

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

СЖУ Сергій ЖУК

«16» 06 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: « Автомобільний пристрій моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом »

Виконав:

студент IV курсу, групи РС-11
Жмакін Назар Сергійович

Жмакін

Керівник:

Старший викладач кафедри РТС, к.т.н.
Неуймін Олександр Станіславович

Неуймін

Рецензент:

Доцент кафедри ПРЕ, к.т.н., доц
Шульга Аліна Вікторівна

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

Студент (-ка) Жмакін

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Сергій ЖУК

« 14 » 04 _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Жмакіну Назару Сергійовичу

1. Тема проєкту «Автомобільний пристрій моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом»,

керівник проєкту Неуймін Олександр Станіславович, старший викладач,

затверджені наказом по університету від « 29 » травня 2025 р. № 1841-с__

2. Термін подання студентом проєкту 16 червня 2025р

3. Вихідні дані до проєкту

__ Напруга живлення — 12В. Стабілізована робоча напруга — 5 В.

Температурний діапазон — від -30°C до +60°C. Вимірювання відстані — до 400 см.

Передача даних — по Bluetooth. Індикація стану — зелений і синій світлодіоди.

Керування живленням — тактова кнопка.

Інтерфейс користувача — мобільний додаток Serial Bluetooth Terminal.

4. Зміст пояснювальної записки_ Перелік скорочень; Вступ; Аналіз існуючих рішень; Функціональне проєктування; Конструкторська частина; Програмне забезпечення; Розрахункова частина; Висновки; Список використаних джерел; _

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) схема електрична принципова; схема електрична структурна; кресленик друкованої плати; складальні кресленики; перелік елементів; специфікація; код для мікроконтролера; презентація;

6. Консультанти розділів проєкту*

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

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Збір і аналіз інформації, огляд аналогів	15.04 – 22.04	Виконано
2	Формування технічного завдання, постановка мети та задач	22.04 – 26.04	Виконано
3	Розробка структурної та принципової електричної схеми	26.04 – 05.05	Виконано
4	Вибір елементної бази та обґрунтування вибору компонентів	05.05 – 16.05	Виконано
5	Проектування друкованої плати, розрахунки	16.05 – 30.05	Виконано
6	Моделювання корпусу, підготовка 3D-моделі	30.05 – 05.06	Виконано
7	Розробка програмного забезпечення, написання коду	05.06 - 08.06	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	08.06 – 14.06	Виконано

Студент

Назар ЖМАКІН

Керівник

Олександр НЕУЙМІН

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт присвячений розробці пристрою для безконтактного вимірювання відстані з передачею даних на смартфон в режимі реального часу. Основна мета проєкту полягала у створенні компактного, енергоефективного та надійного вимірювання відстані, здатного автоматично передавати дані на мобільний пристрій.

У рамках роботи було виконано проєктування електричної схеми та розробку програмного забезпечення для мікроконтролера з вбудованими модулями Bluetooth. Проведено аналіз технічних характеристик ультразвукового модуля, що дозволило забезпечити точне вимірювання відстані до об'єктів. Змодельовано корпус пристрою та створено мобільний додаток для візуалізації даних.

Проєкт також включає можливості розширення функціональності, у тому числі зберігання даних та сховища при перевищенні заданих порогових значень, що робить можливим його впровадження в системах автоматизації та моніторингу. Запропоновані рішення забезпечують автоматизацію процесу вимірювання відстані, значно покращуючи контроль та моніторинг об'єктів у режимі реального часу.

Розроблений пристрій має широкі перспективи застосування в системах безпеки, контролі заповнення резервуарів, автоматизації приміщень та інших сферах.

Ключові слова: мікроконтролер, ультразвуковий модуль, вимірювання відстані, Bluetooth, передача даних, реальний час, автоматизація, сенсорні системи, енергоефективність.

ANNOTATION

The diploma project is dedicated to the development of a device for non-contact distance measurement with data transmission to a smartphone in real time. The main goal of the project was to create a compact, energy-efficient and reliable damage measurement capable of automatically transmitting data to a mobile device with minimal delay.

As part of the work, the design of an electrical circuit and the development of software for a microcontroller with built-in Bluetooth modules were performed. The technical characteristics of the ultrasonic module were analyzed, which allowed for accurate measurement of the distance to objects. The device case was modeled and a mobile application was created for data visualization.

The project also includes the possibility of expanding functionality, including data storage and storage when specified threshold values are exceeded, which makes it possible to implement it in automation and monitoring systems. The proposed solutions provide automation of the distance measurement process, significantly improving the control and monitoring of objects in real time.

The developed device has broad prospects for application in security systems, tank filling control, room automation and other areas.

Keywords: microcontroller, ultrasonic module, distance measurement, Bluetooth, data transfer, real-time, automation, sensor systems, energy efficiency.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автомобільний пристрій моніторингу відстані з
мобільним Bluetooth-інтерфейсом»

Київ – 2025 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень	10
Вступ.....	11
1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВІДСТАНІ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	12
1.1. Актуальність теми.....	12
1.2. Огляд технічного завдання та мети.....	13
1.3. Сфера застосування пристрою	13
1.4. Огляд існуючих рішень	14
1.4.1 Ultrasonic sensor with Bluetooth communication (BLE)	14
1.4.2 Смарт-паркувальна система з ультразвуковими сенсорами ...	15
1.5. Переваги запропонованого пристрою	16
1.6. Висновки до розділу	16
2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧОГО РІШЕННЯ.....	19
2.1. Принцип дії приладу.....	19
2.2. Опис схеми електричної структурної	20

					PC11.466229.001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Жмакін Н. С.</i>			Автомобільний пристрій моніторингу відстані з мобільним Bluetooth- інтерфейсом	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Керівн.</i>		<i>Неуймін О.С.</i>					7	
						РТФ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Завердив</i>								

2.3. Обґрунтування вибору елементної бази	21
2.3.1 Обґрунтування вибору мікроконтролера	21
2.3.2 Обґрунтування вибору ультразвукового модуля	23
2.3.3 Обґрунтування вибору стабілізатора напруги.....	24
2.3.4 Обґрунтування вибору польового транзистора.....	25
2.3.5 Обґрунтування вибору зеленого світлодіоду	26
2.3.6 Обґрунтування вибору синього світлодіоду.....	27
2.3.7 Обґрунтування вибору кнопки.....	28
2.3.8 Обґрунтування вибору роз'єму	30
2.3.9 Обґрунтування вибору конденсаторів.....	31
2.3.10 Обґрунтування вибору резисторів	33
2.4. Опис роботи по схемі електричній принциповій	34
2.5. Моделювання схеми електричної принципової.....	35
2.6. Висновки за розділом	36
3. ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	37
3.1. Розрахунок отворів та контактних майданчиків	37
3.2. Проектування друкованої плати.....	39
3.3. Зовнішній вигляд усіх 3D деталей що використовувалися	42
3.4. Розрахунок ширини провідників.....	44

3.5	Моделювання друкованої плати	46
3.6	Розробка корпусу	48
3.7	Висновки до розділу	50
4.	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	52
4.1.	Алгоритм	52
4.2.	Висновки до розділу	54
5.	РОЗРАХУНОК ЩО ПІДТВЕРДЖУЄ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ	55
5.1.	Розрахунок надійності	55
6.	ВИСНОВОК.....	58
7.	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Перелік скорочень

BLE — Bluetooth з низьким енергоспоживанням

CAD — Автоматизоване проектування

ESP32 — Мікроконтролер із вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth

HC-SR04 — Ультразвуковий датчик відстані

I2C — Inter-Integrated Circuit (Інтерфейс для міжмікросхемного зв'язку)

IoT — Інтернет речей (Інтернет речей)

LED — світлодіод (Світлодіод)

MOSFET — польовий транзистор метал-оксид-напівпровідник

PCB — Printed Circuit Board (Друкована плата)

SMD — Surface-Mount Device (Компонент поверхневого монтажу)

SMT — Surface-Mount Technology (Технологія поверхневого монтажу)

SPI — Serial Peripheral Interface (Послідовний периферійний інтерфейс)

TCR — Температурний коефіцієнт опору

UART — Універсальний асинхронний приймач-передавач

USB — Universal Serial Bus (Універсальна послідовна шина)

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Забезпечення безпеки на дорогах є невід'ємною частиною сучасного транспорту, а системи визначення відстані до перешкод відіграють ключову роль у запобіганні дорожньо-транспортним пригодам під час маневрування й паркування. Одним із ефективних технічних рішень у цій сфері є автомобільний пристрій для контролю відстані, оснащений мобільним інтерфейсом на базі Bluetooth.

У цьому дипломному проєкті розглядається розробка системи, здатної в режимі реального часу визначати дистанцію до об'єктів за допомогою ультразвукових сенсорів та передавати ці дані на смартфон через Bluetooth-з'єднання. Такий підхід дозволяє підвищити рівень зручності та безпеки водія, сприяючи швидкому реагуванню в умовах обмеженого простору.

Актуальність теми полягає в потребі у доступних і простих у реалізації рішеннях, які можна легко адаптувати до різних типів автомобілів. Завдяки застосуванню сучасних компонентів — зокрема мікроконтролера, ультразвукових датчиків та мобільного застосунку — створюється система, що поєднує функціональність, надійність і простоту використання.

Метою проєкту є створення пристрою, який сприятиме підвищенню безпеки дорожнього руху та комфорту керування транспортним засобом для широкого кола користувачів.

					РС11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВІДСТАНІ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Актуальність теми

Сучасні тенденції розвитку технологій демонструють зростаючий попит на створення бюджетних, енергозберігаючих та інтуїтивних рішень для віддаленого спостереження і керування різноманітними процесами. Провідну забезпечують мікроконтролерні системи, інтегровані з бездротовими протоколами зв'язку, зокрема Bluetooth, які забезпечують передачу інформації в режимі реального часу.

Створення мобільних пристроїв з функціональним вимірюванням відстані та можливості трансляції результатів на мобільних пристроях має значний потенціал застосування в робототехніці, охоронних системах, навчальній діяльності та наукових дослідженнях.

Мініатюрний пристрій на основі мікроконтролера із вбудованою Bluetooth-функціональністю дозволяє забезпечити збір даних від ультразвукового далекоміра та їх бездротову передачу до мобільного додатка. Така архітектура гарантує користувачам зручність відображення інформації, портативність, автономну роботу та простоту експлуатації системи.

Таким чином, значущість представленого проекту забезпечує успішне з'єднання мінімалістичної апаратної конструкції, економічну ефективність використаних компонентів, мобільність та широкий спектр можливостей для модифікації та подальшого розвитку пристрою в різних галузях застосування.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.2 Огляд технічного завдання та мети

У рамках цього дипломного проєкту планується розробка компактного електронного пристрою для безконтактного вимірювання відстані з подальшою бездротовою передачею даних на мобільний пристрій через Bluetooth. Пристрій може бути корисним у автомобільній індустрії для контролю відстані під час паркування та маневрування.

Основна мета проєкту — створення надійного, енергоефективного та зручного у використанні пристрою, який забезпечує точне вимірювання відстані та стабільну передачу інформації, враховуючи умови експлуатації в автомобілі (вібрації, волога, температурні коливання).

Згідно з технічним завданням, пристрій повинен відповідати таким вимогам:

- Мінімальна вимірювана відстань — не більше 4 метрів, що досягається за допомогою ультразвукового датчика.
- Бездротова передача даних — реалізується через мікроконтролер з вбудованим Bluetooth, з стабільним з'єднанням на відстані не менше 5 метрів.
- Захист від вологи — всі компоненти повинні бути в герметичному корпусі для запобігання потраплянню води.
- Автономне живлення — пристрій живиться від електромережі автомобіля через USB Type-C роз'єм.

1.3 Сфера застосування пристрою

Пристрій призначений для бездротового вимірювання відстані та передачі даних на смартфон. Завдяки простій конструкції та зручному зв'язку, він може використовуватися в різних сферах.

					РС11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Зокрема, пристрій може використовуватися в паркувальних системах для вимірювання відстані до перешкод, забезпечуючи водієві зручний і оперативний контроль простору позаду або попереду автомобіля. Також можливе застосування в системах безпеки, де вимірювання зміни відстані дозволяє виявити рух поблизу об'єкта, наприклад, біля дверей чи вікна. У промислових умовах пристрій здатний слугувати засобом контролю рівня заповнення контейнерів, резервуарів або бункерів. Завдяки доступності компонентів і бездротовій передачі даних, він також є зручним інструментом для навчальних цілей та розробки прототипів у сфері Інтернету речей (IoT). Крім того, можлива модифікація пристрою для використання людьми з порушенням зору — він може попереджати про наближення до перешкод за допомогою звукових або вібраційних сигналів.

1.4 Огляд існуючих рішень

1.4.1 Ultrasonic sensor with Bluetooth communication (BLE)

Один із найпопулярніших пристроїв на ринку DIY — ультразвуковий вимірювач відстані на базі модуля HC-SR04 та мікроконтролера ESP32 або Arduino з Bluetooth-модулем. Такі пристрої часто використовуються в навчальних проєктах, прототипуванні та автоматизованих системах.[1]



Рисунок 1.1 — Ультразвуковий датчик з Bluetooth-зв'язком (BLE), що входить до складу системи управління паркуванням Parksol.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Коротка характеристика:

— Функціонал: виявляє наявність або відсутність транспортного засобу у парковочному місці і передає статус «вільно/зайнято».

— Мережа: сенсори об'єднуються в mesh-мережу BLE, забезпечуючи надійний зв'язок навіть у великих паркінгах.

— Простота встановлення: монтаж легко здійснити в межах існуючого паркувального простору .

— Відображення статусу: візуалізується світловими індикаторами, щоб водій міг швидко орієнтуватися, чи місце вільне .

