

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень


Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT  
Назва теми


КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

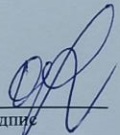
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-21-1  Владислав ТИМЧЕНКО  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  Олег САВЕНКО  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  Тетяна КИСІЛЬ  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

 Ольга ПАВЛОВА  
Підпис Ініціали, прізвище

«16» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“10” 01 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Владиславу ТИМЧЕНКОВІ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT

Керівник проекту (роботи) Олег САВЕНКО, д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2025 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Система відстеження транспортних засобів та постановка задачі щодо її удосконалення

Проектування системи відстеження транспортних засобів на базі мікроконтролерних систем

Програмно-апаратна реалізація мікроконтролерної системи відстеження транспортних засобів

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Логічні схеми роботи системи \_\_\_\_\_

Схема електрична принципова мікропроцесорної системи \_\_\_\_\_

Апаратне забезпечення проекту \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КІС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КІС		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проєктування системи відстеження транспортних засобів з пристроями IoT	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – проєктування системи відстеження транспортних засобів з пристроями IoT	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Владислав ТИМЧЕНКО  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Олег САВЕНКО  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT».

Автор роботи: Владислав ТИМЧЕНКО.

Керівник роботи: Савенко Олег Станіславович.

Пояснювальна записка: 55 с., 21 рис., 6 табл., 3 дод., 43 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.


ТРЕКЕР, GPS, GSM, GPRS, UART, PWM, I2C, SPI, SIM, ВІДСТЕЖЕННЯ, ЗВ'ЯЗОК, ДАТЧИКИ, МОНІТОРИНГ, СПОВЩЕННЯ, ГЕОЛОКАЦІЯ.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування системи відстеження транспортних засобів на базі мікропроцесорної системи, а також оцінка механізмів обробки інформації у мікропроцесорних системах.

Об'єктом дослідження є мікропроцесорна система, яка використовується у відстеженні місця знаходження пристрою.

Предметом дослідження є принципи роботи системи відстеження місцезнаходження транспортного засобу.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.

  
\_\_\_\_\_  
Підпис студента

30.05.2025  
Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>1 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ СИСТЕМИ</b>	
<b>ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ПРИСТРОЯМИ ІОТ ...</b>	<b>4</b>
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань .....	5
1.2 Аналіз програмно-апаратного рішення систем з відстеження .....	9
1.3 Висновки до першого розділу .....	17
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У</b>	
<b>СИСТЕМІ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З</b>	
<b>ПРИСТРОЯМИ ІОТ .....</b>	<b>17</b>
2.1 Вимоги до проєктованого програмно-технічного засобу, постановка	
задачі розробки .....	18
2.2 Аналіз обраних рішень .....	22
2.3 Оцінка вартості компонентів системи відстеження транспортних	
засобів з пристроями ІоТ .....	38
2.4 Висновки до другого розділу .....	38
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-</b>	
<b>ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ</b>	
<b>ЗАСОБІВ .....</b>	<b>40</b>
3.1 Проєктування схеми електричної принципової пристрою .....	40
3.2 Тестування спроектованої системи відстеження транспортних засобів ....	55
3.3. Висновки до третього розділу .....	58
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>62</b>

				КвРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ			
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Літера	Аркш	Аркшів
Виконав		Влад Тимченко	<i>ВТ</i>		у	2	75
Перевір.		Олег САВЕНКО	<i>ОС</i>		ХНУ КІ2-21-1		
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ	<i>ТК</i>				
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА	<i>ОП</i>				
					Система відстеження транспортних засобів з пристроями ІоТ. Пояснювальна записка		

<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>62</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>66</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>67</b>
<b>ДОДАТОК В.....</b>	<b>68</b>
<b>ДОДАТОК Г.....</b>	<b>69</b>

					КвРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

## ВСТУП

Актуальність дослідження. Кіберфізичні системи заповнюють практично всі сфери нашого життя. Це і розумні будинки, розумні виробництва та мережі, безпілотний транспорт та транспортні мережі і навіть розумні міста та ін. У даному дослідженні ми розглянемо один із типів кіберфізичних систем.

Протягом останніх років технології Інтернету речей (IoT) стрімко розвиваються та знаходять широке застосування у різних сферах людської діяльності. Однією з таких сфер є транспорт і логістика, де зростає потреба в ефективному контролі та моніторингу рухомих об'єктів.

