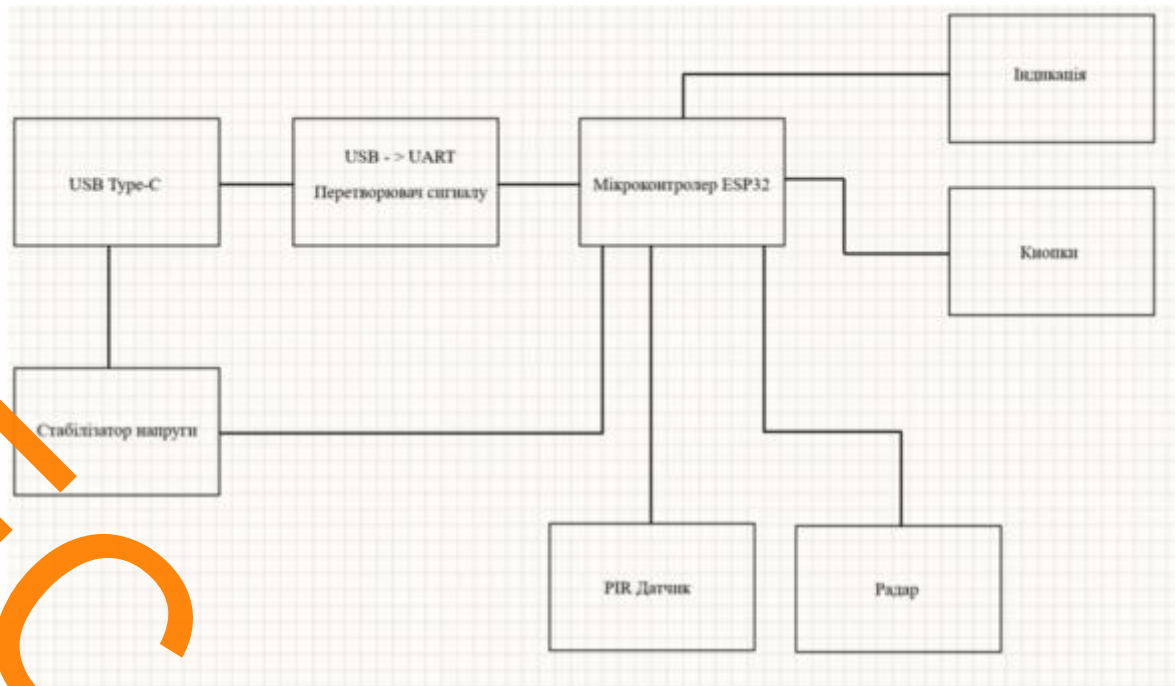


Рис 12. Структурна схема пристрою.

3.2 Мікроконтролерний модуль ESP32-WROOM-32

Мікроконтролер ESP32-WROOM-32 є центральним елементом системи та виконує обробку сигналів від сенсорів, реалізацію логіки прийняття рішень, керування індикацією та обмін даними з персональним комп'ютером.

Модуль побудований на основі двоядерного 32-бітного процесора Tensilica Xtensa LX6 та працює від напруги живлення 3,3 В. Застосування ESP32 дозволяє реалізувати складні алгоритми фільтрації та аналізу сигналів без використання додаткових зовнішніх мікросхем.

Основні параметри живлення ESP32-WROOM-32:

- напруга живлення: 3,0–3,6 В;
- струм у режимі активної роботи: 80–240 мА (короткочасні піки);
- струм у режимі очікування: <10 мА (без Wi-Fi).

Оцінка споживаної потужності:

$$P_{ESP32} = U \cdot I \approx 3.3 \times 0.25 = 0.83 \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Таким чином, при проектуванні системи живлення необхідно враховувати пікові навантаження мікроконтролера.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.3 Пасивний інфрачервоний сенсор Panasonic EKM-C1603112

PIR-сенсор призначений для виявлення руху теплокровних об'єктів за рахунок фіксації змін інфрачервоного випромінювання у контрольованій зоні. Сенсор працює за принципом піроелектричного ефекту та має цифровий вихід, який підключений безпосередньо до GPIO мікроконтролера.

Основні параметри PIR-сенсора:

- напруга живлення: 3,0–3,6 В;
- струм споживання: до 100 мкА;
- вихідний сигнал: логічний рівень (HIGH/LOW).

Потужність споживання:

$$P_{PIR} = 3.3 \times 0.0001 \approx 0.33 \text{ мВт} P_{\{PIR\}} \quad (3.2)$$

Низьке енергоспоживання дозволяє безперервну роботу сенсора без суттєвого впливу на загальний енергобаланс системи.

3.4 Мікрохвильовий радар RCWL-0516

Радарний модуль RCWL-0516 реалізує доплерівський принцип виявлення руху і реагує на зміну частоти відбитого мікрохвильового сигналу. Даний модуль дозволяє фіксувати рух навіть за відсутності температурного контрасту та при низькій освітленості.

Основні параметри RCWL-0516:

- робоча частота: $\approx 3,2$ ГГц;
- напруга живлення: 3,3 В;
- струм споживання: 2,8–3,2 мА;
- вихід: цифровий сигнал детекції.

Потужність споживання модуля:

$$P_{Radar} = 3.3 \times 0.003 = 9.9 \text{ мВт} P_{\{Radar\}} \quad (3.3)$$

Радарний модуль є значно енергоефективнішим порівняно з мікроконтролером і не потребує спеціальних умов живлення.

3.5 Інтерфейс USB–UART на базі FT232RQ та індикація

Для програмування мікроконтролера та налагодження системи застосовано USB–UART перетворювач FT232RQ. Він забезпечує стабільний двонаправлений

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

зв'язок з персональним комп'ютером та підтримує швидкості обміну до кількох мегабіт за секунду.

Основні параметри FT232RQ:

напруга живлення: 5 В (USB) / 3,3 В (логіка);

струм споживання: до 15 мА.

Оцінка потужності:

$$P_{USB} \approx 5 \times 0.015 = 75 \text{ мВт} P_{\{USB\}} \quad (3.4)$$

Для відображення станів системи використовуються світлодіоди, підключені через обмежувальні резистори. Кнопки керування дозволяють реалізувати режими тестування, перезапуску або ручного управління.

Потужність одного світлодіода:

$$P_{LED} = 3.3 \times 0.01 = 33 \text{ мВт} P_{\{LED\}} \quad (3.5)$$

3.6 Стабілізоване джерело живлення

Живлення системи здійснюється через роз'єм USB Type-C. Для стабілізації напруги застосовано лінійний стабілізатор LM1117-3.3, який перетворює вхідну напругу 5 В у стабілізовані 3,3 В для живлення цифрових компонентів[7].

Втрати потужності на стабілізаторі:

$$P_{loss} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I \approx (5 - 3.3) \times 0.27 \approx 0.46 \text{ Вт} \quad (3.6)$$

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

34

4. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Визначення номінального діаметра монтажного отвору

$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{мо}} + r$, де $d_{\text{ве}}$ – діаметр вивода елемента, для якого визначається діаметр монтажного отвору (МО);

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

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

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{мо}} + r = 0,5 + 0,1 + 0,2 = 0,8 \text{ мм} \quad (4.1)$$

4.2 Визначення діаметра контактної майданчика (КМ)

$$D_{\text{max}} = D_{\text{minI}} + 1,5 * h_{\text{ф}} + 0,03, \quad (4.2)$$

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

$h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0,035$ мм. Коефіцієнт $1,5 h_{\text{ф}}$ враховує підрівнювання фольги друкованого провідника в ширину.

0,03 – КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{\text{minI}} = 2 \left(b_{\text{ПО}} + \frac{d_{\text{max}}}{2} + \delta_0 + \delta_{\text{КМ}} \right) \quad (4.3)$$

де d_{max} – максимальний діаметр просвердленого отвору в ПП, мм,

$b_{\text{ПО}}$ – ширина пояски КМ, $b_{\text{ПО}}=0,05$ мм (табл.3.2);

δ_0 – похибка розташування центру отвору щодо вузла КС, $\delta_0=0,07$ мм (табл.3.3);

$\delta_{\text{КМ}}$ – похибка розташування центру КМ щодо вузла КС, $\delta_{\text{КМ}}=0,05$ (табл.3.3).

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.P3

Арк.

35

Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП:

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (4.4)$$

де d – номінальний діаметр МО, мм;

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

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

$$D_{minI} = 2 \left(b_{ПО} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_0 + \delta_{KM} \right) = 2 \left(0,05 + \frac{0,95}{2} + 0,07 + 0,05 \right) = 1,29$$

$$D_{max} = D_{minI} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 1,29 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,37 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр КМ:

$$D_{max} = D_{min} + 0,02$$

$$D_{max} = 1,29 + 0,02 = 1,39 \text{ мм}$$

4.3 Визначення мінімальної ширини провідника

$$b_{min} = b_{гр} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 \quad (4.5)$$

де $b_{гр}$ – мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (табл.3.2). Для 4-го класу точності ДМ $b_{гр} 0,15$ мм;

$$b_{min} = b_{гр} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Звідси визначимо максимальну ширину :

$$b_{max} = b_{min} + 0,02 \quad (4.6)$$

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

Розміщення ЕРЕ на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємо перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Кроком координатної сітки вибираємо 1,25 мм.