Переваги в порівнянні з іншими системами:

— Низьке енергоспоживання: BLE-технологія оптимізована для мінімального енергоспоживання.

— Масштабованість: можна об'єднувати в мережу без необхідності кабелізації.

1.4.2 Смарт-паркувальна система з ультразвуковими сенсорами

Пристрої такого типу встановлюються у передній або задній частині автомобіля, відстежують відстань до перешкод і передають інформацію водієві через звукову або візуальну індикацію.[2]



Рисунок 1.2 — Смарт-паркувальна система з підтримкою Bluetooth-підключення.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Коротка характеристика:

—Ядро системи: Сенсор — «справжнє серце» Smart Parking Systems® забезпечує моніторинг вільних і зайнятих місць та спрямовує водіїв до доступних паркомісць

—Моніторинг в реальному часі: Постійно відстежує статус паркомісць (вільне/зайняте), фіксує час приїзду і виїзду автомобіля .

—Гнучка установка: Працює як на відкритих стоянках, так і в приміщеннях чи на вулиці .

—Висока точність завдяки технології подвійного сенсора (Dual Detection).

Переваги в порівнянні з іншими системами:

— Гнучке підключення: підтримка LoRa, LoRaWAN® та NB-IoT.

— Швидка установка на будь-якій поверхні (вулиця/приміщення).

— Робота в режимі реального часу: точне виявлення авто та фіксація часу.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.6 Висновки до розділу

У цьому розділі обґрунтовано необхідність створення компактного пристрою для безконтактного вимірювання відстані з бездротовою передачею даних на мобільний пристрій через Bluetooth. Аналіз сучасних мікроконтролерних систем і бездротових протоколів підтверджує доцільність розробки енергоефективного рішення для реального контролю відстані в режимі онлайн. Вимоги технічного завдання (мінімальна відстань вимірювання 2 метри, стабільне Bluetooth-з'єднання на відстані щонайменше 5 метрів, захист від вологи та живлення від автомобільної мережі) є цілком реалістичними.

Огляд ринку показав, що існують подібні продукти, зокрема на базі модулів HC-SR04 + ESP32/Arduino. Проте запропонований пристрій вирізняється мінімалістичною конструкцією, адаптацією до автомобільних умов (живлення від Туре-С) та спрощеною інтеграцією з мобільним додатком без спеціалізованого налаштування.

Порівняльний аналіз виявив основні переваги: універсальне живлення, зручна передача даних на смартфон, висока точність вимірювання та можливість масштабування через ESP32. Однак відсутність акумулятора може обмежувати автономність, а HC-SR04 має обмеження щодо застосування на м'яких поверхнях або в умовах підвищеної вологості.

Таким чином, матеріал підтверджує актуальність розробки пристрою, який має додаткові технічні характеристики для застосування в автомобільній промисловості, системах безпеки, промисловому контролі та освітніх проектах.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Мінімалістична апаратна платформа стане основою для подальшої розробки програмного забезпечення, тестування та оптимізації функціоналу в наступних розділах дипломного проекту.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

2.1 Принцип дії приладу

Принцип дії пристрою дистанційного вимірювання на відстані від бездротової передачі даних складається з декількох ключових етапів, які включають живлення системи, зчитування, обробку і передачу інформації про відстань до об'єктів.

Ініціалізація та живлення системи:

Електроживлення надходить через універсальний роз'єм від зовнішнього джерела постійного струму напругою 12 вольт. Інтегрований стабілізатор напруги перетворює вхідну напругу до робочого рівня 5 вольт, необхідного для роботи електронних компонентів. Механічна кнопка керування забезпечує включення та вимкнення пристрою, а світловий індикатор зеленого кольору сигналізує про активний стан системи.

Встановлення бездротового з'єднання:

Центральний мікропроцесор із вбудованим модулем бездротового зв'язку дії ближнього радіуса ініціює процес підключення до мобільного пристрою. Після успішного встановлення з'єднання спеціального світлового індикатора синього кольору підтверджує готовність системи до передачі даних.

Зчитування та обробка на відстані:

Ультразвуковий сенсор генерує високочастотні звукові імпульси та фіксує час їх повернення після відбиття від перешкоди. Мікропроцесор аналізує отримані дані сенсора і на основі швидкості поширення звукових хвиль у повітрі розраховує точну відстань до об'єкта в реальному часі.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Вивід інформації:

Після обробки інформація передається через бездротове з'єднання на мобільний пристрій, де спеціалізована програма-термінал відображає виміряні значення розташування в цифровому форматі. Це дозволяє користувачеві дистанційно контролювати результати вимірювань і зберігати дані для подальшого аналізу або документування.

2.2 Розробка структурної схеми

Структурна схема показана на рисунку 2.1

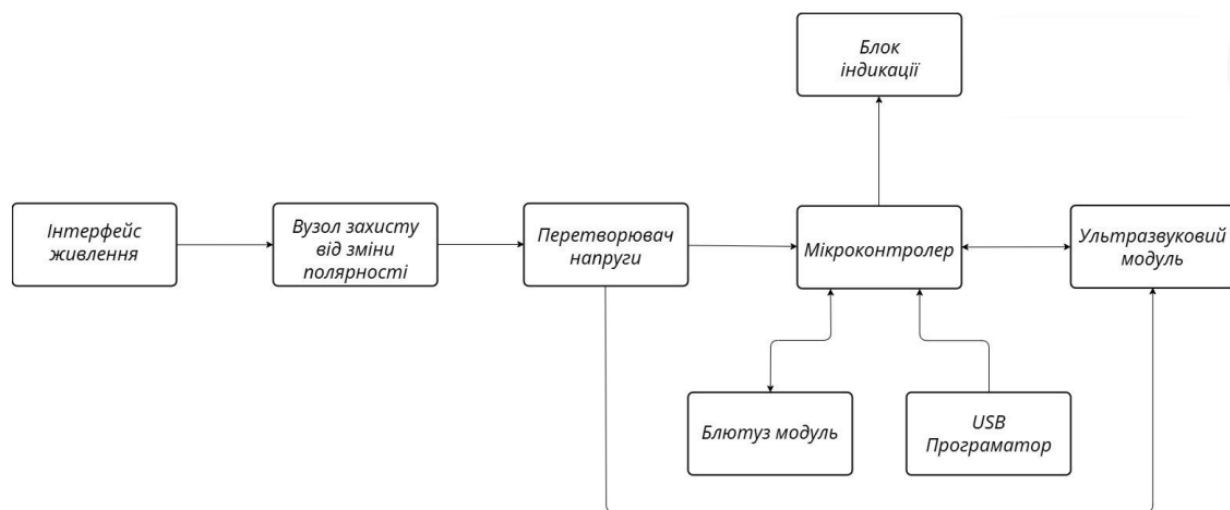


Рисунок 2.1 — Схема структурна автомобільного пристрою моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом

Прилад складається з таких структурних частин:

1. Центральний блок:

Мікроконтролер - головний керуючий елемент, який координує роботу всіх компонентів системи

2. Модулі живлення та індикації:

Блок індикації - забезпечення впевненого відображення інформації (світлові сигнали, дисплей)

Інтерфейс живлення забезпечує подачу електроенергії до всієї системи.

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3. Датчики та сенсори:

Захист від зміни полярності - запобігає пошкодженню при неправильному підключенні живлення

Претензорний датчик - вимірювання певних фізичних параметрів

4. Модулі зв'язку:

Модуль Bluetooth - забезпечує бездротовий зв'язок з іншими пристроями

USB Програмактор - дозволяє програмувати мікроконтролер і передавати дані через USB

5. Додаткові модулі:

Ультразвуковий модуль - для вимірювання відстані або виявлення об'єктів

2.3 Обґрунтування вибору елементної бази

У розробленому пристрої використовуються як активні, так і пасивні компоненти. Активні елементи — це пристрої, які здатні змінювати потужність сигналу, тоді як пасивні елементи змінюють рівні сигналів за напругою та струмом і можуть модифікувати форму сигналу. При виборі елементної бази важливо враховувати характеристики розроблюваного виробу, умови його експлуатації, конструктивні особливості та вартість.

2.3.1 Обґрунтування вибору мікроконтролера

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

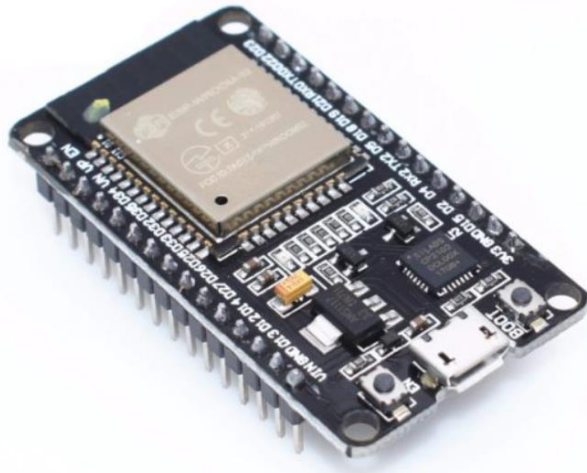


Рисунок 2.3 — Модуль DevKit V1 з ESP32

Було обрано ESP32 DevKit V1 через його потужність, універсальність та вбудований Bluetooth-модуль, що є вирішальним для мого проєкту. Ця плата має двоядерний процесор, що забезпечує високу швидкість обробки даних, що важливо для проєктів в реальному часі.

Універсальність ESP32 дозволяє використовувати її в різних сферах, від Інтернету речей (IoT) до робототехніки, завдяки підтримці Wi-Fi та Bluetooth. Вбудований Bluetooth-модуль забезпечує бездротову комунікацію з мобільними пристроями, відкриваючи нові можливості для інтеграції з сучасними технологіями.

Короткі характеристики:

- Вбудований Bluetooth (Classic + BLE)
- Двоядерний процесор до 240 МГц
- Вбудований Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Велика кількість GPIO та інтерфейсів (UART, SPI, I2C тощо)
- Низьке енергоспоживання (до 20 мкА в deep sleep)
- Просте програмування через USB

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.3.2 Обґрунтування вибору ультразвукового модуля



Рисунок 2.4 — Ультразвуковий модуль HC-SR04

Було вибрано ультразвуковий датчик HC-SR04 для свого проєкту з кількох ключових причин. Цей датчик відрізняється простотою підключення за допомогою чотирьох контактів та зрозумілого принципу роботи на основі ультразвукових хвиль. Його доступність на ринку та низька вартість за рахунок його економічно вигідним рішенням.

Низьке енергоспоживання та надійність роботи HC-SR04 роблять ідеальним вибором для задач точного визначення місця в моєму компонентні.

Короткі характеристики HC-SR04:

- Висока точність (до 3 мм)
- Широкий діапазон вимірювань (0–4000 мм)
- Низьке енергоспоживання (всього 8 мА)
- Просте підключення та керування
- Невеликі габарити
- Доступність і низька вартість

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

23

2.3.3 Обґрунтування вибору стабілізатора напруги

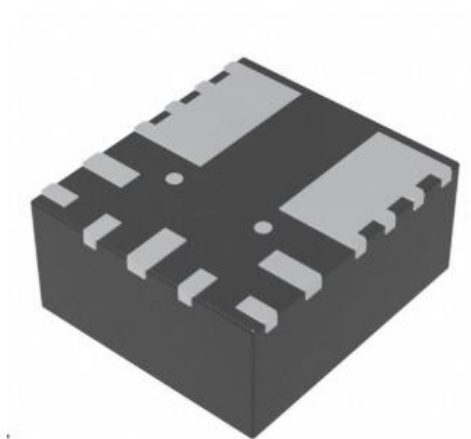


Рисунок 2.5 — Стабілізатор напруги TPSM84209RKHPR

Було обрано TPSM84209RKHPR, тому що він має високий ККД і не буде нагріватися у моїй схемі, що критично важливо для компактного проекту. До того ж він забезпечує стабільну роботу при широкому діапазоні вхідної напруги, підтримує до 2,5 А струму та майже не потребує обв'язки.

Короткі характеристики:

- Вхідна напруга: 4,5–28 В
- Вихідна напруга: 1,2–6 В
- Максимальний струм: 2,5 А
- ККД: до 91,7 %
- Захисти: UVLO, OCP, OTP

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.3.4 Обґрунтування вибору польового транзистора



Рисунок 2.6 — Польвий транзистор AO3401A

Це компактний P-канальний MOSFET в корпусі SOT-23, який ідеально підходить для керування живленням як high-side switch та забезпечує захист від переполюсовки.

Транзистор має низький опір у відкритому стані, що мінімізує втрату потужності та дозволяє ефективно керувати струмами до -4 А. Легко керується стандартною логікою 3.3–5 В, що робить його сумісним із більшістю сучасних мікроконтролерів без додаткових драйверів.