Впровадження IoT у цій галузі відкриває нові можливості для автоматизованого відстеження транспортних засобів у реальному часі, що дозволяє значно підвищити безпеку, оптимізувати маршрути та зменшити витрати. Системи, які базуються на IoT, забезпечують передачу даних про місцезнаходження, технічний стан і поведінку транспортного засобу без участі людини. Це, своєю чергою, дозволяє своєчасно виявляти відхилення, запобігати аваріям та реагувати на надзвичайні ситуації.

Такі інноваційні рішення стають дедалі популярнішими як серед великих компаній, так і в приватному секторі, а ринок IoT-рішень для транспорту продовжує активно зростати.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

## 1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань

З розвитком цифрових технологій і бездротового зв'язку зросла потреба в точному, надійному та масштабованому моніторингу рухомих об'єктів. Особливого значення це набуло в транспортній галузі, де контроль за переміщенням транспортних засобів має критичне значення для логістики, безпеки, оптимізації витрат та боротьби з правопорушеннями. Історично витоки навігації сягають давніх часів: орієнтування за зірками, компас, секстант, морські карти, оптичні прилади, пізніше - радіонавігаційні системи.

Однак справжній прорив стався в середині ХХ століття, коли у 1957 році СРСР запустив перший штучний супутник Землі - «Супутник-1», що поклав початок космічній епосі та привів до появи супутникової навігації. У відповідь на це США почали працювати над системами, здатними забезпечити точне глобальне позиціонування. У 1973 році було започатковано проєкт NAVSTAR GPS супутникової навігаційної системи, яка згодом стала відома як GPS (Global Positioning System) [16].

GPS - це технологія, заснована на принципі тріангуляції, яка використовує сигнали з орбіти для визначення точного положення об'єкта на поверхні Землі. Система використовує сузір'я супутників, наземні станції, атомні годинники, цифрові обчислювачі, антенні масиви, а також програмні засоби для обробки сигналу. Суть технології полягає у принципі тріангуляції: для точного визначення координат об'єкта на Землі потрібні сигнали як мінімум від трьох супутників. Кожен супутник передає дані про свій час і місцезнаходження, а приймач, порівнюючи ці сигнали, визначає власну позицію в просторі з точністю до кількох метрів. Найперший штучний супутник можна побачити на рисунку 1.1.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

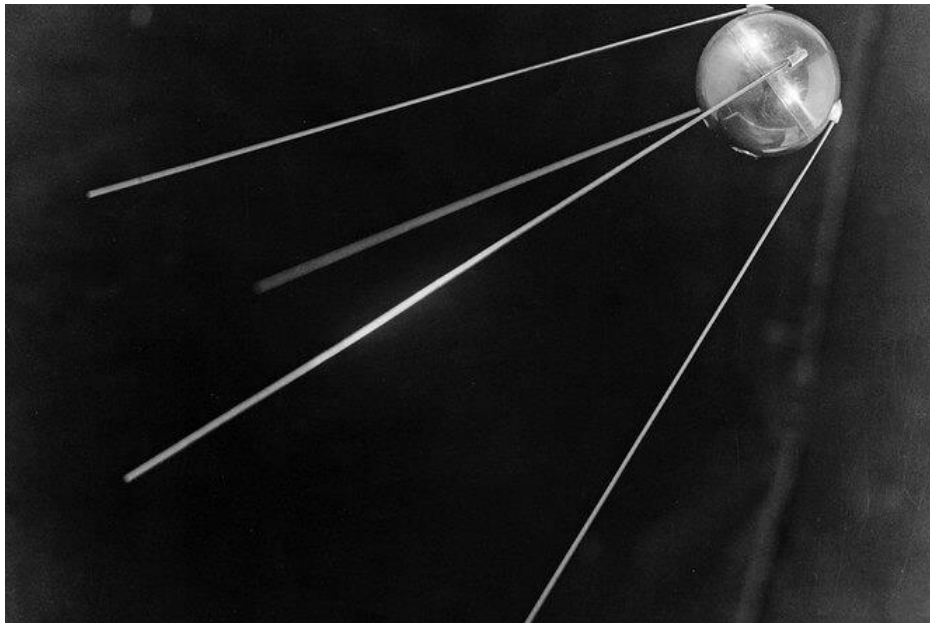


Рисунок 1.1 – Перший навігаційний супутник «Супутник-1» [1]

Цей принцип використовується і в інших системах. Наприклад, мобільні триангуляції : Cell-ID, TDOA, TOA, RSSI, що базуються на аналізі сигналів базових станцій стільникового зв'язку. Принцип триангуляції відображено на рисунку 1.2.