Для пірофосфатного електроліту $\gamma=0,25$, тому $D_{пер}=1,5*0,25=0,3$

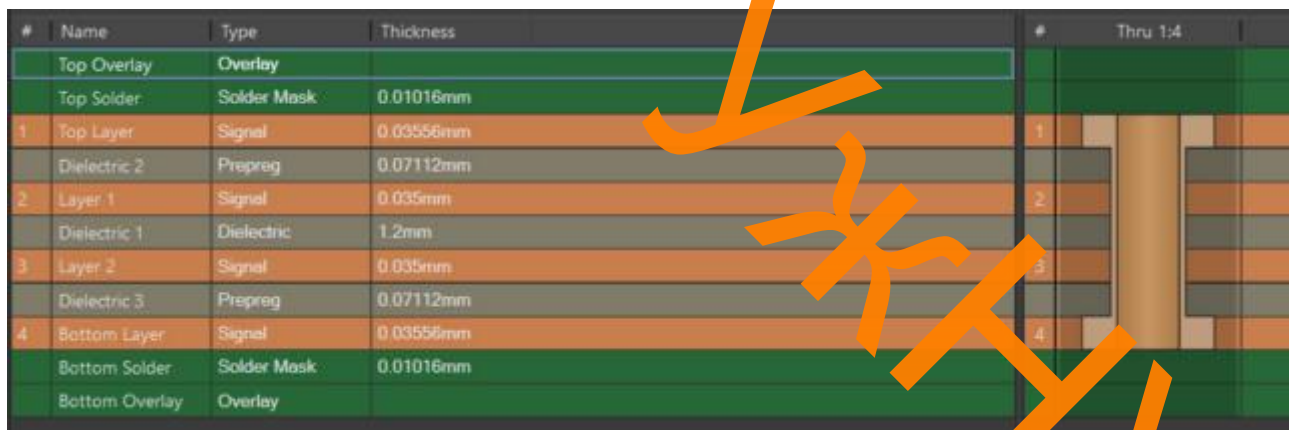
Клас густини рисунка вибирається по ГОСТу. я вибрав другий. ширина провідників для цього класу рівне $t_{min}=0,25$ мм, а відстань між провідниками теж рівне 0,25 мм.

Визначимо товщину шини живлення. Знаючи, що сила струму рівне 0,35 А, враховуючи, що перетин провідника рівне 50мкм, і що густина струму не може бути більшою як 25 А/мм², ширина провідника буде рівним :

$$t=I_{заг}/(h*p_1)=5.00/(0.05*25)=6,25 \quad (4.7)$$

Шина землі буде виконана у якості полігонів, а також, оскільки плата має 4 слої то внутрішні слої будуть використані як шина землі. Також вони будуть відігравати слоєм відводу тепла.

Розрахунок проведено із урахуванням, що максимальний струм, який при проходженні по ширині викликає її перегрів на температуру 25°C.



#	Name	Type	Thickness	#	Thru 1:4
	Top Overlay	Overlay			
	Top Solder	Solder Mask	0.01016mm		
1	Top Layer	Signal	0.03556mm	1	
	Dielectric 2	Prepreg	0.07112mm		
2	Layer 1	Signal	0.035mm	2	
	Dielectric 1	Dielectric	1.2mm		
3	Layer 2	Signal	0.035mm	3	
	Dielectric 3	Prepreg	0.07112mm		
4	Bottom Layer	Signal	0.03556mm	4	
	Bottom Solder	Solder Mask	0.01016mm		
	Bottom Overlay	Overlay			

Рис 13. Топологія друкованої плати.

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ

Арк.

37

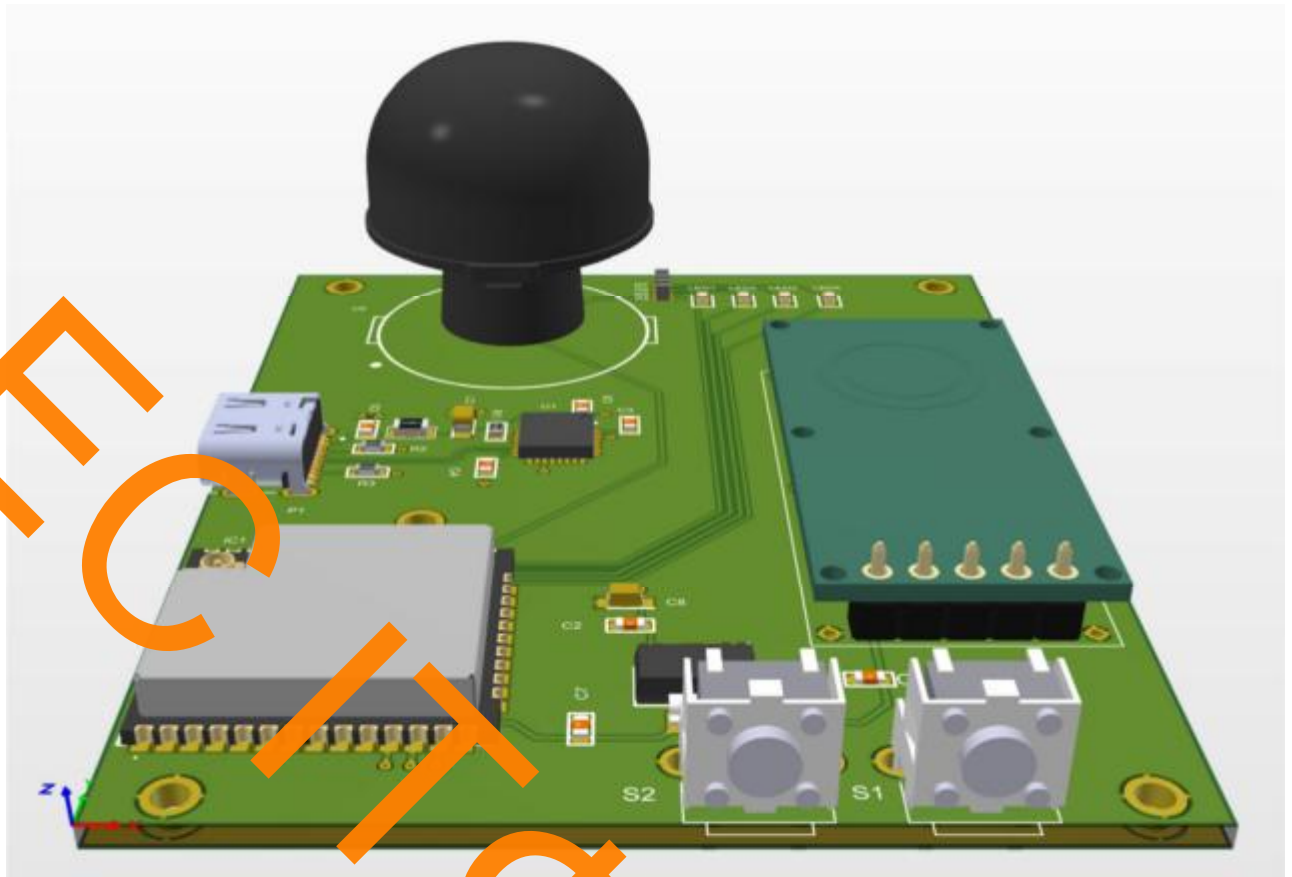


Рис14. Зовнішній вигляд структурної плати у середовищі проектування.

4.4 Тепловий розрахунок.

Тепловий режим апаратури характеризується залежністю температури нагріву відносно навколишнього середовища від розсіювання потужності джерела енергії.

Температура навколишнього середовища дуже впливає на надійність пристрою. Цей вплив пояснюється максимально допустимою температурою інтегральних мікросхем.

Використовуючи дані, отримані у попередньому розділі проведемо аналіз потужностей розсіювання на елементах пристрою(елементи на яких за теоретичними розрахунками потужність розсіювання буде дуже малою – знехтувані).

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Теплове навантаження формують насамперед елементи з найбільшим споживанням потужності:

1. Мікроконтролер ESP32-WROOM-32

При напрузі живлення 3,3 В та струмі до 250 мА:

$$P_{ESP32} = 3.3 \cdot 0.25 \approx 0.83 \text{ Вт}$$

Основна частина цієї потужності перетворюється у тепло.

2. Лінійний стабілізатор напруги LM1117-3.3

Втрати потужності на стабілізаторі визначаються як:

$$P_{loss} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I$$

При живленні від USB (5 В) та загальному струмі навантаження близько 270 мА:

$$P_{loss} = (5 - 3.3) \cdot 0.27 \approx 0.46$$

3. Інтерфейс USB-UART FT232RQ

$$P_{FT232RQ} \approx 5 \cdot 0.015 = 0.075 \text{ Вт}$$

4. Сенсори PIR та RCWL-0516

Сумарне тепловиділення сенсори не перевищує:

$$P_{sens} \approx 0.01 \text{ Вт}$$

Сумарна потужність тепловиділення плати:

$$P_{tot} \approx 0.83 + 0.46 + 0.075 + 0.01 = 1.38 \text{ Вт}$$

Отже можемо оцінити теплонавантаженість плати:

Розміри плати: 50 мм × 70 мм.

Матеріал: FR-4.

Кількість шарів: 4.

Товщина мідного шару: 35 μм.

Загальна розсіювана потужність: $P_{total} = 0.7 \text{ Вт}$

Площа плати – $A = 50 \text{ мм} \times 70 \text{ мм} = 3500 \text{ мм}^2 = 35 \text{ см}^2$

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.P3

Арк.

39

$$q = \frac{P_{total}}{A} = \frac{0.7 \text{ Вт}}{35 \text{ см}^2} = 0,02 \text{ Вт/см}^2$$

Номинальне значення теплового навантаження: Для друкованих плат з матеріалу FR-4 з активним охолодженням (вентилятори, радіатори) теплове навантаження до **0.1 Вт/см²** вважається прийнятним. Враховуючи, що у платі 2 внутрішні слої являють собою тепловідвід, то дана плата може працювати без додаткового активного охолодження при умові, що стабілізатор LM7805 буде малим додатковий маленький радіатор, для уникнення локального теплового навантаження.