Компактний розмір та високі характеристики створюють цей MOSFET оптимальний вибір для сучасних електронних проектів, де важливі надійність, ефективність та економічність місця на платі.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Короткі характеристики:

- Тип: P-канальний MOSFET
- Максимальна напруга стік-джерело: -30 В
- Максимальний струм стоку: -4 А
- Опір у відкритому стані ($R_{DS(on)}$): $50\text{--}85\text{ мОм}$
- Напруга відкриття затвора: $\approx -0.9\text{ В}$
- Корпус: SOT-23

2.3.5 Обґрунтування вибору зеленого світлодіода



Рисунок 2.7 — Світлодіод WP7113GD

Світлодіод WP7113GD від Kingbright був обраний для проекту завдяки його надійності та простоті використання. Його зелений колір ідеально підходить для індикації стану пристрою - увімкнення, готовності або нормальної роботи. Стандартний корпус 5 мм забезпечує безпечний монтаж, а низьке споживання струму не створює додаткового навантаження на систему.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Короткі характеристики:

- Тип: зелений світлодіод
- Яскравість: до 40 мКд (mcd) при 20 мА
- Кут випромінювання: 60°
- Напруга прямого зміщення (VF): 2.1 В
- Максимальний струм: 30 мА (рекомендований — 20 мА)
- Тип корпусу: наскрізне монтажне виконання (Through-Hole)

2.3.6 Обґрунтування вибору синього світлодіода



Рисунок 2.8 — Світлодіод 151034BS03000

Роз'єм 151034BS03000 від Würth Elektronik був обраний як надійне рішення для підключення компонентів до основної плати. Вертикальне розташування контактів і стандартний крок 2,54 мм забезпечують легкий монтаж і сумісність із макетними проводами. Підтримка в САD-системах спрощує інтеграцію в схему та макет друкованої плати.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Короткі характеристики:

- Кількість контактів: 2 контакти
- Тип монтажу: наскрізний
- Серія: WR-PHD
- Номінальний струм: до 3 А
- Температурний діапазон: -40°C до +105°C
- Матеріал корпусу: термостійкий пластик (UL94 V-0)

2.3.7 Обґрунтування вибору кнопки



Рисунок 2.9 — Тактова кнопка TS09-63-25-WT-160-SMT-TR

Було обрано цю кнопку, керуючись передусім потребою в економічному місці на друкованій платі. У сучасній електроніці мініатюризація є ключовим трендом, і компактні розміри дозволяють створити менше пристроїв або розміщувати більше функціональних елементів, що впливає на конкурентоспроможність продукту.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Виробнича ефективність стала іншим фактором. Можливість автоматизованої пайки критично важлива для серійного виробництва, оскільки значно знижує собівартість і мінімізує людський фактор. Це особливо для великих партій, де навіть незначна економіка на одиницю перетворюється в суттєві суми.

Надійність довгострокової перспективи знижує ризики гарантійних звернень і підтримує довіру споживачів до бренду.

Універсальність застосування робить цю кнопку економічно доцільним рішенням. Один компонент може використовуватися в різних об'єктах і умовах експлуатації, що спрощує логістику та дозволяє зберегти кращі умови від постачальників за більшим обсягом закупівель. Короткі характеристики кнопки:

- Тип: тактова кнопка, SPST-NO (миттєва дія)
- Монтаж: поверхневий
- Робоча сила: 160 гс (1.6 Н)
- Ресурс: 40 000 натискань
- Температурний діапазон: -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$
- Матеріал: термостійкий пластик (PPA)

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.3.8 Обґрунтування вибору роз'єму



Рисунок 2.10 — Роз'єм USB3.1 TYPE-C 2129691-2

Було обрано цей роз'єм, оскільки це надійний USB Type-C роз'єм від перевіреного виробника з відмінними технічними характеристиками. Він підтримує швидку передачу даних USB 3.1, може передавати потужність до 100 Вт, має міцний корпус з нержавіючої сталі та захист від вологи IPX4. Цей роз'єм універсальний - підходить як для портативних пристроїв, так і для промислового обладнання, забезпечуючи стабільну роботу та довговічність у різних умовах експлуатації.

Крім того, USB Type-C став стандартом у сучасному світі - його використовують у смартфонах, ноутбуках, планшетах та багатьох інших пристроях, тому навіть якщо кабель вийде з ладу, знайти заміну буде легко в будь-якому магазині електроніки.

Тип: USB Type-C

Інтерфейс: USB 3.1 Gen 1 (до 5 Гбіт/с)

Монтаж: Кутовий, mid-mount (SMT + through-hole)

Струм: до 5 А (VBUS), 6.25 А (GND)

Температура: -30...+85 °C

Захист: Екранований, корпус UL94-V0

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.9 Обґрунтування вибору конденсаторів



Рисунок 2.11 — Кремнієвий SMD конденсатор Samsung

Ці конденсатори були обрані завдяки оптимальному поєднанню ключових характеристик, що робить їх ідеальними для сучасних електронних проєктів.

Стабільність та надійність забезпечується збереженням стабільних електричних параметрів у широкому діапазоні температур та частот, що критично важливо для мікроконтролерних систем, де навіть незначні відхилення можуть спричинити збої в роботі.

Компактність дозволяє створювати щільні монтажі на друкованих платах, економлячи місце та дозволяючи реалізовувати складніші схеми в менших корпусах пристроїв.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Зручність монтажу проявляється в сумісності зі стандартними процесами поверхневого монтажу (SMD), що забезпечує використання автоматизованого обладнання та прискорює виробничий процес. Стандартизовані розміри корпусів спрощують заміну та ремонт.

Широка доступність номіналів означає можливість знайти конденсатори практично будь-якої потрібної ємності, що спрощує проектування та закупівлі, особливо важливо для швидкого прототипування.

Для мікроконтролерів типу ESP32 ці переваги особливо цінні, оскільки такі системи працюють з мішаними сигналами, потребують стабільного живлення для RF-блоків та мають жорсткі вимоги до компактності в IoT-застосуваннях. Конденсатори забезпечують ефективне розв'язання живлення, фільтрацію шумів та стабілізацію опорних напруг, що критично важливо для надійної роботи Wi-Fi та Bluetooth модулів.

Коротка характеристика:

- Номінальна ємність: 10 мкФ
- Номінальна напруга: 10 В
- Тип діелектрика: X7R (керамічний)
- Допуск: $\pm 10\%$
- Корпус: 0805 (SMD)
- Виробник: Samsung
- Температурний діапазон: $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$

Призначення: універсальне застосування у схемах живлення, фільтрації, байпасу тощо.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.3.10 Обґрунтування вибору резисторів



Рисунок 2.11 — SMD резистор Hitano

Вибір резисторів у пакеті 0805 з точністю $\pm 5\%$ та товстоплівковою технологією є оптимальним технічним рішенням для сучасного електронного виробництва. Пакет 0805 (2,0×1,25 мм) забезпечує ідеальний баланс між компактністю та технологічністю, гарантуючи надійну роботу з обладнанням поверхневого монтажу. Розміри дозволяють стабільне захоплення pick-and-place машинами та міцне припаювання до друкованої плати.

Точність $\pm 5\%$ повністю задовольняє вимоги більшості схемотехнічних рішень при значно нижчій вартості порівняно з прецизійними аналогами. Така точність забезпечує широку взаємозамінність між виробниками, спрощуючи логістику та зменшуючи залежність від конкретних постачальників.

Товстоплівкова технологія гарантує високу надійність завдяки однорідній структурі резистивного шару та відмінній адгезії до керамічної підкладки. Вологостійке захисне покриття додатково підвищує стійкість до несприятливих умов експлуатації. Стандартні номінали у пакеті 0805 виробляються великими партіями, що забезпечує низьку собівартість, стабільні ціни та швидкі терміни поставок.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Для проєктів з різними номінальними значеннями опору збереження всіх характеристик досягається простим вибором альтернативних номіналів з тієї ж серії. Уніфікація компонентів спрощує закупівлі, складський облік, зменшує номенклатуру запчастин та ризику монтажних помилок, а також полегшує процедури контролю якості та сертифікації готового продукту.

Коротка характеристика:

- Корпус 0805 ($2.0 \times 1.25 \times 0.55$ мм)
- Потужність 0.125 Вт at 70 °C
- Номінал $100 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$, товстоплівковий
- TCR $\pm 100 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
- Напруга зносостійка до 150 В
- Робоча температура $-55 \dots +155 \text{ }^\circ\text{C}$
- Особливості Вологостійкий, сумісний з RoHS

2.4 Опис роботи по схемі електричній принциповій

Після підключення живлення 12В через USB Type-C, напруга надходить на імпульсний стабілізатор DA1, який перетворює її на стабілізовану 5В для живлення основних компонентів. Конденсатори C2 та C3 фільтрують пульсації та стабілізують вихідну напругу. Резистори R2 та R3 формують дільник напруги для налаштування виходу стабілізатора.

При натисканні кнопки SA1, транзистор відкривається, подаючи стабілізовану напругу на інші компоненти. Одночасно вмикається зелений світлодіод VD1 через резистор R5, сигналізуючи про готовність системи. Конденсатори C1 та C4 забезпечують додаткову фільтрацію живлення.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Основним елементом є мікроконтролер ESP32-DEVKIT-V1, який отримує живлення 5В і має вбудований модуль Bluetooth. Після включення мікроконтролер активує Bluetooth для з'єднання зі смартфоном. Стан з'єднання відображається синім світлодіодом VD2.

Для вимірювання відстані використовується ультразвуковий датчик HC-SR04, підключений до мікроконтролера. ESP32 генерує імпульс на тригерному вході датчика, після чого HC-SR04 випромінює ультразвукові хвилі та вимірює час їх повернення. На основі цього часу мікроконтролер розраховує відстань до об'єкта та передає дані через Bluetooth.

Система працює в автоматичному режимі, постійно вимірюючи відстань і передаючи результати на мобільний пристрій, що забезпечує зручність використання та можливість віддаленого моніторингу.

2.5 Моделювання схеми електричної принципової

Для моделювання схеми електричної принципової використовується програма Altium Designer

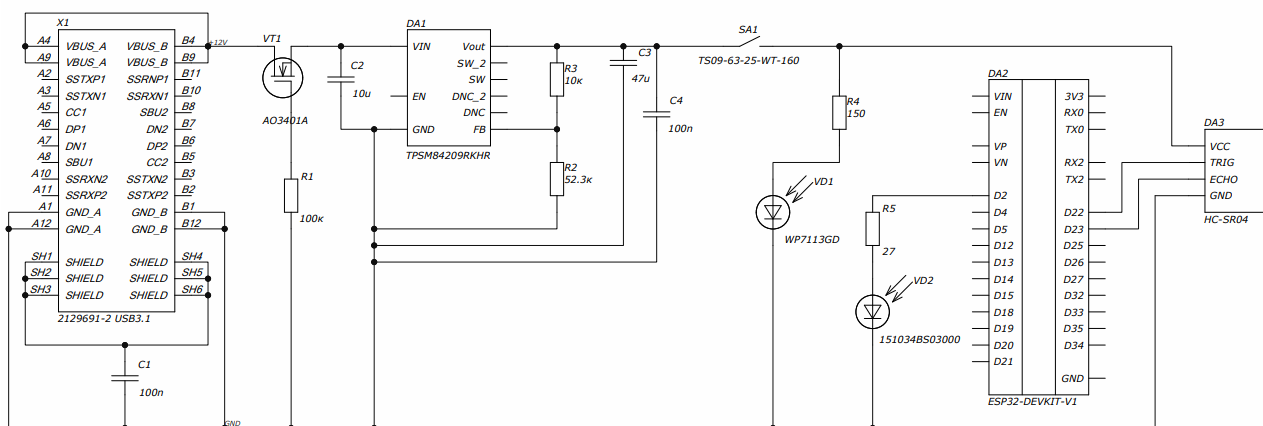


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова у програмі Altium Designer

Ця схема є відправною точкою для подальшого проєктування та виготовлення друкованої плати.

Наступним кроком стане розробка самої плати, що включає компонування елементів і прокладання провідників згідно з електричною принциповою схемою.

2.6 Висновки за розділом

Сучасний розвиток електронних технологій вимагає комплексного підходу до проектування пристроїв, що з'єднують високу функціональність, надійність та економічну ефективність. Особливу актуальність забезпечують системи дистанційного вимірювання з бездротовим підключенням, які знаходять широке застосування в різних галузях. Ключовим етапом створення таких пристроїв є обґрунтований вибір елементної бази, що досягає подальшої успішності проекту.

Вибір елементної бази діє на основі аналізу технічних параметрів, вартості та особливостей монтажу. Використання надійних компонентів - MOSFET-транзистора AO3401A, світлодіодів WP7113GD і 151034BS03000, конденсаторів Samsung і резисторів Hitano - забезпечує стабільну роботу системи при оптимізації виробничих витрат.

Проведені дослідження підтвердили правильність підбору ключових елементів та їх ефективну сумісність у складі єдиної системи. Створена функціонал датку.

Розроблена модель представляє собою технічно обґрунтоване рішення для створення сучасного пристрою безконтактного вимірювання з Bluetooth-підключенням, придатного для застосування в промисловості та побуті.

Завдяки продуманому відбору компонентів та оптимальній архітектурі, проект має перспективи для подальшого розвитку. Майбутні етапи можуть передбачати впровадження IoT-технологій для розширення функціональності та підвищення ринкової привабливості пристрою. Це створює можливості для використання в автоматизації виробництва, екологічному моніторингу та побутових застосуваннях.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Розрахунок отворів та контактних майданчиків

Перед визначенням загальних габаритів друкованої плати необхідно провести детальний розрахунок контактних майданчиків усіх електронних компонентів, які будуть розміщені на них. Цей етап передбачає аналіз технічної документації кожного елемента, відстаней між выводами, діаметрів контактних майданчиків та деяких технологічних зазорів для якісного монтажу, після чого саме ці параметри впливають на мінімально необхідну площу плати та її кінцеві розміри.