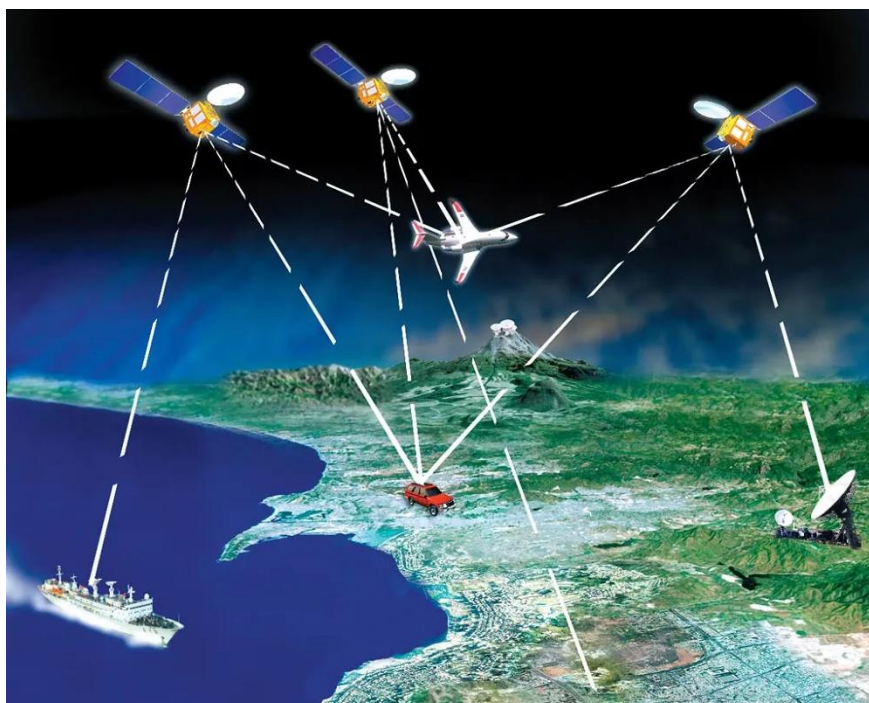


Рисунок 1.2 – Принцип роботи триангуляції [2]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Першими користувачами GPS були військові, збройні сили, авіація, флот, артилерія, розвідка. Проте після трагічного інциденту у 1983 році, коли цивільний літак Korean Air Lines був збитий через відхилення від курсу, президент США Рональд Рейган дозволив обмежене використання GPS для цивільних потреб. Відтоді технологія почала проникати в авіацію, судноплавство, автомобільну промисловість, рятувальні служби, туристичну навігацію [17].

Перша система, яка використовувала GPS саме для відстеження транспортних засобів, отримала назву "Mobile Tracking System" і була розроблена компанією "Trak Wireless" в середині 1990-х років. Ця система була одним із перших комерційних рішень, яке дозволило відстежувати транспортні засоби за допомогою GPS. На початку 1990-х років такі системи були досить дорогими, і їх могли собі дозволити лише великі компанії або організації, що мали автопарки. Вартість установки таких систем складала кілька тисяч доларів за кожний транспортний засіб, до того ж були додаткові витрати на обслуговування і передачу даних через мобільні або інші комунікаційні мережі [19].

Якість цих систем була достатньо високою для свого часу. Вони використовували GPS для визначення точного місцезнаходження, хоча точність і надійність могла бути обмежена через фактори, такі як поганий сигнал у міських умовах або в тунелях. Однак, для більшості користувачів, переваги системи - швидке виявлення викрадених транспортних засобів і можливість управління автопарком - значно переважали ці недоліки.

Паралельно з GPS, інші країни розробили власні супутникові системи: GLONASS (СРСР), Galileo (Європейський Союз), BeiDou (Китай), QZSS (Японія), IRNSS/NavIC (Індія) [7]. Ці системи, незалежно або у поєднанні, забезпечують точність, надійність, безперервність та глобальне охоплення.