4.5 Розрахунок характеристик надійності пристрою.

Надійність електронного пристрою визначається здатністю зберігати працездатний стан протягом заданого часу за визначених умов експлуатації. Для кількісної оцінки надійності електронної апаратури використовуються статистичні методи, що базуються на інтенсивності відмов елементної бази.

У даній роботі розрахунок надійності виконано відповідно до методичних рекомендацій стандарту MIL-DBK-217F (Notice 2) для класу умов експлуатації Ground, Benign (GB), що відповідає роботі пристрою у закритих приміщеннях з контрольованим мікрокліматом. Також враховано положення стандартів IEC 61709 та ДСТУ щодо впливу температури на інтенсивність відмов.

Методика розрахунку з урахуванням температури

Загальна інтенсивність відмов пристрою визначається як сума інтенсивностей відмов окремих його складових:

$$\lambda_{заг} = \sum \lambda_i$$

Інтенсивність відмов кожного елемента коригується температурним коефіцієнтом, який враховує реальні умови теплового режиму:

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_i = \lambda_{\{i0\}} \cdot K_T$$

де $\lambda_{\{i0\}}$ — базове значення інтенсивності відмов за стандартних умов;
 K_T — температурний коефіцієнт.

Урахування теплового режиму плати

Згідно з проведеним раніше тепловим розрахунком, питоме теплове навантаження плати становить $q \approx 0.018$ Вт/см², що відповідає безпечному тепловому режиму для двошарової друкованої плати з матеріалу FR-4 та природним охолодженням.

При температурі навколишнього середовища $T_{amb} = 25$ °С розрахункова температура плати становить приблизно 60–65 °С. Для такого температурного режиму відповідно до MIL-HDBK-217F температурний коефіцієнт для напівпровідникових компонентів може бути прийнятий рівним:

$$K_T \approx 1.2$$

Результати розрахунку надійності з урахуванням температури

№	Елемент	К-сть, шт	λ_0 , 1/год	K_T	λ , 1/год	Примітка
1	ESP32-WROOM-32	1	$3.0 \cdot 10^{-6}$	1.2	$3.6 \cdot 10^{-6}$	МК
2	FT232RQ	1	$2.0 \cdot 10^{-6}$	1.2	$2.4 \cdot 10^{-6}$	USB-UART
3	LM1117-3.3	1	$1.5 \cdot 10^{-6}$	1.2	$1.8 \cdot 10^{-6}$	ЛД
4	RCWL-0516	1	$1.2 \cdot 10^{-6}$	1.2	$1.44 \cdot 10^{-6}$	Радар
5	PIR-сенсор	1	$0.8 \cdot 10^{-6}$	1.1	$0.88 \cdot 10^{-6}$	Датчик
6	Резистори SMD	8	$0.1 \cdot 10^{-6}$	1.0	$0.8 \cdot 10^{-6}$	Пасивні
7	Конденсатори SMD	10	$0.08 \cdot 10^{-6}$	1.0	$0.8 \cdot 10^{-6}$	Пасивні
8	Світлодіоди	4	$0.2 \cdot 10^{-6}$	1.0	$0.8 \cdot 10^{-6}$	Індикація
9	Кнопки	2	$0.5 \cdot 10^{-6}$	1.0	$1.0 \cdot 10^{-6}$	Механічні

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.P3

Арк.

41

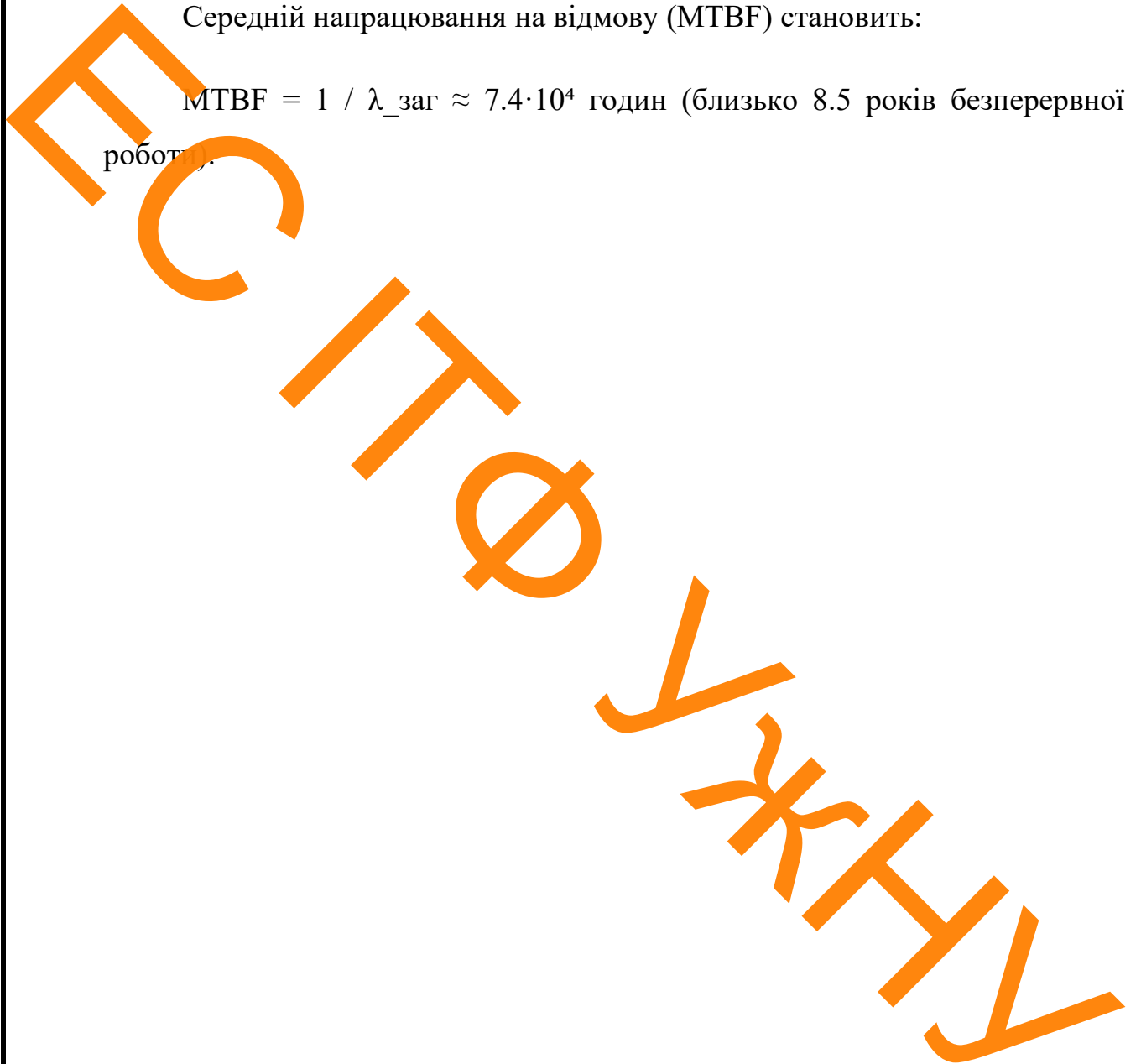
Підсумкові показники надійності

Сумарна інтенсивність відмов пристрою з урахуванням температурних факторів:

$$\lambda_{\text{заг}} \approx 13.5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

Середній напрацювання на відмову (MTBF) становить:

$$\text{MTBF} = 1 / \lambda_{\text{заг}} \approx 7.4 \cdot 10^4 \text{ годин (близько 8.5 років безперервної роботи)}$$



	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					42
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПРОЕКТОВАНОГО ПРИЛАДУ

Перехід народного господарства на ринкові відносини має на меті створення економичних важелів для ефективного діючого виробництва як з точки зору раціонального використання ресурсів, так і з точки зору невпинного прискорення науково – технічного прогресу і повного задоволення потреб виробників і споживачів.

Основним результатом постановлених задач повинно стати підвищення якості усіх видів продукції й забезпечення її конкурентоздатністю

Практичне припинення за останні роки приладобудівного виробництва, в тому числі й приладів аналітичної техніки, робить неможливи здійснити об'єктивний розрахунок економічної ефективності розробки приладу, тому її розрахунок носить оцінний характер.

Рівень якості конструкції характеризується системою техніко-економічних показників, номенклатура яких залежить від виду і призначення продукції. Для оцінки рівня якості спроектованої техніки необхідно витрати базового взірця (аналога), розрахувати показники технологічності для спроектованого приладу, заставити їх з показниками аналога. До показників технологічності відносять коефіцієнт матеріаломісткості виробу, коефіцієнт стандартизації виробу, уніфікації, коефіцієнт повторюваності складових частин, коефіцієнт збіжності.

5.1. Розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу

Собівартість продукції – це витрати на її виробництво та реалізацію, що включають в себе вартість витрачених сировини і матеріалів, заробітну плату працівників, витрати по утриманню й експлуатації устаткування та інші поточні витрати.

Проведемо розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу у вигляді калькуляції. Оскільки даний пристрій макет не планується для

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серійного виробництва, а буде виготовлятися кафедрою тільки під замовлення інститутів та університетів то у даному розділі буде наведена тільки калькуляція собівартості спроектованого приладу не враховуючи витрати на заробітні плати чи інше.

5.2. Розрахунок кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

Розрахунок кількості і вартості матеріалів представлений у вигляді таблиці 5.1.