Площа контактних майданчиків для SMD компонентів розраховується по формулі:

$$S_{\text{км}} = a + 0.3 * b + 0.3 \quad (1)$$

Де:

a – Довжина

b – Ширина

$S_{\text{км}}$ – Площа контактного майданчика

Компоненти наскрізного монтажу розраховуються з використанням таких формул:

$$D_o = D_v + 0.2 \quad (2)$$

Де:

D_o – Діаметр отвору

D_v – Діаметр виводу

$$D_{\text{км}} = D_o + \frac{2}{3} * D_o \quad (3)$$

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Де:

$D_{\text{км}}$ – Діаметр контактного майданчику

Результати розрахунків для SMD компонентів представлені в таблиці 3.1

Результати розрахунків для компонентів з наскрізним монтажем наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.1

Назва компоненту	Площа посадкового майданчика
TS09-63-25-WT-160-SMT-TR	1 x 1
AO3401A	2.2 x 2.2
TPSM84209RKHR	3.2 x 2.7
CL21B106KPQNNNE	1.65 x 1.1
CL21A476MQYNNNG	1.65 x 1.1
CC0805KRX7R9BB104	1.65 x 1.1
RC0805JR-150R	1.5 x 0.85
RC0805FR-52K3R	1.5 x 0.85
RC0805JR-100KR	1.5 x 0.85
RC0805FR-0710KL	1.5 x 0.85
RC0805JR-27R	1.5 x 0.85

Таблиця 3.2

Назва компоненту	Діаметр отвору	Діаметр контактного майданчика
151034BS03000	0.6	1.33
WP7113GD	0.8	1.66
2129691-2	1.5	2.83
HC-SR04	1.1	2.16
ESP32-DEVKIT-V1	1.2	2.33

3.2 Проектування друкованої плати.

На початковій стадії розробки друкованих плат критичним кроком є визначення мінімальних габаритних розмірів майбутньої плати. Цей процес забезпечує ретельний аналіз геометричних параметрів та розмірних характеристик місць (футпринтів) усіх електронних компонентів, які планується встановити на платі.

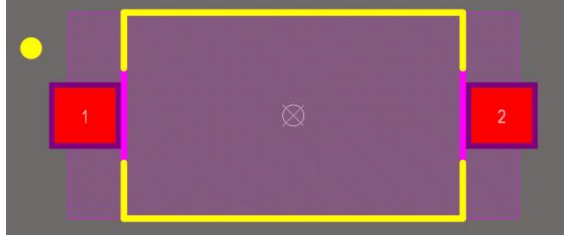
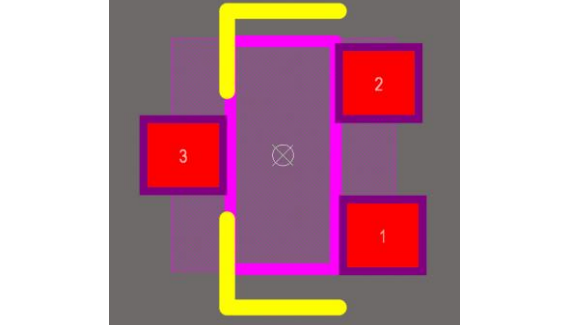
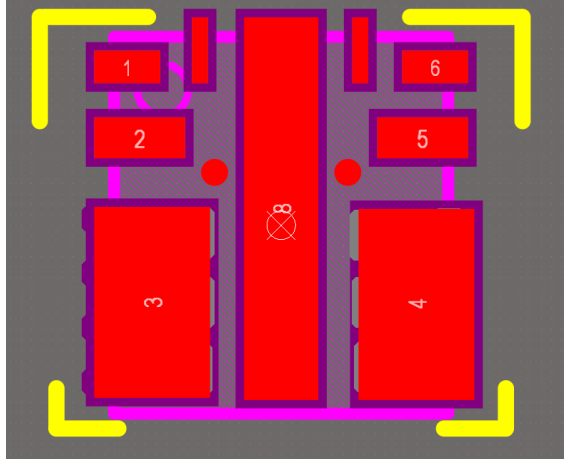
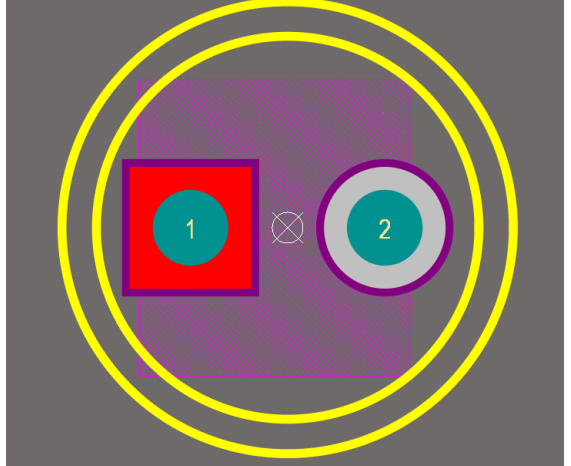
Аналіз включає вивчення таких параметрів, як відстань між выводами, розміри контактних майданчиків, а також необхідні зазори для забезпечення якісного монтажу.

Така методика дозволяє уникнути помилок на етапі компонування та забезпечує ефективне використання площі друкованої плати при дотриманні всіх технічних вимог.

Для розрахунку мінімальної площі плати необхідно проаналізувати габаритні параметри всіх компонентів, які будуть на цьому місці, та систематизувати отримані дані в таблиці 3.2.1

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

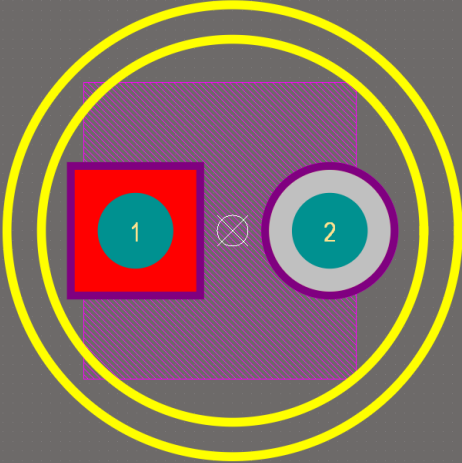
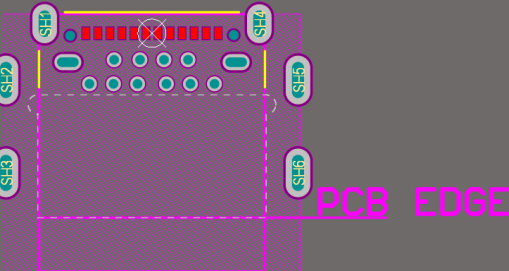
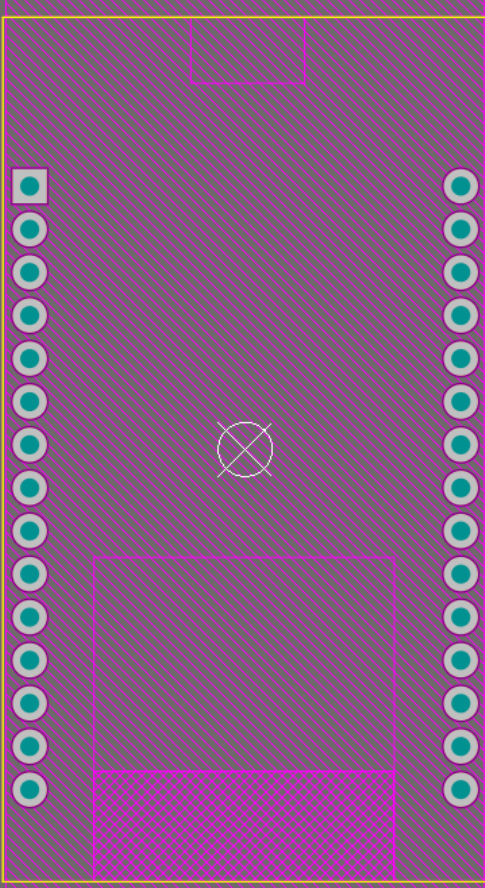
Таблиця 3.3

Назва	Футпринти	Кількість	Площа, мм ²
TS09-63-25- WT-160- SMT-TR		1	35.6
АО3401А		1	9.6
TPSM84209 RKHR		1	27.1
151034BS03 000		1	36.4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Продовження таблиці 3.3

<p>WP7113GD</p>		<p>1</p>	<p>36.4</p>
<p>2129691-2</p>		<p>1</p>	<p>120</p>
<p>ESP32- DEVKIT-V1</p>		<p>1</p>	<p>1300</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

41

Схема містить змішаний монтаж - вивідні та SMD компоненти. Для розрахунку розмірів друкованої плати використовувалися лише габарити найбільших деталей, оскільки менші за розміром елементи можна інтегрувати в простір під великими компонентами.

Щоб розрахувати мінімальну площу плати використовується така формула:

$$S_{\text{дп}} = \sum S_{\text{мг}} + 1.5 \sum S_{\text{сг}} + 2 \sum S_{\text{вг}} + S_{\text{кр}} \quad (4)$$

Враховуючи, що ми здебільшого працюємо з малогабаритними та середньогабаритними компонентами, формула набуде наступного вигляду:

$$S_{\text{дп}} = \sum S_{\text{мг}} + 1.5 \sum S_{\text{сг}} + S_{\text{кр}} \quad (5)$$

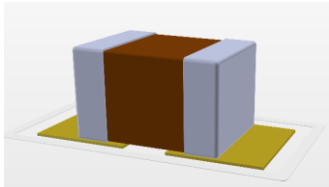
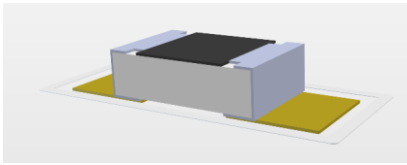
Та дорівнюватиме:

$$S_{\text{дп}} = (36.4 + 35.6 + 9.6) + 1.5(1300 + 120 + 27.1) + 400 = 2652 \text{ мм}^2 \quad (6)$$

Для забезпечення оптимального розміщення елементів та їх провідників обираємо загальну оптимальну площу плати — 2750 мм²

3.3 Зовнішній вигляд усіх 3D деталей що використовувались

Таблиця 3.4

Назва	3D модель елемента	Кількість
Конденсатори		3
Резистори		5

Продовження таблиці 3.4

Світлодіоди		2
Мікроконтролер		1
Стабілізатор напруги		1
Польовий транзистор		1
Кнопка		1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

43

Також розрахуємо значення ширини доріжки для Sig_group

Current (I) <input type="text" value="0.005"/> A	Ambient Temperature <input type="text" value="25"/> °C
Thickness (t) <input type="text" value="35"/> μm	Trace Length <input type="text" value="55"/> mm
Temperature Rise (T _{Rise}) <input type="text" value="10"/> °C	

↓ ↓ ↓

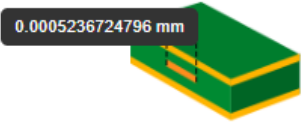
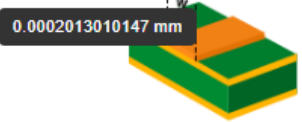
Minimum Trace Width	Minimum Trace Width
	
*Internal Layers: Required Trace Width (W) <input type="text" value="0.0005236724796"/> mm	*External Layers in Air: Required Trace Width (W) <input type="text" value="0.0002013010147"/> mm
Resistance <input type="text" value="53.00286714"/> Ω	Resistance <input type="text" value="137.8837702"/> Ω
Voltage Drop <input type="text" value="0.2650143357"/> V	Voltage Drop <input type="text" value="0.6894188512"/> V
Power Loss <input type="text" value="0.001325071678"/> W	Power Loss <input type="text" value="0.003447094256"/> W

Рисунок 3.2 — Результат розрахунку доріжки для Sig_group

Ширина провідників на поверхні плати:

Для +5В: 0,115 мм

Для +12В: 0,30 мм

Для Sig_group: 0.0002 мм

3.5 Моделювання друкованої плати.

Друкована плата моделювались у програмі Altium Designer

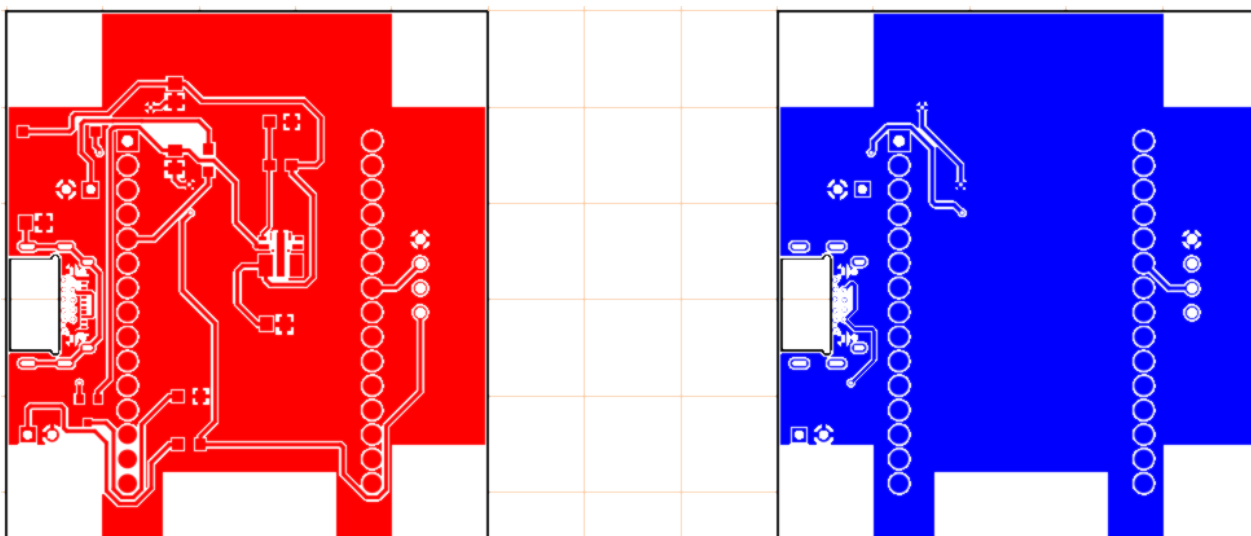


Рисунок 3.3 — Модель друкованої плати пристрою верхнього та нижнього шару.