Так, у GPS системи є аналоги, які розроблялися у інших точках світу, вони мають як і переваги так і недоліки. Супутникова система ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система) – це радянська альтернатива американському GPS, яка розроблялася ще з часів СРСР, починаючи з 1976 року [6]. Її принцип дії

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

базується на тих самих фізичних законах, що й інші глобальні супутникові системи навігації, але має свої особливості.

У своїй роботі ГЛОНАСС використовує мережу супутників, наземні станції керування, приймальні пристрої, атомні годинники, які забезпечують точне позиціонування. Супутники системи обертаються навколо Землі на висоті близько 19 100 км, мають період обертання близько 11 годин і розташовані таким чином, щоб мінімум чотири з них були одночасно видимі з будь-якої точки на планеті.

Сигнал передається в радіочастотному діапазоні, і приймач на землі приймає ці сигнали, обчислює час затримки, відстань до кожного супутника, координати, та за допомогою тріангуляції визначає точне місцезнаходження. Для розрахунку координат необхідні сигнали щонайменше від чотирьох супутників.

На відміну від GPS, ГЛОНАСС спочатку застосовував частотний поділ каналів FDMA, тобто кожен супутник передавав свій сигнал на окремій частоті. Сучасні супутники також підтримують CDMA - Code Division Multiple Access, як у GPS, що забезпечує сумісність і кращу точність.

Система була створена для військового, геодезичного, цивільного, транспортного, пошуково-рятувального використання, особливо в умовах Півночі, де GPS працював гірше через орієнтацію своїх супутників. Приймачі можуть працювати лише з ГЛОНАСС, лише з GPS або в комбінованому режимі, що забезпечує більш стабільну роботу в складних умовах, наприклад у міських або гірських регіонах [18].

Наступним етапом еволюції стало впровадження IoT - Internet of Things концепції, що передбачає з'єднання фізичних пристроїв, сенсорів, транспорту, побутової техніки через мережу Інтернет. У сфері транспорту це дало змогу об'єднати GPS-приймачі, GSM-модулі, трекери, мікроконтролери, акумулятори, вологозахисні корпуси, сенсори температури, рівня пального, навантаження, прискорення в одну комплексну систему моніторингу. Дані з трекера передаються на сервер, де вони обробляються, зберігаються, виводяться на карту, або аналізуються в реальному часі.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремо варто виділити застосування GPS для безпеки транспорту, зокрема для боротьби з крадіжками. У 1990-х роках у США, Канаді та Європі поширилися системи на кшталт LoJack, OnStar, Teletrac, які дозволяли виявити викрадений автомобіль, деактивувати його або повідомити правоохоронні органи про місце його перебування [8]. Для зменшення злочинності ці системи почали встановлюватися на дорогі автомобілі, вантажівки, фермерську техніку, а також громадський транспорт.

На сучасному етапі системи відстеження використовуються в комерційних цілях для оптимізації логістики, управління автопарками, контролю за витратами пального, моніторингу водіїв, аналізу маршрутів, побудови звітів, контролю часу прибуття, інтеграції з ERP-системами, планування графіків руху.

Однак, попри значний прогрес, залишаються й актуальні проблеми, такі як втрата сигналу в тунелях, густій забудові, підземних паркінгах, можливість перехоплення або спотворення сигналу, спуфінг, глушіння, клонування трекера, обмежена автономність трекерів у важкодоступних місцях, необхідність забезпечення кібербезпеки IoT-компонентів [9].

## 1.2 Аналіз програмно-апаратного рішення систем з відстеження

Сучасні транспортні системи дедалі частіше оснащуються пристроями, що забезпечують постійний моніторинг, контроль руху та передачу даних про стан транспортних засобів у реальному часі. Такі технології об'єднуються у єдину мережу, яка базується на інтернеті речей. Система відстеження транспортних засобів з IoT складається з датчиків, GPS-приймачів, модулів зв'язку та центрального програмного забезпечення, що дозволяє користувачу переглядати, аналізувати й керувати даними за допомогою смартфона, планшета або комп'ютера.