Табл 5.1 Розрахунок кількості і вартості матеріалів що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

№	Найменування	Характеристика	Од.	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1	Матеріал FR	55*70 мм, 1.5 мм	шт	1	35.00	35.00
2	Мідна фольга	35 мкм, 9 шари	шт	1	18.00	18.00
3	Покриття ENIG	Ni+Au	шт	1	55.00	55.00
4	Фотошаблон і експонування	Топ - бот	шт	1	25.00	25.00
5	Травлення провідників	Хімічне	шт	1	22.00	22.00
6	Свердління та металізація отворів	CNC + PTH	шт	1	45.00	45.00
7	Паяльна маска	Двостороння	шт	1	28.00	28.00
8	Маркування (silkscreen)	Білий	шт	1	12.00	12.00
9	Електричний контроль	Flying probe	шт	1	15.00	15.00

5.3. Розрахунок кількості й вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів представлений у вигляді табл 5.1

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Табл 5.2 Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів напівфабрикатів на виготовлення спроектованого приладу

Таблиця 5.2

	Компонент	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1	ESP32-WROOM-32	1	220	220
2	USB-UART FT232RQ	1	150	150
3	RCWL-0516	1	45	45
4	PIR сенсор	1	120	120
5	LDO стабілізатор	1	25	25
6	USB Type-C роз'єм	1	35	35
7	Захисні діоди TVS	2	10	20
8	Конденсатори SMD	20	2	40
9	Резистори SMD	15	1	15
10	Світлодіоди	4	3	12
11	Кнопки	2	6	12
12	Піни та роз'єми	5	5	25

Разом комплектуючі: 719.00 грн

Додаткові виробничі витрати

Монтаж компонентів (SMT + ручний): 120.00 грн

Налагодження та перевірка: 60.00 грн

Пакування та логістика: 40.00 грн

Разом додаткові виробничі витрати: 220.00 грн

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.10315367.001.ПЗ

Арк.

45

Загальна калькуляція собівартості

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Виготовлення друкованої плати	255.00
2	Покупні комплектуючі	719.00
3	Монтаж і перевірка	220.00
	РАЗОМ СОБІВАРТІСТЬ	1194.00

РАЗОМ СОБІВАРТІСТЬ 1194.00

ЕС
ІТ
Ф
У
Ж
Т
У

	Виконав			
	Керівник			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.ES.10315367.001.ПЗ

Арк.

46

6. ЗАХОДИ ПО ПЛАНУВАННЮ, ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації.

Після обробки поверхонь деталей механічними методами (шліфівка, різка і т.д.) часто використовують ефективні хімічні методи очистки поверхні (знежилення, травлення і т.д.) - при цьому використовують небезпечні і отруйні речовини, їх вплив залежить від функціональних властивостей, агрегатного стану, класу шкідливості, часу і характеру впливу, засобів загального та індивідуального захисту.

При знежиренні використовують їдкі луги, горючі розчинники (бензин, ацетон, трихлоретан, тетуол, бензол, спирти).

При травленні небезпечними є сірчана, азотна, ортофосфорна кислоти. Виникає загроза ентерального отруєння, хімічних опіків, отруєння в наслідок вдихання парів цих кислот. Процеси гальванічної обробки супроводжуються виділенням з поверхні ванн водню та кисню, що захвачують за собою пари електроліту, окиси металів, солі, органічні сполуки. Останні сильно забруднюють повітря гальванічного цеху.

Все це відповідає нормативному акту з питань охорони праці (НАОП) 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО.091.228-77): "Вимоги до ступеню очищення вентиляційних викидів з гальванічних цехів", НАОП 1.4.32-2.58-78 (ОСТ114ГО.0.91.249-78): "Легкозаймисті, горючі, хімічно-небезпечні та шкідливі речовини. Вимоги безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні". Монтаж електричних схем приладів, радіоапаратури ведеться з застосуванням різних видів пайки. Кожному різновиду пайки характерні певні шкідливі і небезпечні фізичні фактори, що відрізняються як кількістю так і якістю характеристик. При цьому деякі види пайки продукують декілька таких фізичних факторів, що ведуть до погіршення здоров'я працівників, підвищення

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					47
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

травматизму, погіршення умов праці, виникнення пожеж і вибухів. Такими потенційно-шкідливими є: запыленість і загазованість повітря робочої зони; інфрачервоне випромінювання від розплавленого припою; високочастотне електромагнітне випромінювання; ультразвукове випромінювання від паяльника при пайці хвилею; дія електростатичного заряду; неоптимальна освітленість робочих зон; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; вплив бризг палива розплавленого припою; ураження електричним струмом.

Враховуючи не абияку шкідливість вихідних компонентів, до приміщення, де виконується паяння пред'являють особливі вимоги: НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 2191-81); "Паяння свинцево олов'яними припоями. Вимоги безпеки"; НАОП 1.4.32-2.82-84 (ОСТ 25 1159-84): "виробництво друкованих плат. Вимоги безпеки".

6.2. Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації..

Для створення безпечних умов праці необхідно виконання відповідних заходів у відповідності з ГОСТ 12.3.008-75.

Основні вимоги безпеки технологічних процесів включають наступні аспекти:

- усунення безпосереднього контакту працівників з матеріалами, що мають шкідливий вплив;
- заміна небезпечних і шкідливих технологічних процесів і операцій на менш небезпечні, чи зовсім безпечні;
- використання комплексної механізації і автоматизації виробництва, дистанційне управління особливо шкідливими процесами і операціями;
- раціональна організація праці і відпочинку;
- впровадження систем контролю і управління технологічними процесами, що забезпечують захист працівників (аварійне відключення виробничого обладнання);
- своєчасне видалення і знешкодження шкідливих відходів виробництва.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					48
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важлива і обов'язкова умова забезпечення безпеки - викладення умов безпеки в технологічній документації. Повнота викладу контролюється методичними вказівками: "РД 50-134-78".

Існує ряд загальних стандартів, якими треба користуватися:

-для приміщень: "Будівельні норми і правила":

- для обладнання - ГОСТ 12.2.003-74: "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки";

-ГОСТ 12.1 .004-76 "Пожежна безпека. Загальні вимоги";

-ГОСТ 12.1.010-76 "Вибухобезпека. Загальні вимоги".

Основні заходи по охороні праці (ОП) при роботах з хімічними речовинами і матеріалами:

- автоматизація і механізація технологічних процесів: найбільший рівень безпеки в машинобудівному виробництві - поточні лінії: автоматизовані системи для пайки, травлення, обезжирення;

- герметизація обладнання в спеціальних боксах, шафах, що обладнані ефективною вентиляцією;

- заміна токсичних, отруйних речовин на менш небезпечні.

Від кислот і лугів захищаються гумовими або поліхлорвініловими фартухами, чоботами. При роботі з токсичними і отруйними речовинами використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Отруйні і токсичні речовини перевозять в спеціальній тарі на тележках із швидкістю < 5 км/год.

Вдихання хімічних речовин в газоподібному стані приводить до пошкодження верхніх дихальних шляхів і до загально токсичного впливу при всмоктуванні в кров.

При різних операціях можуть поступати в атмосферу промислові речовини, що відносяться до першого класу безпеки. Так трихлоретан при дії світла перетворюється на фосген, що є дуже небезпечним.

При всіх операціях пайки в повітря можуть попадати пари олова та свинцю, пари соляної кислоти, окис вуглецю, вуглеводень та інше. Особливо шкідливий

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

свинець та його сполуки. При попаданні в організм він акумулюється в кістках, м'язах, печінці. Результатом є свинцеве отруєння.

Пайка з використанням флюсів і їх біологічний вплив залежить від складу:

- каніфоль - подразнюючий вплив;
- спирти - наркотичний ефект;
- етиленгліколь - токсичний

вплив. Основні заходи:

1. Водонепроникна підлога з нахилом для стоку в каналізацію.
2. При ручній пайці використовувати паяльники живленням до 42 В.
3. Різні технологічні операції виконувати в різних приміщеннях.
4. Використані серветки спалюють і повторно не використовують,
5. Експлуатація цехів і приміщень тільки при наявності приточно - відточної вентиляції.
6. Не допускати до роботи з припоями осіб до 18 років і вагітних.

Для захисту шкіри рук від речовин, що входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти (мазь "Миколан", пасти - ИЕП-1, казеїнова).

Все вищеописане відповідає наступним НАОП

- НАОП 1.4.32-2.67-84 (ОСТ 11073.062-84);
- НАОП 1.4.32-2.39-85 (ОСТ 11 120005-85);
- НАОП 1.4.32-2.21-80 (ОСТ 11 091.700-80);
- НАОП 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО. 091.228-77).

6.3. Розрахунок необхідного повітряного обміну для промислової вентиляції.

Розрахунок необхідного повітряного обміну ведеться по наступним факторам: по кількості працюючих; по надходженню в повітря робочої зони шкідливих газів, парів та пилу; по виділенню вологи; по теплонадлишкам.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					50
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По першому фактору розрахунок кількості повітря (м /год) вираховується лише при нормальному мікрокліматі і відсутності в повітрі шкідливих речовин, чи вмісту їх в межах допустимих норм.

Обмін повітря визначається по формулі:

$$L=nL' \quad (6.1)$$

де n - число працюючих;

L' - витрати повітря на одного працюючого (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого).

Для $n = 50$ чол., та $L = 20$ м /год (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого в промислових приміщеннях):

$$L=22*20=440 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (6.2)$$

По другому фактору необхідний обмін повітря визначається по формулі:

$$(6.3)$$

де $q_{\text{мк}}$ - інтенсивність надходження шкідливої речовини в повітря робочої зони;

Z_1 - гранично допустима концентрація (ГДК) даної речовини (в мг/м³);

Z_2 - концентрація шкідливої речовини в повітрі, що надходять (в мг/м³).