В рамках цього проекту була реалізована альтернативна схема заземлення, де земляний провідник не трасувався окремо по всій довгій мережі, а підключався разом до полігонів друкованої плати. Така конструктивна особливість дозволила значно спростити топологію плати, зменшити кількість провідних доріжок та оптимізувати використання площі РСВ. Полігони заземлення забезпечують надійний електричний контакт та рівномірний розподіл потенціалу землі по всій площі плати, що сприяє підвищенню електромагнітної сумісності пристрою та зниженню рівня перешкод. Крім того, використання полігонів замість окремих трас для заземлення покращує теплорозсіювання компонентів і кінцеву механічну стабільність з'єднання.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Також в програмі одразу можна побачити 3D модель плати:

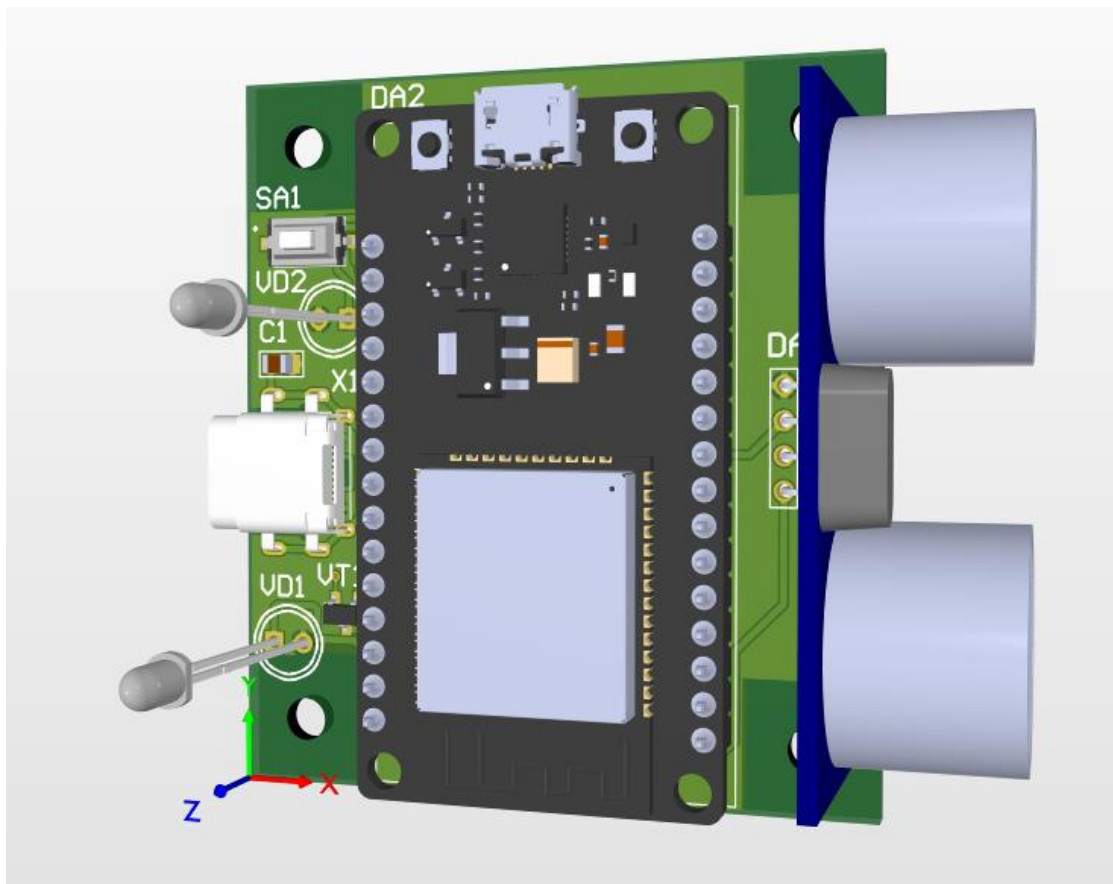


Рисунок 3.4 — 3Д модель плати.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Корпус має компактну прямокутну форму зі скошеними кутами, що надає йому ергономічного вигляду та практичності використання. Усі відкриті та вирізані точно розраховані під розміри відповідних компонентів, що гарантує щільну посадку та надійний захист від зовнішніх впливів. Така конструкція демонструє продуманий підхід до проектування, де кожен елемент має свою чітко визначену функцію в загальній системі кріплення та захисту електронних компонентів пристрою.

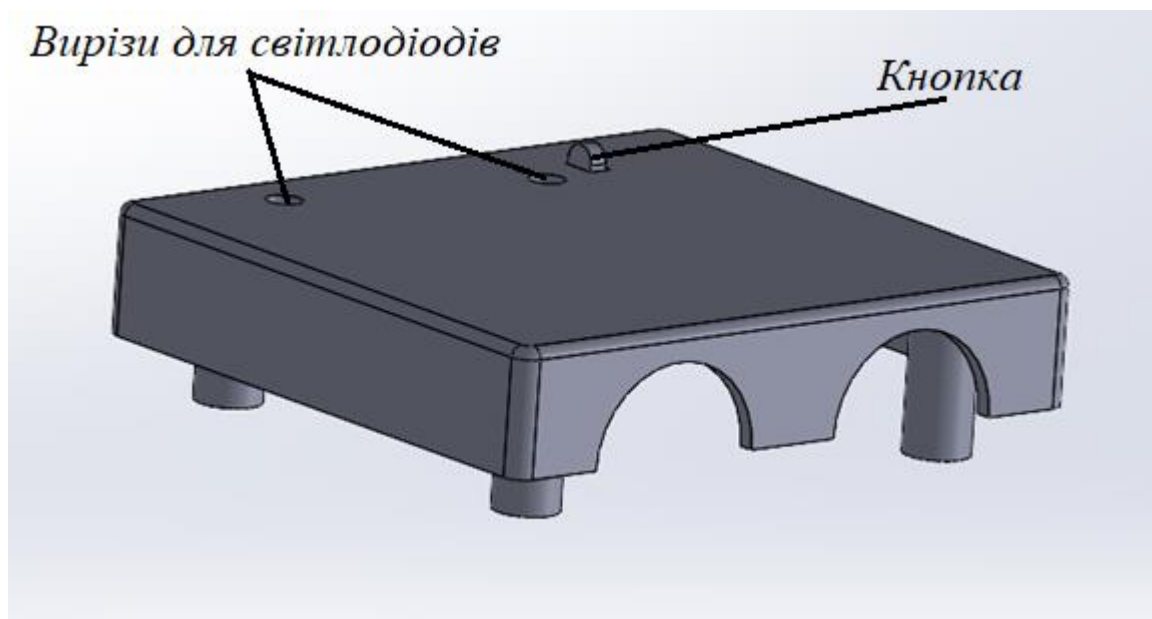


Рисунок 3.6 — 3Д модель верхньої частини корпусу.

Верхня частина корпусу виконує кілька важливих функцій: захищає електроніку від зовнішніх впливів, забезпечує безпечний доступ до керування та оптимальне світловипромінювання.

Вирізи для світлодіодів та кнопки мають точно розраховані розміри для максимальної ефективності світлопередачі, мінімізації втрат світлового потоку та створення необхідного кута розсіювання. Вони також захищають LED-елементи від механічних пошкоджень.

Конструкція забезпечує практичність, надійність та оптимальні світлотехнічні характеристики.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

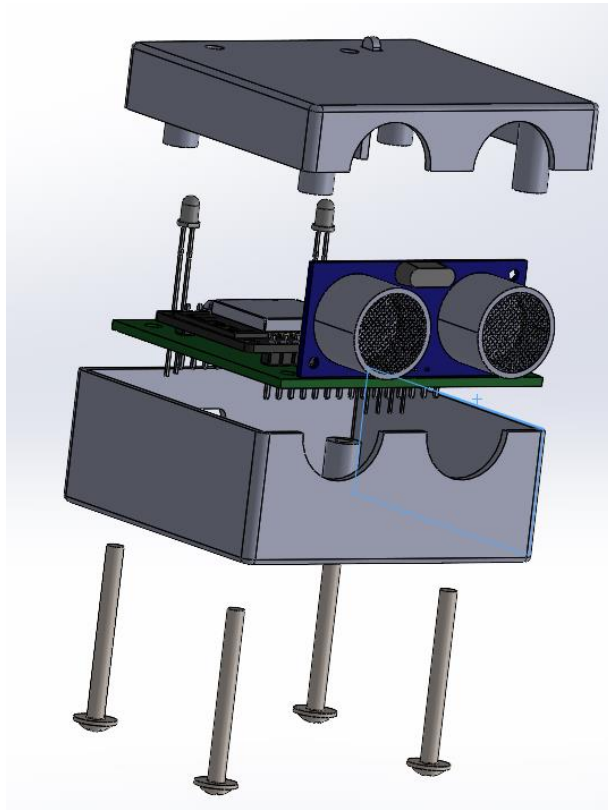


Рисунок 3.7 — Рознесений вид збірки пристрої.

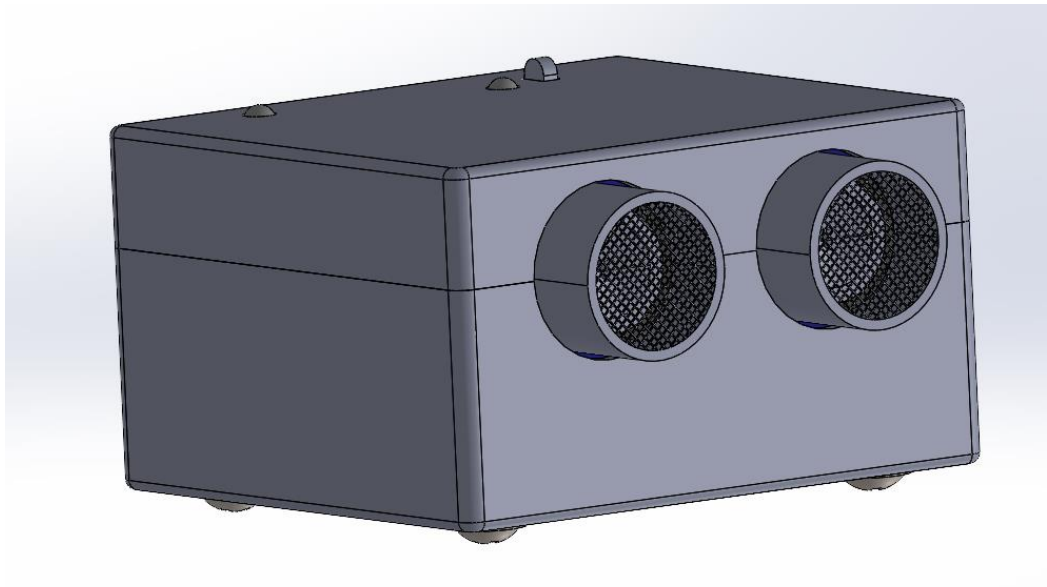


Рисунок 3.8 — Пристрій у зібраному вигляді.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

50

3.7 Висновки до розділу.

Виконані розрахунки параметрів контактних площинок та отворів забезпечили надійну технологічну основу для встановлення всіх схем компонентів. SMD-елементи отримали оптимізовані розміри посадкових місць відповідно до габаритів їх виводів, а для елементів наскрізного монтажу створено відкриті з необхідними технологічними зазорами, що гарантує міцність металізації. Це забезпечує стабільний електричний зв'язок та механічну фіксацію кожного компонента.

Дослідження габаритів основних елементів показало потребу в мінімальній площі плати приблизно 2652 мм квадратних. Врахувавши необхідний запас для прокладання провідників та інсталяції компонентів, було визначено оптимальний розмір 2750 мм квадратних, що забезпечує раціональне розташування елементів без значного ущільнення.

Проектування топології в Altium Designer з використанням суцільних полігонів замість окремих провідників для ланцюгів живлення та суттєво землі полегшило процес трасування, підвищило якість електромагнітного захисту та покращило теплорозсіювання. Цей метод сприяє досягненню високих показників електромагнітної сумісності та зниженню рівня завад при збереженні компактності конструкції.

Результатом стала комплексна розробка, що включає точні розрахунки, тривимірне моделювання плати та корпусу, створивши надійну основу для серійного виробництва з високими показниками надійності, технологічності та зовнішньої привабливості готового виробу.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Цей розділ присвячений процесу створення програмного забезпечення. Тут будуть представлені блок-схеми та загальна архітектура розробленого програмного коду.

4.1 Алгоритм.

Алгоритм представлено у вигляді блок-схеми, що відображає всі етапи від ініціалізації до циклічної системи роботи, забезпечуючи зручність для відлагодження та вдосконалення.

Блок схема показана на рисунку 4.1

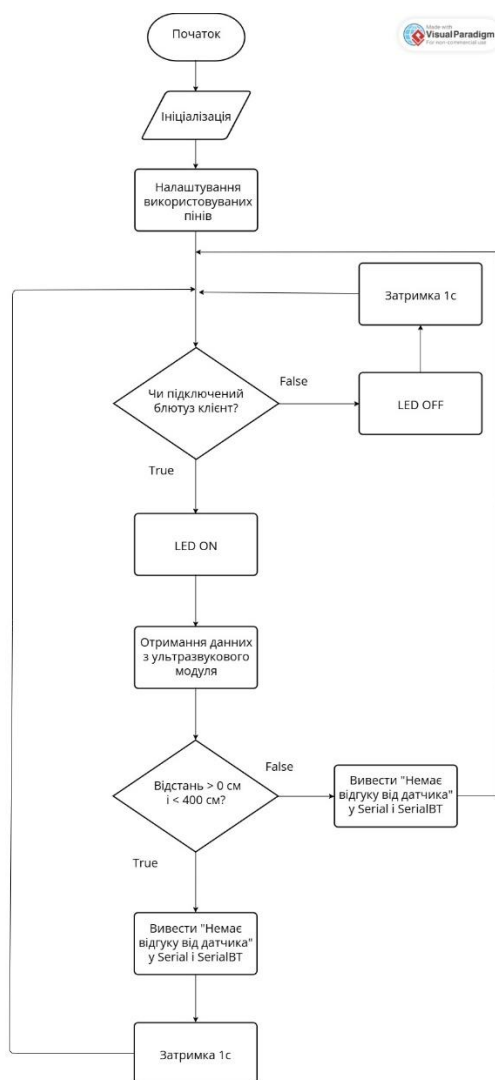


Рисунок 4.1 — Блок схема алгоритму програми.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

52

Програма запускається з налаштування серійного порту для відображення даних на комп'ютері та створення Bluetooth-підключення під назвою "ESP32_Distance" для зв'язку зі смартфоном. Відбувається конфігурація контактів: TRIG виявляється як вихідний сигнал, ЕСНО — як вихідний, а контакт світлодіода — як вихідний. На початку роботи світлодіод і контакт TRIG переводяться у встановлений стан.