Залежно від цілей впровадження, системи можуть виконувати різні завдання, але загалом можна виділити основні функціональні переваги таких рішень:

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Безпека та протидія викраденням. Система здатна оперативно виявляти несанкціонований рух транспортного засобу, відправляти повідомлення користувачу та передавати координати на карту в режимі реального часу;

– оптимізація маршрутів. Завдяки постійному збору GPS-даних система дозволяє аналізувати трафік, зупинки, час у дорозі, що сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів;

– моніторинг технічного стану. Можливе встановлення додаткових датчиків, які передають дані про рівень пального, температуру двигуна, навантаження або інтервали обслуговування;

– аналітика та звітність. Більшість систем мають можливість створення докладних звітів, що дозволяє керівникам автопарків або компаній ухвалювати зважені рішення.

– Залежно від архітектури системи, до її складу можуть входити такі основні компоненти:

– GPS-модулі. Вони забезпечують визначення координат транспортного засобу в будь-який момент часу. Найпоширенішими моделями є NEO-6M, u-blox M8N та Quectel L86;

– модулі зв'язку. Для передачі даних у системах зазвичай використовують GSM, наприклад, SIM800L, A9G, NB-IoT або LoRa-модулі;

– мікроконтролери. Це центральні блоки обробки, такі як Arduino, ESP32, STM32 або готові рішення типу Teltonika FMB920;

– програмна платформа. Вона слугує інтерфейсом користувача для перегляду, налаштування і керування системою. Часто використовують такі сервіси як Traccar, Wialon або власні розробки компаній.

Однак такі системи мають і деякі недоліки, наприклад, залежність від зв'язку. У районах з відсутнім або слабким мобільним покриттям передача даних може бути неможливою. Проблеми з живленням, коли для автономних IoT-пристроїв важливо забезпечити довгий час роботи від батареї, відключаючи деякі функції, або зміна

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей. Також, деякі системи можуть бути несумісними одна з одною або вимагати складного налаштування.

На ранніх етапах розвитку технологій відстеження, більшість систем являли собою цілісні рішення, як великі платформи, де всі компоненти були взаємопов'язані та налаштовані як єдине ціле. Проте із розвитком IoT та зростанням попиту на гнучкість, з'явилася тенденція до модульності. Тепер користувач має змогу самостійно обирати необхідні підсистеми, модулі GPS, комунікаційні пристрої, мікроконтролери та програмне забезпечення залежно від потреб і бюджету. Це зробило такі системи більш доступними для широкого використання як у бізнесі, так і в побуті.

Окремі виробники почали випускати спеціалізовані рішення, пристосовані для певних задач, наприклад, лише для моніторингу вантажного транспорту, сільськогосподарської техніки або особистих авто. Це призвело до появи класифікацій систем відстеження за типом управління, сферою застосування, типом зв'язку та протоколами передачі даних.

Системи можуть бути як і централізованими з єдиною платформою керування, так і децентралізованими, де кожен пристрій функціонує автономно. Централізовані рішення зазвичай простіші в налаштуванні та зручніші в управлінні, але менш надійні у випадку відмови центрального блоку. Децентралізовані системи дають вищу дієздатність, адже вихід з ладу одного модуля не впливає на роботу решти.

За функціональністю системи бувають універсальні, які можуть одночасно виконувати кілька завдань, таких як моніторинг місцеперебування, стану палива, маршруту, або вузькопрофільні налаштовані лише для відстеження GPS-координат.

Ще одним важливим параметром є тип зв'язку. Системи можуть бути дротовими або бездротовими. Безпроводні рішення стали найбільш популярними через легкість встановлення, адаптацію до вже існуючих транспортних засобів та менші витрати. Використовуються технології GSM, Wi-Fi, NB-IoT, LoRa. Кожна з

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

них має свої переваги: наприклад, GSM добре підходить для міських умов, LoRa для сільської місцевості з низьким енергоспоживанням. Дротові системи переважно використовуються на спеціалізованій техніці, де потрібно уникнути втрат сигналу або працювати у зашумленому середовищі.

Ще одним викликом є питання сумісності окремі пристрої можуть працювати лише в межах екосистеми одного виробника, інші підтримують відкриті протоколи, що забезпечує більшу свободу вибору компонентів. Саме відкритість протоколів сприяє зростанню популярності IoT-рішень на базі Arduino, ESP32, Raspberry Pi та інших відкритих платформ.