Концентрація Z_2 повинна бути мінімальною, що по санітарним нормам відповідає формулі: $Z_2 < 0,3Z_1$.

Враховуючи високу шкідливість компонентів, що входять до складу припою і знаходяться в парогазовому стані, розраховується L для слідуючих елементів:

- a) свинець - клас шкідливості 1-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,01 мг/м³;
- b) олово - клас шкідливості 3-й, ГДК в повітрі робочої зони 10 мг/м³;
- c) цинк - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,5 мг/м³;
- d) мідь - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 1 мг/м³.

$$\text{Для свинцю: } L_c = \frac{10}{0.01-0.3*0.01} = 1429 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.4)$$

Для цинку: (6.5)

Для олова: (6.6)

Для міді: (6.7)

У відповідності з СН 245-71 при одночасному надходженні в повітря приміщення декількох шкідливих речовин однонаправленої дії

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					51
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунок вентиляції виконується сумуванням об'ємів повітря, необхідного для розбавлення кожної речовини окремо до допустимих концентрацій.

$$L = L_C + L_O + L_M + L_U = 1429 + 1,4 + 28,6 + 1,4 = 1460,4 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.8)$$

По третьому фактору розрахунок виконується по формулі:

$$L = \frac{m * q_B}{q_Y - q_H} \quad (6.9)$$

де $m = 0,8$ при висоті приміщення $n = 5 \div 3 \text{ м}$;

q_B - кількість вологи, що виділяється в приміщенні

(взьмемо $q_B = 150 \text{ г/м}^3$);

q_Y - вологість повітря, що виділяється з приміщення

(взьмемо $q_Y = 130 \text{ г/м}^3$);

q_H - вологість повітря (взьмемо $q_H = 100 \text{ г/м}^3$)

$$L = \frac{0,8 * 150}{130 - 100} = 4 \text{ (м}^3/\text{год)}$$

По четвертому фактору об'єм повітря розраховують по формулі :

$$L = \frac{Q}{c * (t_Y - t_H) * \rho} \quad (6.10)$$

де Q - надлишок тепла в приміщенні в Дж/год;

c — теплоємність повітря в Дж/кг-К;

ρ - густина повітря в кг/м³;

t_Y і t_H температура відкачуючого і нагнітаемого повітря відповідно

$$L = \frac{150000}{1007 * (30 - 20) * 1.206} = 12.35 \text{ (м}^3/\text{год)} \quad (6.11)$$

Загальний необхідний повітрообмін для промислової вентиляції при виробництві спроектованого пристрою:

$$L_{\text{заг}} = 1000 + 1460,4 + 4 + 12,35 = 2476,75 \text{ (м}^3/\text{год)}. \quad (6.12)$$

	Виконав				КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ	Арк.
	Керівник					52
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4. Захист навколишнього середовища.

Охороні навколишнього середовища з кожним роком приділяється все більше уваги, що обумовлено в першу чергу різким зростанням шкідливих викидів, що наносять біосфері великих, часто не відновлюваних втрат.

В електронній техніці використовується широка гамма матеріалів. Вже на етапі розробки нових видів продукції слід передбачити можливість її повторної переробки. Вироби повинні мати тривалий строк використання, надаватися ремонту та демонтажу або повторному використанню.

Одним із завдань дипломного проекту була розробка друкованої плати. Процес виготовлення друкованої плати складається з декількох етапів і характеризується використанням різних хімічних речовин. При виготовленні друкованої плати застосовується багатованнова промивка, що забезпечує раціональне використання води. При скиданні її у водоймища необхідно досліджувати як самі стоки, так і воду в водоймищі. Необхідно використовувати замкнуті водокорисні цикли.

Обладнання для нанесення електролітичних, хімічних та анодизаційних поверхонь має відповідати вимогам до обладнання згідно ГОСТ 12.3.008 - 75 та ГОСТ 12.2.003-74.

Обладнання для низькотемпературної пайки, лудіння та робочі місця мають відповідати вимогам "Санітарні правила організації процесів пайки дрібних виробів сплавами, що містять свинець". Вони повинні мати місцеву витяжну вентиляцію, оснащену звуковою або світловою сигналізацією, що попереджає про припинення відносу повітря.

Всі пристрої для підключення та перемикання електричних кіл потрібно захищати кожухами.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					53
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ВИСНОВОК

У магістерській роботі розроблено та досліджено гібридну систему виявлення руху з підвищеною завадостійкістю, побудовану на поєднанні пасивного інфрачервоного сенсора та мікрохвильового доплерівського радара. Запропонований підхід базується на використанні двох різних фізичних принципів детекції, що дозволяє зменшити ймовірність хибних спрацювань у порівнянні з традиційними одноканальними системами.

У роботі виконано аналіз сучасних методів і технічних засобів охорони приміщень, також обґрунтовано вибір елементної бази для реалізації гібридного пристрою. В якості центрального обчислювального елемента використано мікроконтролерний модуль ESP32, що забезпечує достатню продуктивність для обробки сигналів сенсорів, реалізації алгоритмів логічної кореляції та можливість подальшої інтеграції пристрою в мережеві та бездротові системи моніторингу.

Розроблено структурну та електричну принципову схеми пристрою, запропоновано алгоритм спільної обробки сигналів від інфрачервоного та радарного каналів. Реалізація логічної кореляції спрацювань дозволяє підвищити достовірність детекції руху в умовах дії типових завад, таких як теплові флуктуації, вібрації конструкцій, рух неметалевих об'єктів та фонове коливання середовища.

Виконано проектування друкованої плати з урахуванням вимог електромагнітної сумісності, теплових режимів і технологічності виготовлення. Проведений тепловий розрахунок показав, що щільність теплового навантаження та максимальна температура плати не перевищують допустимі значення для обраної елементної бази за умов природного охолодження, що забезпечує стабільну роботу пристрою без використання додаткових засобів тепловідведення.

З урахуванням реального теплового режиму та стандартних умов експлуатації виконано розрахунок показників надійності пристрою за статистичною методикою MIL-HDBK-217F. Отримані значення середнього напрацювання на відмову підтверджують відповідність розробленого пристрою вимогам до електронних систем охоронного та автоматизованого призначення.

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	Арк.
	Керівник					
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

В економічній частині роботи виконано детальну калькуляцію собівартості пристрою з урахуванням повного технологічного процесу виготовлення друкованої плати, монтажу компонентів та налагодження. Результати розрахунку свідчать про економічну доцільність запропонованого технічного рішення та можливість його використання в малосерійному виробництві.

У цілому отримані результати підтверджують доцільність застосування гібридного підходу до виявлення руху та демонструють перспективність подальшого розвитку розробленої системи у напрямі розширення функціональних можливостей і підвищення рівня інтелектуалізації обробки сигналів.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					55
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Webster J. G. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. – CRC Press, 2014.
2. Skolnik M. I. Radar Handbook. – 3rd ed. – McGraw-Hill, 2008.
3. Richards M. A., Scheer J. A., Holm W. A. Principles of Modern Radar. – SciTech Publishing, 2010.
4. Mahafza B. R. Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB. – Chapman & Hall/CRC, 2013.
5. Pozar D. M. Microwave Engineering. – 4th ed. – Wiley, 2011.
6. Ulrich Tietze, Christoph Schenk, Eberhard Gamm. Electronic Circuits: Handbook for Design and Application. – Springer, 2019.
7. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. – 3rd ed. – Cambridge University Press, 2015.
8. Texas Instruments. Radar Motion Detection – Theory and Applications. – Application Report, 2020.
9. Panasonic Corporation. PIR Motion Sensor Technical Guide. – Panasonic Industrial Devices, 2021.
10. Infineon Technologies. Radar Sensor Technology for Motion Detection. – Application Note, 2022.
11. Espressif Systems. ESP32-WROOM-32 Datasheet. – Espressif Systems, 2023.
12. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. – Espressif Systems, 2023.
13. *RCWL-0516 Microwave Radar Sensor Module Datasheet. – Manufacturer documentation.
14. FTDI Ltd. FT232RQ USB UART IC Datasheet. – FTDI, 2022.
15. ON Semiconductor. LM1117 Low Dropout Regulator Datasheet. – ON Semi, 2021.

	Виконав				<i>КРМ.ЕС.10315367.001.ПЗ</i>	Арк.
	Керівник					56
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. IEC 62368-1. Audio/video, information and communication technology equipment – Safety requirements. – IEC, 2018.
17. IPC-2221B. Generic Standard on Printed Board Design. – IPC, 2021.
18. IPC-A-600K. Acceptability of Printed Boards. – IPC, 2022.
19. MIL-HDBK-217F. Reliability Prediction of Electronic Equipment. – U.S. Department of Defense, 1995.
20. IEEE Std 1451. Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators. – IEEE, 2014.

ПРОЄКТ

	Виконав				<i>KPM.EC.10315367.001.P3</i>	<i>Арк.</i>
	Керівник					
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>57</i>

Додаток 2.

ДОВІДКА

про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Мельник І.І.
Назва роботи	Гібридна система визначення руху з підвищеною точністю історією місця, швидкості та прискорення інфрачервоного сенсора ігор роліджер.
Спеціальність	
Курс	
Факультет	
Кафедра	
Керівник роботи	
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНУЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Заець Т.І.
(прізвище, ініціали)

Т.І.
Підпис

Дата

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Зозуля Т. М.