В основному робочому циклі система перевіряє, чи є активне Bluetooth-підключення. При успішному з'єднанні зі смартфоном вмикається світлодіод як індикатор активного зв'язку. Після запуску цієї функції `getDistanceCM()`, яка генерує ультразвуковий сигнал через TRIG, фіксує час повернення відбитого сигналу на ЕСНО, розраховує дистанцію в сантиметрах і повертає результат.

Коли виміряна відстань відбувається в діапазоні 0-400 см, дані синхронно відправляються як на серійний монітор комп'ютера, так і на смартфон через Bluetooth. У випадку встановлення сигналу від датчика (якщо об'єкт знаходиться поза зоною виявлення), система видає повідомлення «Немає відгуку від датчика» на пошкоджені пристрої.

При окремому Bluetooth-з'єднанні світлодіод вимикається, сигналізуючи про неактивний стан передачі. Програма працює з періодичністю одну секунду, що забезпечує регулярне оновлення інформації про відстань у режимі реального часу.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

4.2 Висновки до розділу.

У розробці процесу програмного забезпечення створено зрозумілу блок-схему, яка демонструє роботу системи від ініціалізації до циклу вимірювання. Реалізовано обробку даних ультразвукового датчика в межах 0–400 см з відображенням результатів у серійному моніторі та на смартфоні. Світлодіод індикує активність зв'язку, а система повідомляє про вихід відгуку датчика. Інтервал вимірювань 1 секунда забезпечує оновлення даних у реальному часі, що сприяє налагодженню та подальшому розширенню функціональності.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5. РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

5.1 Розрахунок надійності

Надійність характеризує здатність пристрою зберігати працездатність протягом встановленого часу [15].

Для розрахунку надійності існують певні умови:

- відмова будь-якого елемента призводить до відмови пристрою загалом;
- відмови елементів — випадкові та цілком взаємозалежні події;
- інтенсивності відмов ($\lambda\theta$) або потоки відмов ($\omega\theta$) постійні та не залежать від часу ($\lambda\theta = \text{const}$, $\omega\theta = \text{const}$).

Розрахунок надійності складових пристрою приведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Назва елемента	Кількість	Інтенсивність відмов	Загальна інтенсивність відмов
Резистори	5	$0,02 \cdot 10^{-6}$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
Світлодіоди	2	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Конденсатори керамічні	4	$0,02 \cdot 10^{-6}$	$0,08 \cdot 10^{-6}$
Кнопка	1	$0,0005 \cdot 10^{-6}$	$0,0005 \cdot 10^{-6}$
ESP32	1	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Транзистор польовий	1	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,2 \cdot 10^{-6}$
Роз'єм	1	$0,05 \cdot 10^{-6}$	$0,05 \cdot 10^{-6}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PC11.466229.001 ПЗ

Арк.

55

Стабілізатор напруги	1	$2.5 \cdot 10^{-6}$	$2.5 \cdot 10^{-6}$
Плата друкована	1	$0,01 \cdot 10^{-6}$	$0,01 \cdot 10^{-6}$
Пайки з'єднувальні	70	$0,0005 \cdot 10^{-6}$	$0,035 \cdot 10^{-6}$
Сума:			$11.975 \cdot 10^{-6}$

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{11.975 \cdot 10^{-6}} = 83507 \text{ год}$$

Де:

T_{cp} – Годин на відмову

λ_{Σ} – Сума інтенсивності

Розрахунок безвідмовної роботи приладу проводимо розбиваючи середнє напрацювання на відмову на ділянки та визначаючи вірогідність безвідмовної роботи в зазначених точках за формулою.

$$P(t_p) = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t}$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2

1	5000	0.93
2	10000	0.86
3	15000	0.80
4	20000	0.74
5	25000	0.69
6	30000	0.65

Продовження таблиці 5.2

7	35000	0.60
8	40000	0.56
9	45000	0.52
10	50000	0.48
11	55000	0.45
12	60000	0.42
13	65000	0.39
14	70000	0.36
15	75000	0.33
16	80000	0.31
17	83507	0.30

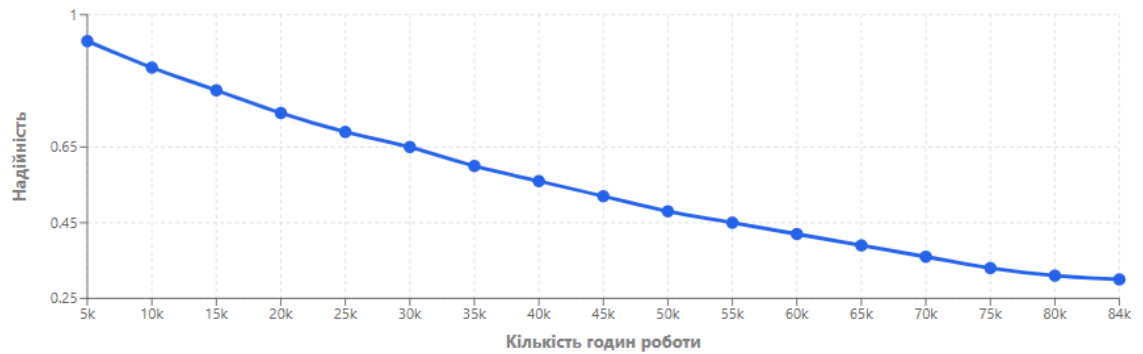


Рисунок 5.1 — Графік надійності.

ВИСНОВОК

Під час виконання дипломного проєкту було створено малогабаритний пристрій для дистанційного визначення відстані з можливістю бездротової передачі інформації на мобільний телефон за допомогою Bluetooth-з'єднання. Розроблений пристрій призначений для використання в автомобільній галузі.

У ході аналізу було розглянуто два аналогічні пристрої: BLE Sensor від Parksol та Smart Parking Sensor від Smart Parking Systems. Обидва рішення призначені для виявлення наявності транспортного засобу над сенсором, однак мають суттєві недоліки в контексті індивідуального проєкту. Зокрема, вони є комерційно закритими, мають складну конструкцію та дорогі у виготовленні. BLE Sensor обмежується лише фіксацією присутності автомобіля без вимірювання точної відстані, а Smart Parking Sensor працює через мережі NB-IoT або LoRa, що ускладнює інтеграцію зі смартфоном і потребує спеціальної інфраструктури. Обидва пристрої не підтримують відкриту модифікацію та не підходять для простих автономних систем на базі мікроконтролера.

У дослідженні було обґрунтовано відбір комплектуючих елементів, серед яких основним керуючим модулем обрано мікроконтролер ESP32 DevKit, що забезпечує високу продуктивність, наявність вбудованого Bluetooth та зручне програмування через середовище Arduino IDE. Для вимірювання відстані використано ультразвуковий модуль HC-SR04, здатний точно визначати дистанцію в діапазоні 2–400 см. Також до складу пристрою входять: зелений світлодіод для індикації стану, стабілізатор напруги, кнопка ввімкнення, а також роз'єм Type-C для зручного живлення пристрою.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Виконано розробку друкованої плати з урахуванням габаритів компонентів:

- ESP32 DevKit має розміри приблизно 51×25 мм,
- HC-SR04 – 37×20×15 мм,
- враховано ширину доріжок згідно з навантаженням та щільність монтажу.

Також спроектовано тривимірну модель захисного корпусу розмірами 59×54×33 мм, що виготовляється методом 3D-друку з пластику PLA, який характеризується достатньою механічною міцністю, легкістю, екологічністю та стійкістю до впливу температур до 60°C. Конструкція корпусу передбачає вентиляційні отвори, кріплення для фіксації плати, а також доступ до кнопки та роз'ємів, що забезпечує зручність у користуванні та надійний захист від зовнішніх механічних впливів.

Програмне забезпечення пристрою виконується у формі повторюваного алгоритму з періодичністю оновлення кожену секунду, що забезпечує передачу даних у режимі реального часу та відображення статусу підключення.

У процесі виконання дипломної роботи був розроблений комплект конструкторської документації, що включає п'ять основних креслень: пояснювальну записку, складальне креслення, схему електричну принципову, структурну схему та перелік елементів. Також були створені деталі кріплення ключових конструктивних елементів, а саме: друкованої плати, верхньої та нижньої частин корпусу. Розроблена конструкторська документація повністю відповідає вимогам ЄСКД та забезпечує можливість подальшого виготовлення та впровадження розробленого пристрою у виробництво.

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. BLESensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://parksol.lt/products/ble-sensor/>
2. Smart Parking Systems – Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://smartparkingsystems.com/en/sensor/>
3. Wi-Fi модуль DevKit V1 з ESP-32 (30 pin)
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod3990-wi-fi-modul-devkit-v1-s-esp-32>
4. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04>
5. TPSM84209RKHR – DC/DC перетворювач 2,5 А від Texas Instruments
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://eu.mouser.com/ProductDetail/Texas-Instruments/TPSM84209RKHR?qs=T3oQrply3y%2FZUEJZF08Puw%3D%3D>
6. AO3401A – Р-канальний MOSFET транзистор від Alpha & Omega Semiconductor
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ao3401a-tranzystor_103130.html
7. WP7113GD – Світлодіод зелений дифузний T-1 3/4 (5 мм)
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.mouser.com/ProductDetail/Kingbright/WP7113GD?qs=pz0eHrWkK7njL1kTYKysuw%3D%3D>

					PC11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

8. 151034BS03000 – Синій світлодіод 3 мм, WL-TMRW ТНТ, прозорий корпус
 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.mouser.com/ProductDetail/Wurth-Elektronik/151034BS03000?qs=5aG0NVq1C4xip2bYWo%252B2Eg%3D%3D>
9. TS09-63-25-WT-160-SMT-TR – Тактильний перемикач від Same Sky (раніше CUI Devices)
 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sameskydevices.com/product/switches/tactile-switches/ts09-63-25-wt-160-smt-tr>
- 10.2129691-2 – USB 3.1 Type-C роз'єм, 24 контакти, правий кут, поверхневий монтаж, гібридний тип
 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.te.com/en/product-2129691-2.html>
- 11.CL21B106KPQNNNE – Керамічний конденсатор MLCC 10 μF 10 V X7R 0805
 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/10uf-10v-x7r-10-0805-cl21b106kpqnnne-samsung_174577.html
- 12.RC0805JR-150R – Резистор SMD 150 Ω 0,125 Вт 150 В 0805 (Hitano)
 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/150-ohm-5-0-125w-150v-0805-rc0805jr-150r-hitano-rezystor-smd_3668.html

13.SnapEDA – SnapMagic Search: безкоштовні символи, посадкові
місця та 3D-моделі для електронних компонентів
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.snapeda.com/>

14.PCB Trace Width Calculator – Онлайн калькулятор ширини сліду для
друкованих плат
[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.pcbway.com/pcb_prototype/trace-width-calculator.html

15.Розрахунок надійності — [Електронний ресурс] — URL:
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2276> (Дата звернення 01.06.25).

					РС11.466229.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	PC11.466229.001 ПЗ	Пояснювальна записка	61	
3	A3	PC11.466229.001 Е1	Схема структурна	1	
4	A3	PC11.466229.001 Е3	Схема електрична принципова	1	
5	A3	PC11.758724.001	Друкований вузол	1	
6	A3	PC11.466229.001 СК	Складальне креслення	1	
7	A4	PC11.466229.002 СК	Складальне креслення	1	
8	A4	PC11.466229.001	Специфікація	2	
9	A4	PC11.466229.001	Специфікація	1	
9	A4	PC11.466229.001	Перелік елементів	2	

				PC11.466229.001		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Жмакін Н.С.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Неуймін О.С.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. РТС Гр. PC-11	
Н/контр.	Піддубний В.О.					
Зав.каф.						

ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 НАЗВА ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проєкту “Автомобільний пристрій моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом”.

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки від 14 квітня 2025 року.

2 ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець дипломного проєкту — Жмакін Назар Сергійович.

3 МЕТА ВИКОНАННЯ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою виконання дипломного проєкту є проектування автомобільного пристрою моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом для системи автомобіля.

Його призначення — відслідковування відстані до перешкод в місці недосяжному для поля зору водія, а саме за задній частині автомобіля.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Вимоги призначення виробу

- Пристрій повинен бути не автономним;
- Напруга живлення: 12 В \pm 10%;
- Визначення відстані до 4м;
- Пристрій повинен надсилати дані про відстань за допомогою Bluetooth.

4.2 Вимоги життєздатності і стійкості до зовнішніх впливів та чинни-

ків

Кліматичне виконання за УХЛ-2 згідно з ГОСТ 15150-69. УХЛ — макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом. Пристрій призначений для експлуатації в транспортних засобах, де умови клімату частково регулюються або є змінними.

Умови експлуатації визначаються категорією В4 за ГОСТ 16019-2001. Пристрій встановлюється на автомобілях для контролю відстані до об'єктів під час руху або паркування.

Вимоги надійності

Час безвідмовної роботи не менше 13986 годин, або 1.5 роки.