Загалом, сьогодні найбільшого поширення набули системи з централізованим управлінням, відкритими протоколами та бездротовою передачею даних. Вони поєднують у собі зручність, гнучкість, надійність та прийнятну вартість, що робить їх оптимальними як для приватного використання, так і для бізнесу.

Найпопулярніші системи відстеження транспортних засобів на ринку наочно демонструють описані раніше тенденції.

#### 1. Dozor City

Система Dozor City стала одним із перших прикладів комплексної реалізації міського GPS-моніторингу пасажирського транспорту в Україні. Цей проєкт заклав основу для цифровізації громадського транспорту та зробив відстеження руху маршруток, автобусів і тролейбусів доступним у режимі реального часу як для диспетчерів, так і для пасажирів [22].

Центральним керуючим елементом системи є спеціальні GPS-трекери, встановлені у салонах міського транспорту, які в автоматичному режимі збирають дані про координати, швидкість руху, маршрут, зупинки та час перебування на них. Трекери підтримують GSM-зв'язок і надсилають ці дані на хмарну платформу Dozor, яка обробляє, зберігає та візуалізує інформацію для різних користувачів.

Для пересічного громадянина система реалізована через мобільний додаток і веб-інтерфейс, де можна у режимі реального часу переглядати місцезнаходження

транспорту на карті, дізнаватися час прибуття на зупинку, а також отримувати повідомлення про затримки чи збої в русі. Система вирізняється простим інтерфейсом, підтримкою більшості міст України [23].

Dozor City належить до централізованих систем із закритим протоколом, в яких інтеграція нових транспортних одиниць або пристроїв виконується через офіційний сервіс та затверджене обладнання. Це гарантує стабільність і захист від несанкціонованого втручання, проте зменшує гнучкість у порівнянні з відкритими IoT-рішеннями.

Перевагами такої системи є оперативність, автоматичний облік рейсів, аналітика по водіях та графіках, можливість контролювати ефективність перевезень, що особливо важливо для міських рад, перевізників та органів контролю [24].

Проте Dozor City має і недоліки. До них належить залежність від офіційної інфраструктури, обмежена кількість відкритих API для зовнішніх розробників, а також прив'язка до конкретного обладнання. Водночас у містах, таких як Київ чи Львів впровадження такої системи зіштовхується з конкуренцією з боку інших рішень таких як EasyWay, CityBus або Google Transit.

Попри це, Dozor City залишається однією з найвідоміших українських платформ у сфері моніторингу громадського транспорту. Вона є показовим прикладом того, як GPS та аналітика можуть поєднуватись у зручну для користувачів систему, що підвищує прозорість, зручність та ефективність транспортної інфраструктури. Ви можете побачити цей застосунок на рисунку 1.3.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

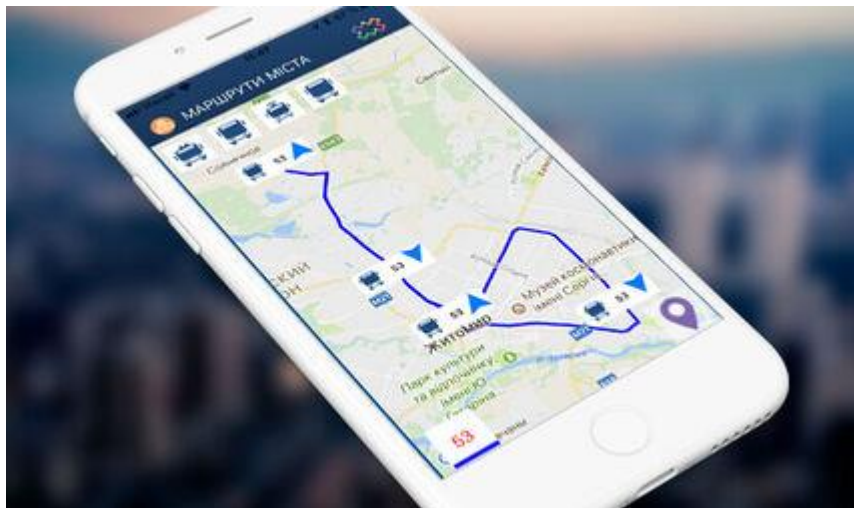


Рисунок 1.3 – Мобільний додаток GPS “DozorCity” [3]

## 2. Електросамокати Volt

Вважається, що використання GPS-трекерів на базі ESP32 у транспортній інфраструктурі стало ключовим чинником у формуванні нових стандартів спостереження, безпеки та керування мобільними засобами. Одним з прикладів такого підходу стала реалізація системи моніторингу для електросамокатів Volt, яка ілюструє ефективність поєднання IoT-пристроїв, GPS-модулів та GSM-зв'язку.