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності ЕС -
Мейшик І. І.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Мейшик Ілля Лубинович

(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) 2 курсу ІТФ ЕС

(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему Гібридна система визначення
руку з підвищенням точності на основі
двухканального інфрачервоного сенсора та розробка
виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

Дата

Підпис

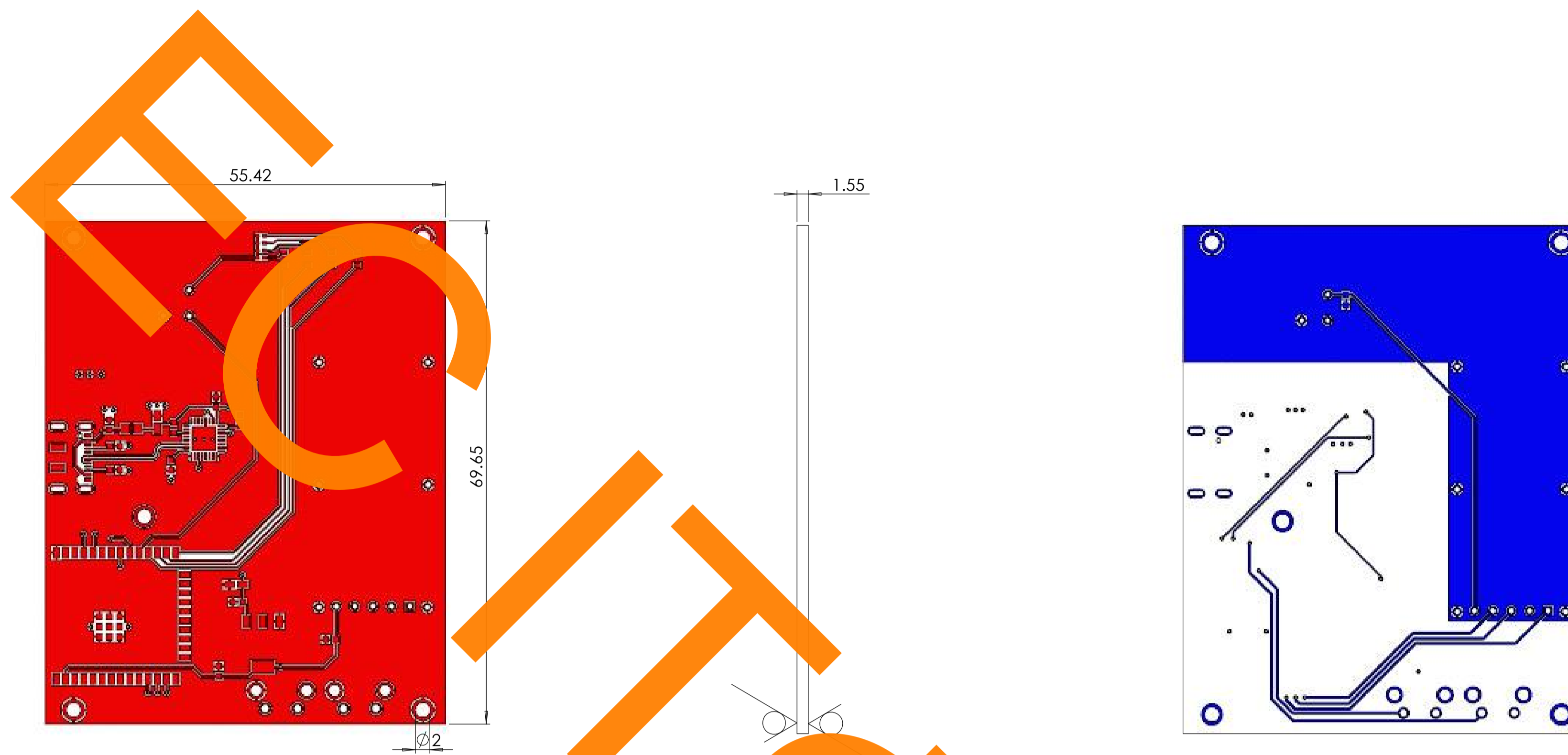
<i>Поз. позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітки</i>
<u>Конденсатори</u>			
C1	Конденсатор 47 мкФ	1	GRM21BR61C476KE15
C2–C6	Конденсатор 0.1 мкФ	5	GRM188R71H104KA93
C7–C8	Конденсатор 10 мкФ	2	GRM21BR61A106KE19
C9–C10	Конденсатор 0.1 мкФ	2	GRM188R71H104KA93
C11–C16	Конденсатор 0.1 мкФ	5	GRM188R71H104KA93
<u>Діоди</u>			
D1	TVS-діод (USB ESD)	1	USBLC6-2SC6
D2–D3	Діод випрямний	2	SS14
D4	TVS-діод (USB ESD)	1	USBLC6-2SC6
<u>Мікросхеми</u>			
IC1	Мікроконтролер ESP32	1	ESP32-WROOM-32
U1	USB–UART перетворювач	1	FT232RQ
IC2	Стабілізатор напруги 3.3 В (LDO)	1	LM1117-3.3
IC3	Мікрохвильовий радарний модуль	1	RCWL-0516
U2	Пасивний інфрачервоний сенсор	1	HC-SR501
<u>Світлодіоди</u>			
LED1–LED4	Світлодіод індикаторний	4	LTST-C190KRKT

KPM.EC. 20050054.001PE

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розробив</i>		<i>Мельник І.П.</i>		
<i>Перевірів</i>		<i>Заяць Т.М.</i>		
<i>Т. контр.</i>				
<i>Н/Контр.</i>		<i>Папн О.В.</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Заяць Т.М.</i>		

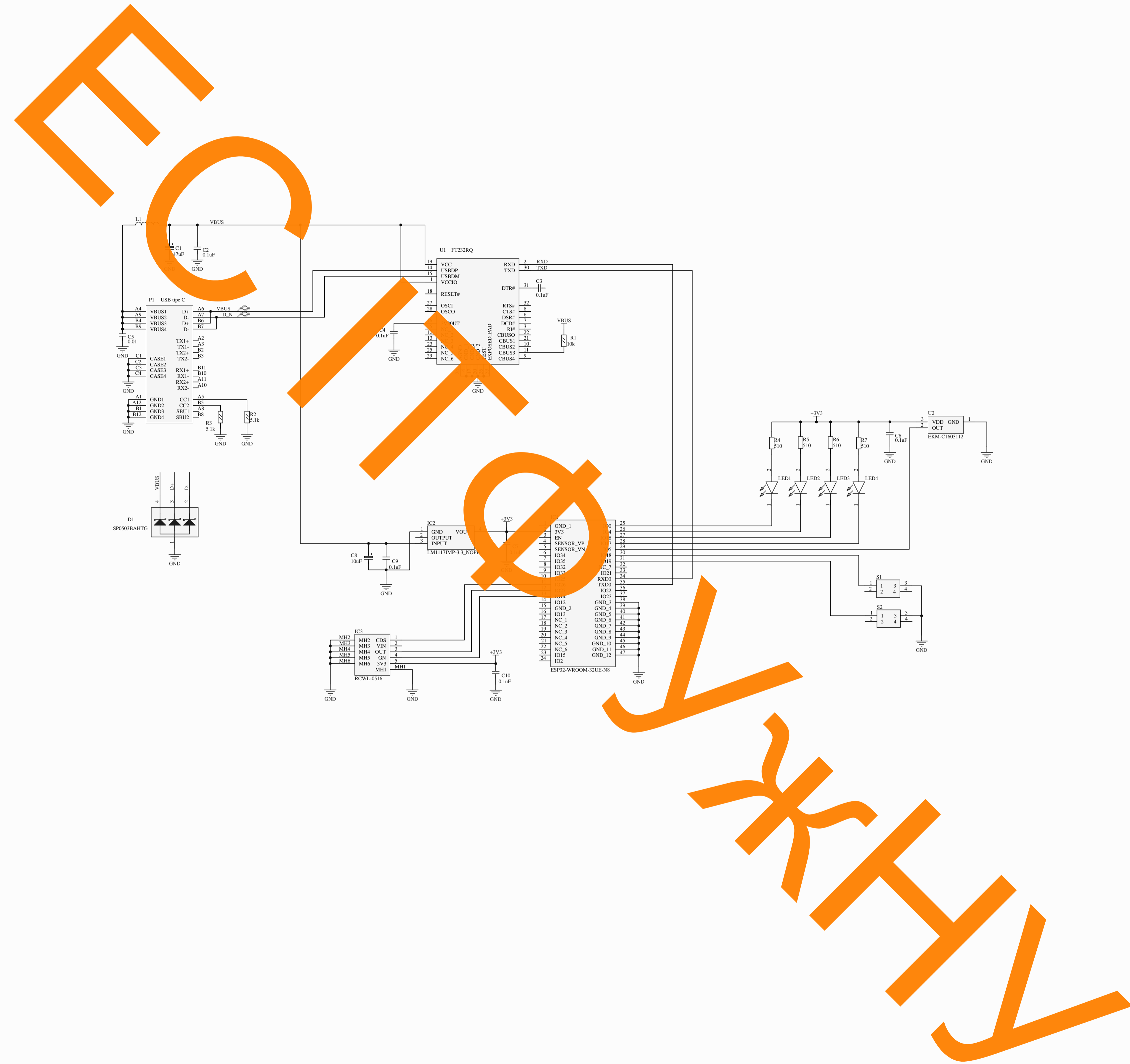
Гібридна система виявлення руху з підвищеною завадостійкістю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара
Перелік елементів

<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>У</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>УжНУ, ІТФ, гр. ЕС</i>		
<i>2 курс</i>		