4.3 Вимоги до конструкції виробу

Пристрій повинен бути легкорозбірним задля можливості встановлення сім-картки та заміни батарейки. Повинен мати якомога компактнішу конструкцію для зручності монтажу. Вага не повинна перевищувати 0,1 кг.

4.4 Вимоги до ергономіки та зовнішнього вигляду

Прилад повинен мати якомога меншу продовгуватість, форма має нагадувати куб з зализаними кутами.

4.5 Вимоги до сировини та матеріалів

Для виготовлення пристрою повинні використовуватися матеріали, які відповідають діючим стандартам та ТУ.

5 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ ТА МАРКУВАННЯ

Маркування наноситься у вигляді позначень на корпусі. Пакування здійснюється за вимогами ДСТУ 4171-2003. Консервація виробу не передбачена.

6 ВИМОГИ РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015. Має включати в себе графічну та текстову інформацію, а саме:

- Пояснювальну записку;
- Схему електричну структурну;
- Схему електричну принципову;
- Перелік елементів;
- Специфікацію;
- Креслення друкованої плати;
- Складальне креслення.

Виконавець



Н. С. Жмакін

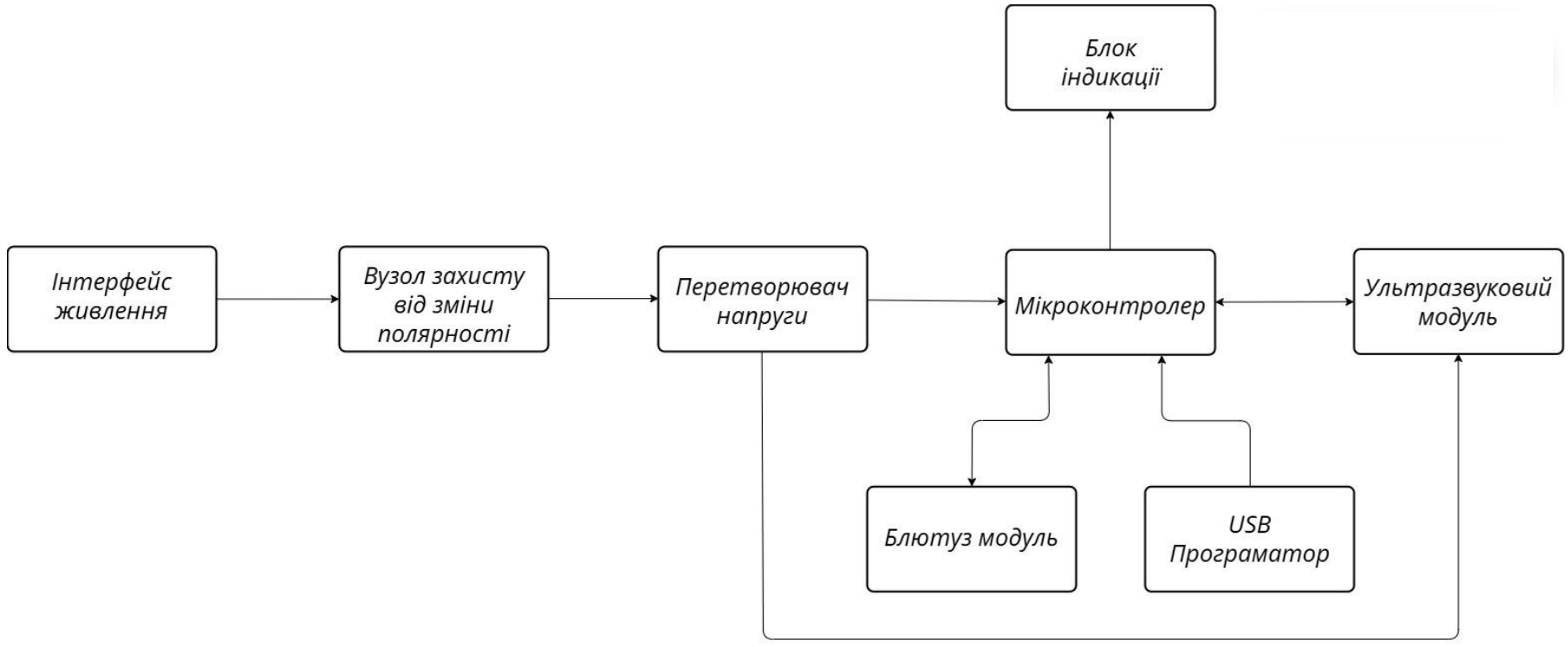
Керівник



старший викладач О.С. Неуймін

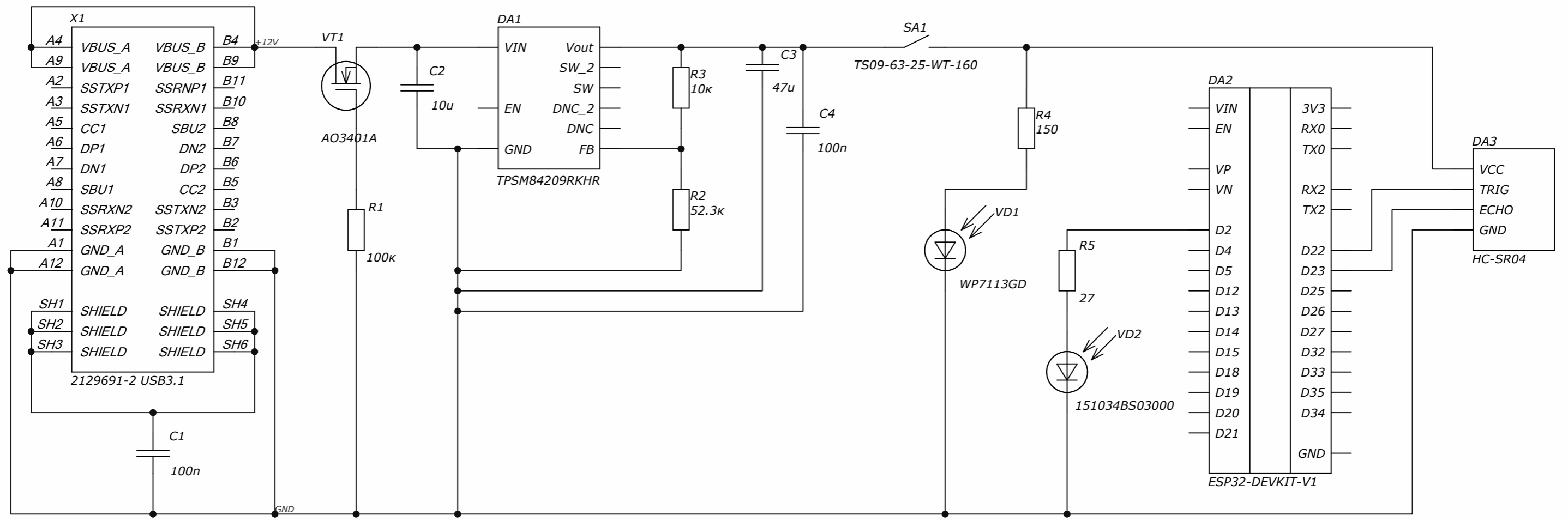
Інв. № ориг. Підп. і дата Підп. і дата Зам. інв. № Інв. № дубл. Підп. і дата Перв. застосування

PC11.466229.001 E1

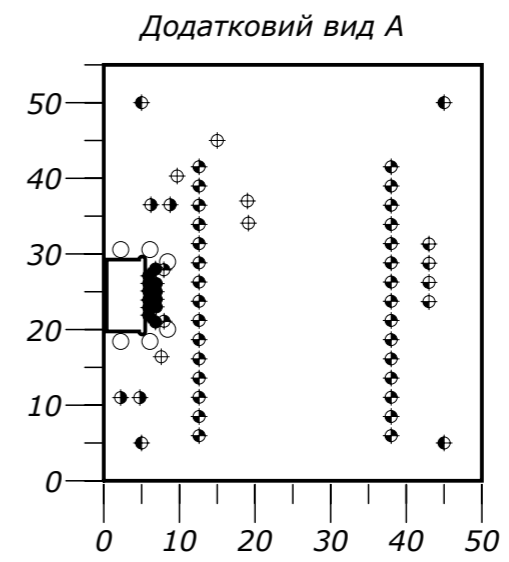
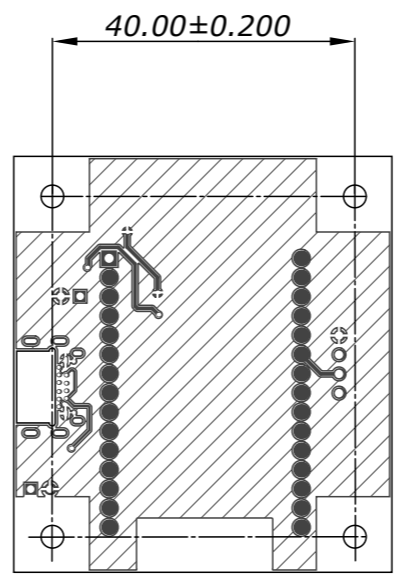
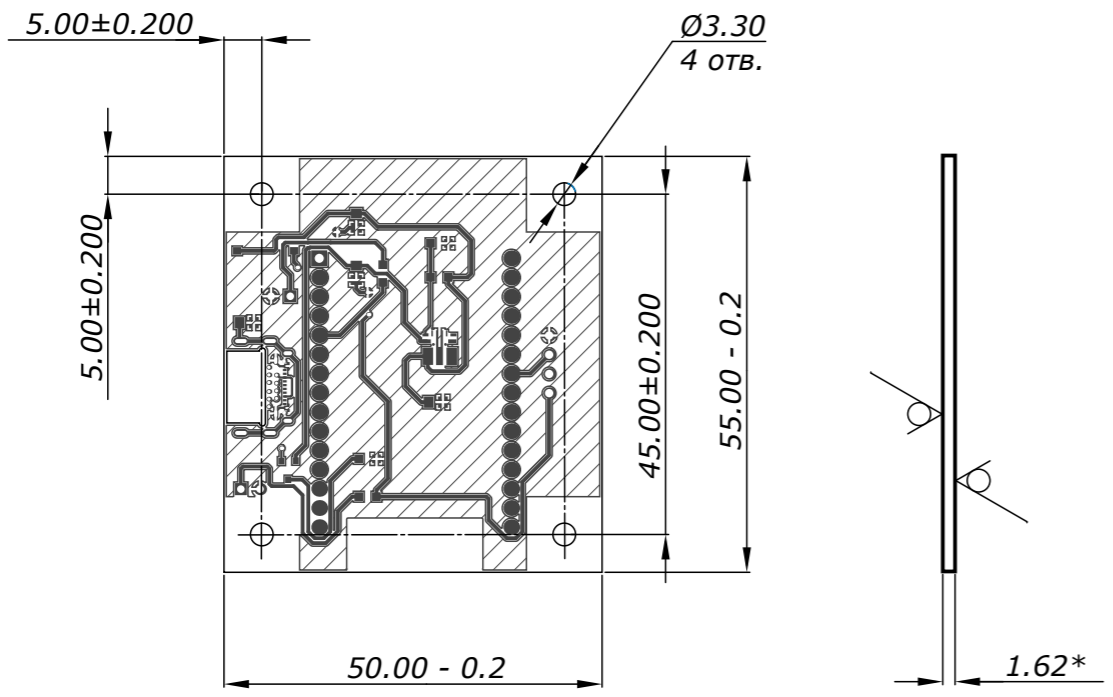


					PC11.466229.001 E1		
					Автомобільний пристрій моніторингу відстані		
					Схема структурна		
					Літ.	Маса	Масштаб
					Аркуш	Аркушів	
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Жмакін Н. С.						
Перевірив	Неуймін О. С.						
Т.контр.							
Н.контр.							
Затв.	Піддубний В.О.						