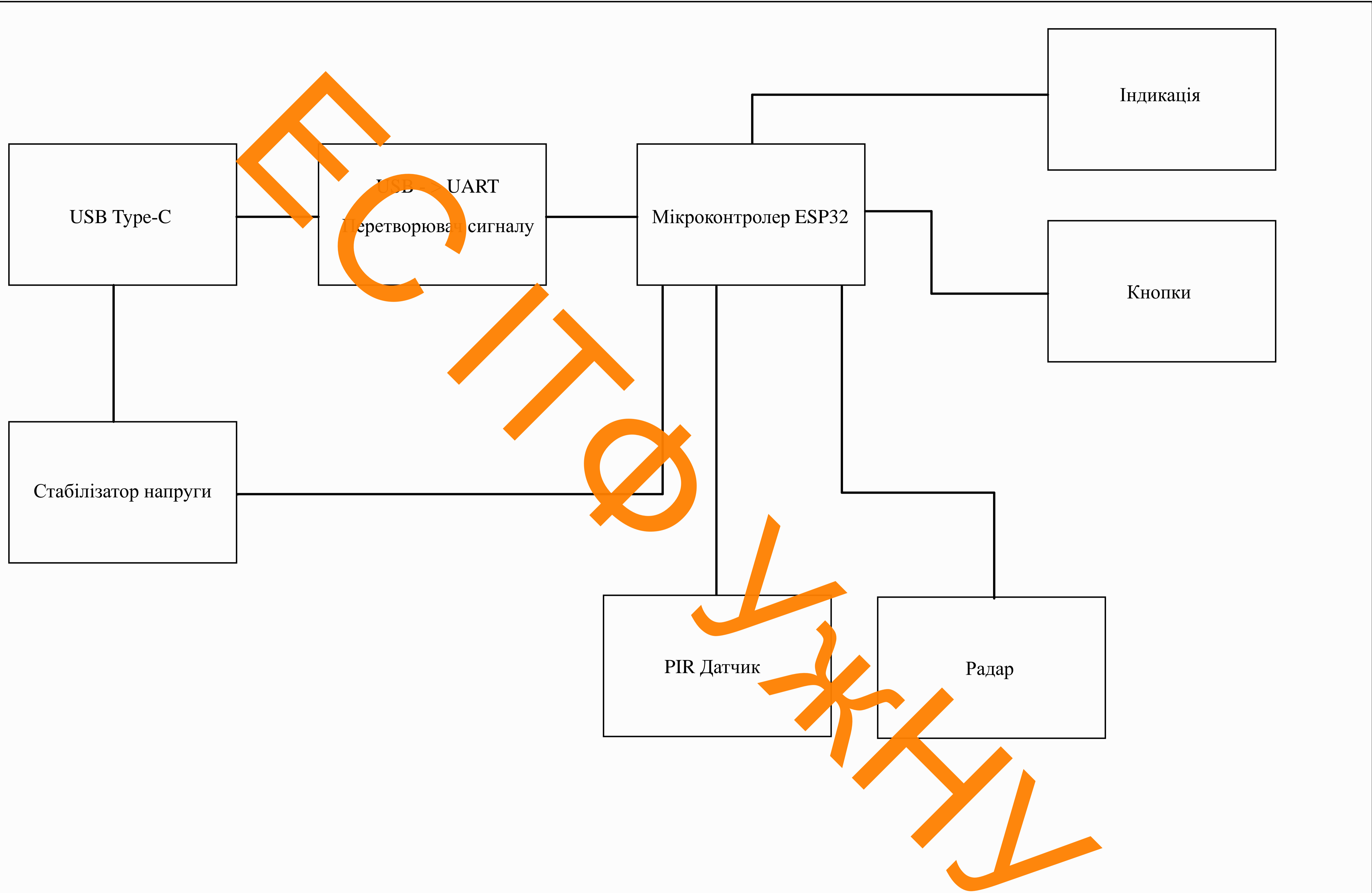


1. Плату виконати комбінованим методом: SMT-монтаж для всіх компонентів, окрім трьох роз'ємів, які встановлюються методом THT (монтаж в отвори).
2. Крок координатної сітки: 1.25 мм для всіх елементів.
3. Товщина фольги: 35 мкм.
4. Покриття друкованої плати:
Виконати покриття за технологією ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold) для забезпечення надійності контакту SMT-компонентів.
5. Отвори для роз'ємів:
Виконати металізовані отвори діаметром відповідно до вимог роз'єму.
6. Відповідність геометричних розмірів та допусків згідно ГОСТ 23752-79.
7. Паяння: Паяльні зони для SMT-компонентів виконати відповідно до вимог IPC-7351 для посадкових місць.
8. Виконання згідно IPC-A-600 для друкованих плат класу 2 (для комерційного обслуговування).

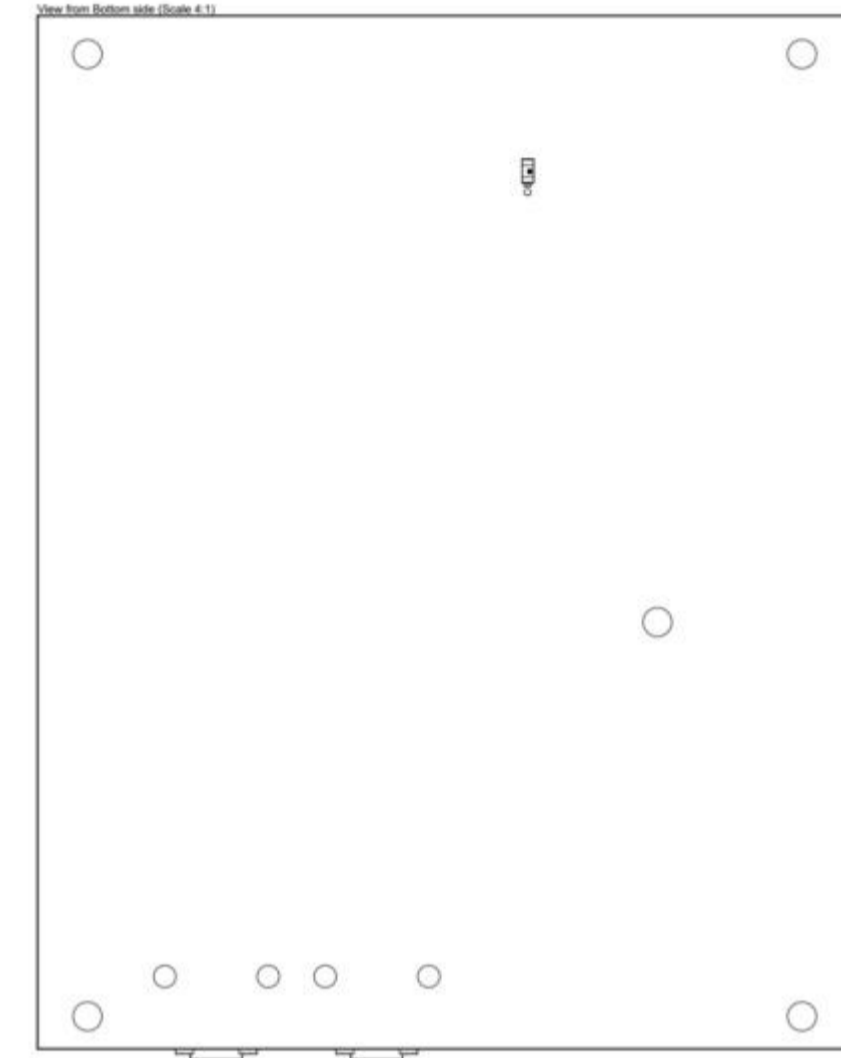
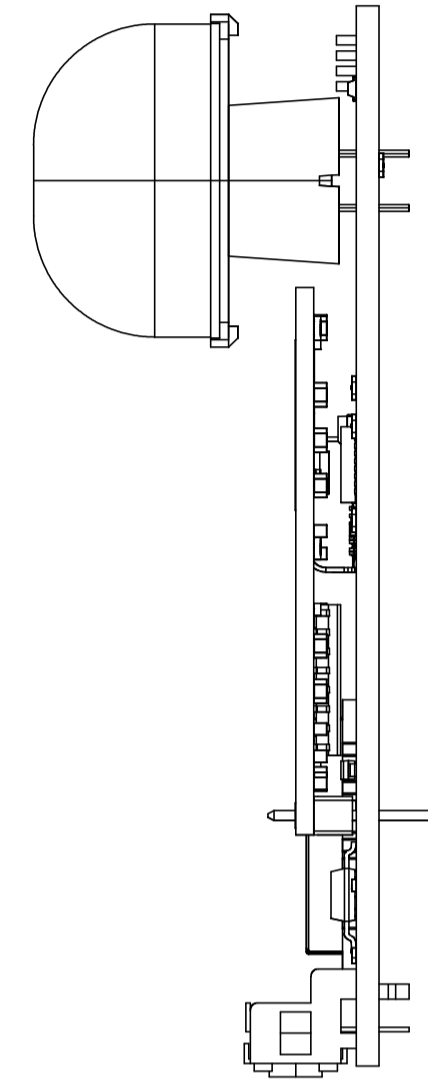
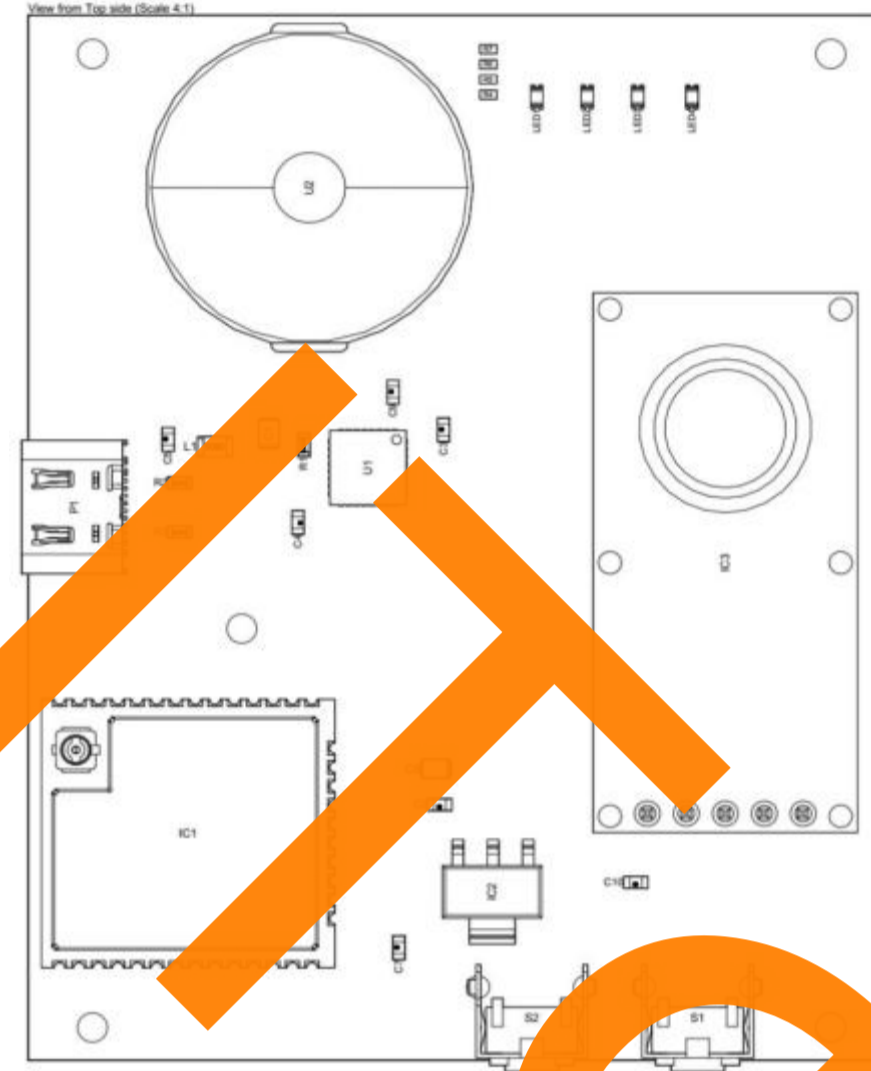
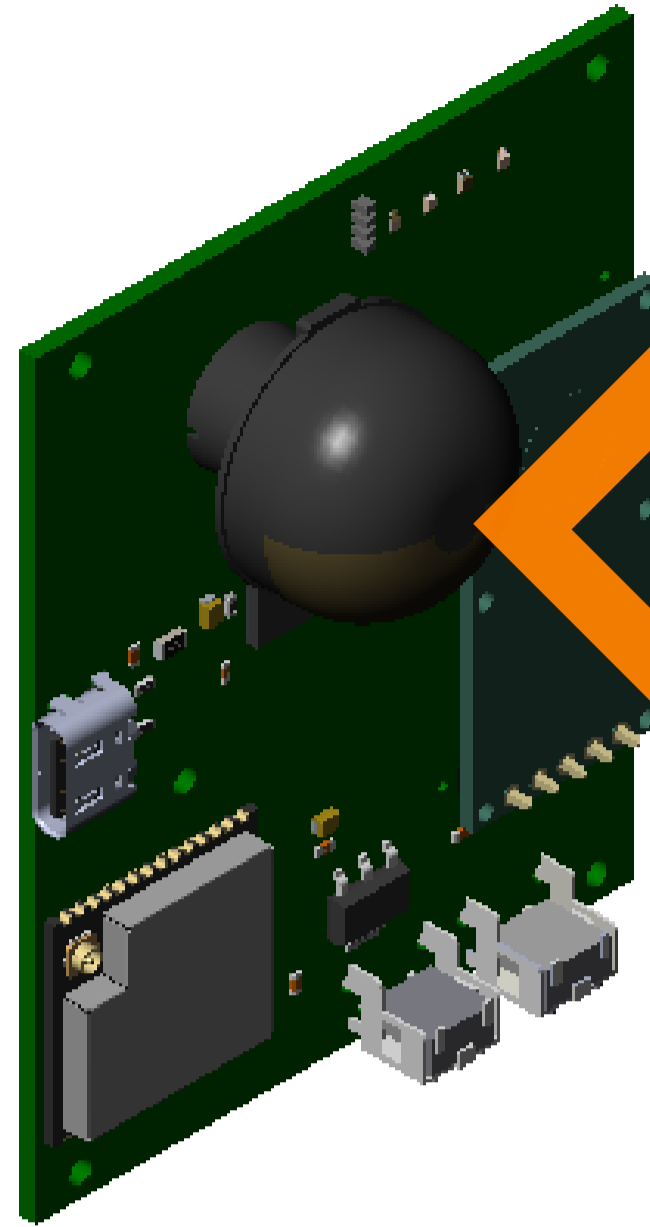
					КРМ.ЕС. 20050054.001 ДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підл.	Дата	Гібридна система виявлення руху з підвищеною надійністю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара		
Розроб.		Мельник І.П.			Літ.	Маса	Масштаб
Перев.		Зяць Т.М.			Н		5:1
					ДРУКОВАНА ПЛАТА		
					Арк.	Аркуші 1	
Н. контр.	Паш О.В.				УжНУ, ІТФ, ІІ курс, гр. ЕС		
Затв.	Зяць Т.М.						



					KPM.EC. 20050054.001 E3		
					Гібридна система виведення руху з підвищеною надійністю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара		
Зм.	Арх.	№ докум.	Побис.	Дата	Литера	Маса	Масштаб
Розробив	Мельник І.П.				Н		1:1
Перевірив	Заць Т.М.				Архиви		
					УсхНУ, ІТФ, курс 2 гр. ЕС		
Н. Копр.	Попл О.В.						
Затвердив	Заць Т.М.						



					<i>KPM.EC. 20050054.001 E1</i>		
					<i>Гібридна система виявлення руху з підвищеною надійністю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Повис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Мельник І.П.				И		5:1
Перевірив	Заць Т.М.				Архив		
					Схема електрична структурна		
Н. Коопр	Паш О.В.				УжНУ, ІТФ, курс 2		
Затвердив	Заць Т.М.				гр. ЕС		



Вимоги до виготовлення та складання друкованої плати

Електромонтаж друкованої плати виконувати відповідно до вимог стандарту IPC-A-610, клас 2 (вироби середньої складності, промислове застосування).

Монтаж компонентів:

- SMT-компоненти паяти методом оплавлення (Reflow).
- Для THT-компонентів застосовувати безсвинцевий припій SAC305 (Sn96.5Ag3.0Cu0.5) відповідно до стандарту IPC J-STD-006.
- Ключові компоненти та всі роз'ємні елементи встановлювати вручну після завершення SMT-монтажу.

Друковані провідники та конструкція плати:

- Геометрію та параметри друкованих провідників виконувати згідно стандарту IPC-2221.
- Усі відстані між компонентами та провідниками повинні відповідати мінімальним технологічним зазорам згідно IPC-2221-7.
- Технологічні отвори для монтажу або механічного кріплення плати передбачати відповідно до конструктивного рішення виробу.

Захист плати:

Після завершення складання плату покривати захисним лаком типу EP-572, білого кольору, згідно ТУ 6-10-1539-76 (за винятком контактних зон роз'ємів і тестових під'єднанчиків).

Маркування:

- Маркування елементів виконувати шовкотрафаретним методом.
- Фарба — ЧМ (чорна) або БМ (біла) згідно ТУ 029-02-859-78.
- Висота шрифту — 2,5 мм відповідно до НО 010.007.
- Місця нанесення маркування на кресленнях вказані умовно.

Контроль якості складання:

- SMT-монтаж контролювати методом візуального огляду під мікроскопом.
- Загальний стан чистоти плати після складання має відповідати вимогам IPC-5704.

ЗАКАЗ

					KPM.EC.20050054.001 СК							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підл.	Дата	Гібридна система виявлення руку з підвищеною надійністю на основі пасивного інфрачервоного сенсора та радара			Літ.	Маса	Масштаб		
Розроб.	Мельник І.П.											
Пров.	Зяць Т.М.											
					СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ				Аркуш 1	Аркушів 1		
Н. контр.	Папп О.В.				УжНУ, ІТФ, ІІ курс, гр. ЕС							
Затв.	Зяць Т.М.											



Автентифіковано засобом перевірки на плагіат ANTIPLA
Дата видачі: неділя, 14 грудня 2025, 15:54
Доступно через www.antip.la

Плагіатограма

Результат (відсоток плагіату)	0%
Назва документу	МельникКРМ-Антипла.docx
Кількість символів	11,916
Кількість спеціальних символів	74
Кількість слів	1,534
Унікальна кількість слів	926
Кількість речень	178
Найпоширеніші слова	та, и, на, з, -
Найдовше слово	$d+\Delta d+(0,1 \cdot 0,15)=0,8+0,05+0,1=0,95$
Середня довжина слова	6.8
Середня кількість слів у реченні	11.8
Всього посилань	0
Кількість слів із плагіатом	0

14.12.2025

(дата)

Alex Papo

(перевірив)