PC11.466229.001 E3



					PC11.466229.001 E3				
<i>Зм. Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Автомобільний пристрій моніторингу відстані			<i>Літ.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розробив</i>	<i>Жмакін Н. С.</i>								
<i>Перевірив</i>	<i>Неуймін О. С.</i>			Схема електрична принципова			<i>Аркуш</i>	<i>Аркуші</i>	
<i>Т.контр.</i>									
<i>Н.контр.</i>									
<i>Затв.</i>	<i>Піддубний В. С.</i>								



Таблиця 1. Кількість і параметри отворів

Symbol	Count	Hole Size	Plated	Via / Pad
●	12	0.43mm	Plated	Pad
⊕	2	0.45mm	Non-Plated	Pad
⊕	5	0.50mm	Plated	Via
○	6	0.53mm	Plated	Pad
⊕	4	1.00mm	Plated	Pad
⊕	4	1.10mm	Plated	Pad
⊕	30	1.20mm	Plated	Pad
⊕	4	3.30mm	Non-Plated	Pad
	67 Total			

Рисунок 1 - Структура шарів друкованої плати

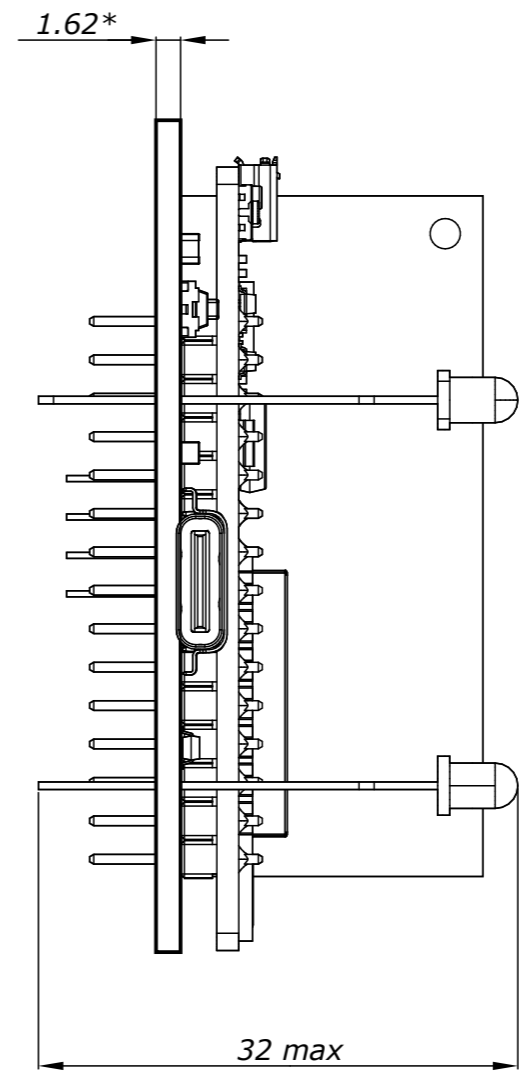
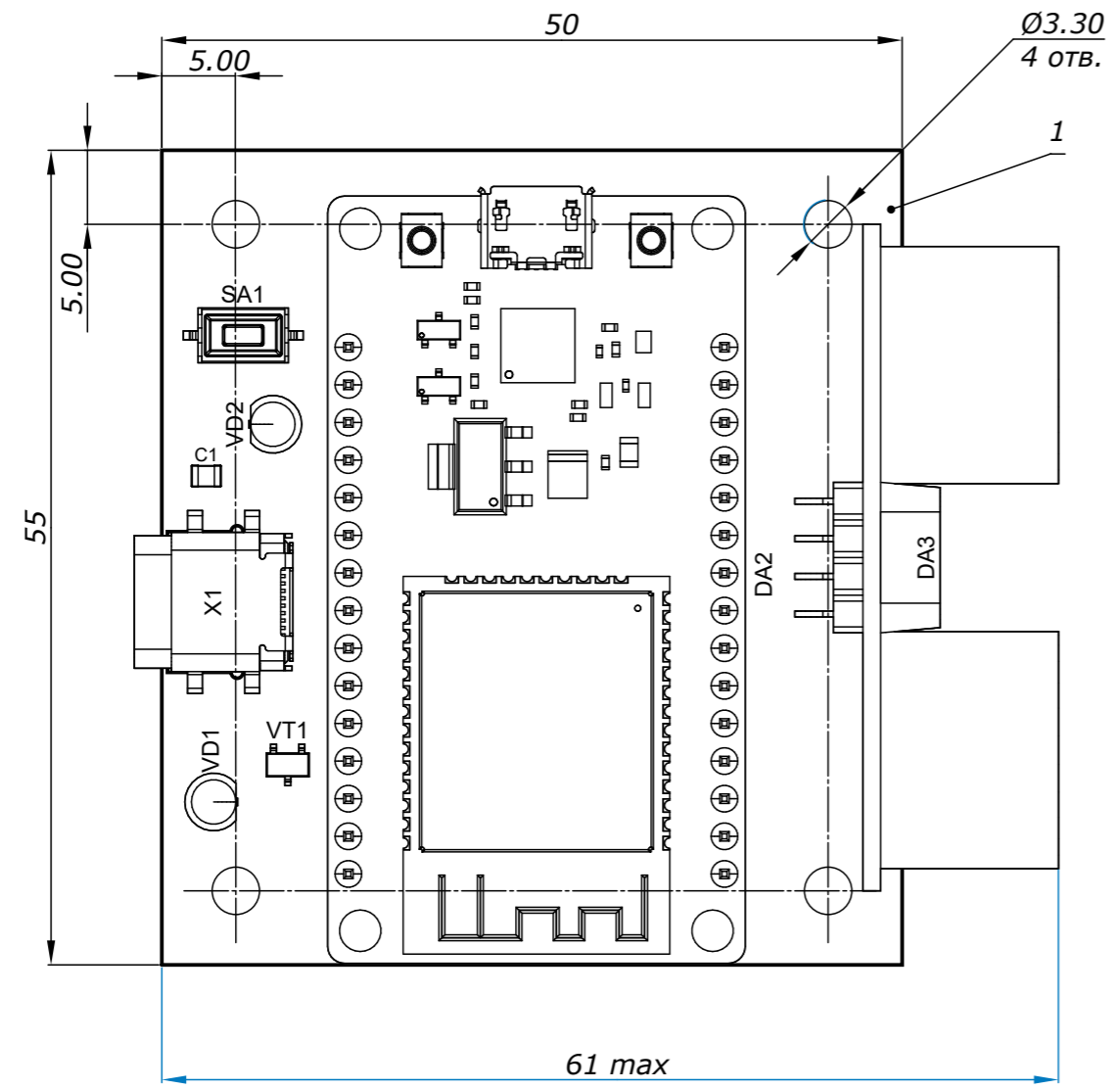
Material	Layer	Thickness	Dielectric Material	Type	Gerber
Шовкографія	Top Overlay			Legend	GTO
Захисна маска	Top Solder	0.03mm	SM-002	Solder Mask	GTS
Мідь	Top Layer	0.04mm		Signal	GTL
FR-4		1.50mm	FR-4	Dielectric	
Мідь	Bottom Layer	0.04mm		Signal	GBL
Захисна маска	Bottom Solder	0.03mm	SM-002	Solder Mask	GBS
Шовкографія	Bottom Overlay			Legend	GBO
Total thickness: 1.62mm					

- * Розміри для довідок.
- Плату виготовити у відповідності до вимог IPC-6011, клас 1.
- Плату виготовити методом металізації наскрізних отворів.
- Кількість і параметри отворів та у відповідності до Таблиці 1 та Додаткового виду А.
- Інформація про структуру шарів друкованої плати наведена на рис. 1.
- Решта технічних вимог за ОСТ 11.010.013-82

				PC11.758724.001		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автомобільного пристрій моніторингу відстані		
Розроб.	Жмакін Н. С.					
Перевір.	Неуймін О. С.					
Т. контр.				Друкована плата		
Н. контр.	Піддубний В. О.			FR-4 35/35 1.5		
Затв.				HTUU КПІ		

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № ориг.	Підп. і дата	Довідк. №	Перв. застосування

PC11.466229.001 СК



- *Розміри для довідок
- Монтаж виконати згідно схеми електричної принципової РС-46629 ЕЗ
- Позиційні позначення елементів вказані відповідно до схеми електричної принципової РС-466229 ЕЗ
- Елементи встановлювати згідно ГОСТ 29137-91
- SAC 305 ISO 9453:2014 Допускається для елементів поверхневого монтажу використання пасти припійної ПП-140 АУ70.033.013 ТУ
- Для монтажу елементів з наскрізними виводами використовувати припій Дріт Кр2 Посб1 Гост 21931-76.
- Інші технічні вимоги за ОСТ4 ГОСТ ГО.010.070.015

				PC11.466229.001 СК			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автомобільний пристрій моніторингу відстані	Лім.	Маса	Масштаб
Розроб.	Жмакін Н. С						2:1
Перевір.	Неуймін О. С				Аркуш 1	Аркушів 1	
Т. контр.				Складальний кресленник			
Н. контр.	Піддубний В. О.			НТУУ КПІ			
Затв.							

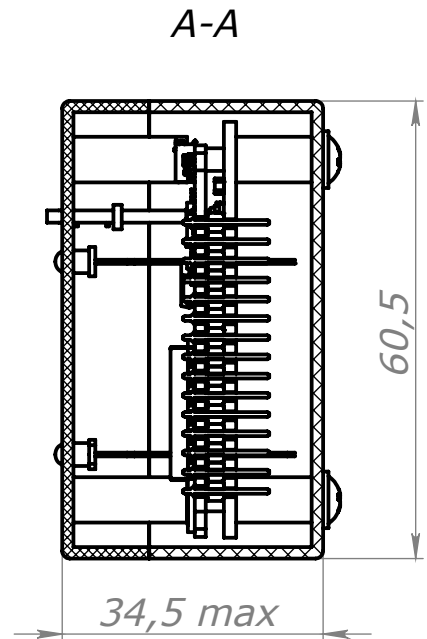
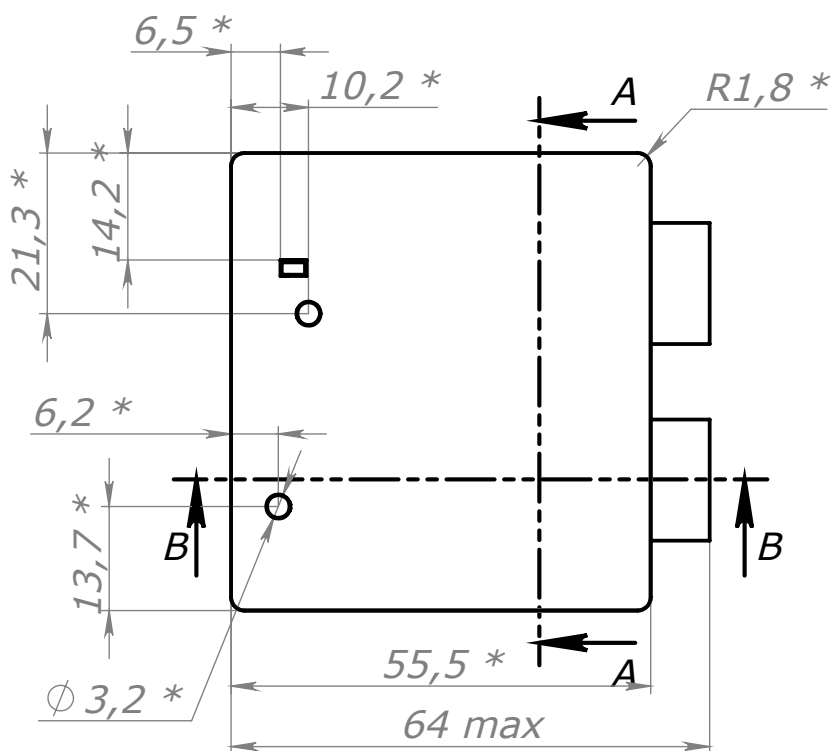
Копіював

Формат А3

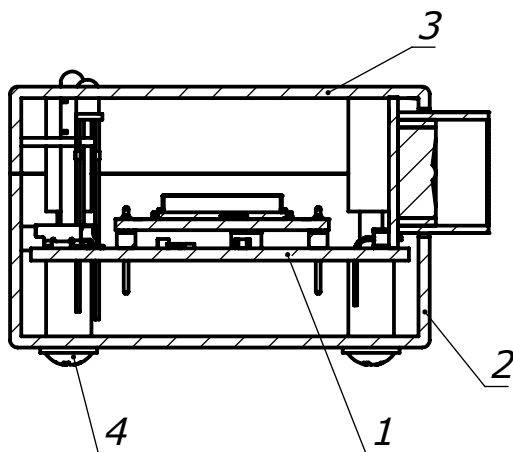
PC11.466229.001 СК

Перш. використ.

Справ. №



B-B



- *Розміри для довідок
- Інші технічні вимоги по ОСТ4 ГО.010.070.015

Підп. та дата

Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Жмакін Н. С.		
Перев.		Неуймін О. С.		
Т. контр.				
Н. контр.		Піддубний В. С.		
Затв.				

PC11.466229.002 СК

Автомобільний пристрій моніторингу відстані з мобільним Bluetooth-інтерфейсом

Літ.	Маса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листів 1	

Первинне застосування	Поз. позн.	Найменування			Кільк.	Примітка			
Довідковий №		<u>Конденсатори</u>							
	C1	CC0805KRX7R9BB104 (0.1 μF 50 V X7R ±10% 0805, SMD), Yageo			1				
	C2	CL21B106KPQNNNE (10 μF 10 V X7R ±10% 0805, SMD), SAMSUNG			1				
	C3	CL21A476MQYNNNG (47 μF 6.3 V X5R ±20% 0805, SMD), Samsung Electro-Mechanics			1				
	C4	CC0805KRX7R9BB104 (0.1 μF 50 V X7R ±10% 0805, SMD), Yageo			1				
		<u>Мікросхеми</u>							
	DA1	TPSM84209RKHR (вхід 4,5–28 В, вихід 1,2–6 В / 2,5 А			1				
	DA2	ESP32-DEVKIT-V1 (двоядерний, 2,4 ГГц Wi-Fi, BLE та Bluetooth, 32 біти, до 240 МГц, ESPRESSIF)			1				
	DA3	HC-SR04 (УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАТЧИК ВІДСТАНІ, 2–400 CM, 5 В)			1				
		<u>Резистори</u>							
Підпис і дата	R1	RC0805JR-100KR (100 КОМ, 0,125 ВТ, ±5%) HITANO			1				
	R2	RC0805FR-52K3R (52,3 КОМ, 0,125 ВТ, ±1%) HITANO			1				
	R3	RC0805FR-0710KL (10 кОм, 0,125 Вт, ±1%) Yageo			1				
	R4	RC0805JR-150R (150 Ω, 0,125 Вт, ±5%) Hitano			1				
	R5	RC0805JR-27R (27 Ω, 0,125 ВТ, ±5%) HITANO			1				
Зам. інв. №	SA1	Тактильний перемикач, TS09-63-25-WT-160-SMT-TR			1				
	VT1	Транзистор Р-канал MOSFET (30 В, 4,2 А, 1,4 Вт, SOT-23, SMD)			1				
Підпис і дата									
	PC11.466229.001 ПЕЗ								
Інв. № ориг.	Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Автомобільний пристрій моніторингу відстані Перелік елементів		Літера	Аркуш	Аркушів
	Розроб.	Жмакін							
	Перевір	Неуймін						1	2
	Т.контр								
	Н.конт	Піддубний							
Зате.									