У цій системі головним елементом виступає компактний модуль, наприклад, TTGO T-Call ESP32, що поєднує Wi-Fi, Bluetooth, GPS-модуль та GSM-модем SIM800L. Такий пристрій встановлюється в корпус електросамоката та виконує одразу кілька завдань: визначення координат, надсилання їх на сервер, а також обробку команд, отриманих з керуючого інтерфейсу [10].

Налаштування виконується через власний додаток Volt або через веб-панель керування. Після встановлення трекера самокат автоматично реєструється в системі обліку транспорту. Всі зібрані дані, такі як місце розташування, швидкість, заряд батареї, передаються в реальному часі на хмарний сервер, а також можуть зберігатися локально на microSD-карті для резервного дублювання [11].

Система передбачає низку інтелектуальних функцій, серед яких: встановлення геозон, автоматичне блокування самоката при виїзді за межі дозволеної області, активація сигналізації при спробі несанкціонованого

переміщення, та надсилання SMS або push-сповіщень оператору. Завдяки програмному забезпеченню, систему можна адаптувати під різні потреби: від індивідуального користування до корпоративного обліку техніки в умовах міської мобільності [29].

Попри це, в системі існують обмеження в потребі стабільного мобільного зв'язку, енергоспоживання GSM-модуля, а також ризик втрати даних при аварійному вимкненні. Втім, завдяки можливості масштабування та розробки під специфічні сценарії використання, рішення на базі ESP32 виявляються вдалимими саме у таких проектах, як Bolt, де масове застосування техніки вимагає автоматизації, спостереження та дистанційного контролю.



Рисунок 1.4 – Транспортні засоби оснащені GPS-трекером [4]

### 3. Moovit

Один із найвідоміших європейських прикладів реалізації системи моніторингу транспорту з використанням IoT і GPS є платформа Moovit, яка заснована в Ізраїлі, яка набула популярності в багатьох містах Європи, США та інших країн. З 2020 року сервіс належить компанії Intel і був створений для

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращення міської мобільності шляхом збору, обробки й надання користувачам актуальної інформації про пересування громадського транспорту [21].

Центром системи є мобільний додаток Moovit, який забезпечує GPS-навігацію, розрахунок маршрутів у режимі реального часу, прогнозування прибуття транспорту на зупинку з урахуванням заторів та змін у графіках. Система інтегрує дані з муніципальних платформ, приватних перевізників та краудсорсингових джерел, де самі користувачі повідомляють про затримки, переповненість або інші проблеми. Дані надходять із трекерів у транспорті, що передають інформацію через GSM, 3G або LTE на сервери платформи, де вона аналізується і синхронізується з іншими службами, такими як Google Maps чи Apple Maps [12].

Moovit підтримує відкриту архітектуру, тому може працювати з пристроями від різних виробників. Також вона пропонує платформу Moovit MaaS для перевізників і муніципалітетів, яка дозволяє контролювати дотримання графіків, розподіляти транспортні потоки, оптимізувати маршрути та бачити аналітику руху транспорту. Сервіс підтримує понад 4000 міст у більш ніж 100 країнах, у тому числі Лондон, Нью-Йорк, Париж, Берлін, Лісабон, Варшаву. Користувачі можуть планувати поїздки з урахуванням різних видів транспорту, таких як метро, автобусів, самокатів, велосипедів або таксі.

Серед недоліків Moovit потребує стабільного інтернет-з'єднання, не завжди точні дані в регіонах із низькою цифровізацією, а також обмеження в функціональності без офіційної співпраці з перевізниками. Проте Moovit є яскравим прикладом успішного впровадження IoT і GPS у сферу мобільності, який підвищує зручність як для пасажирів, так і для операторів транспорту. Програма показана на рисунку 1.5.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

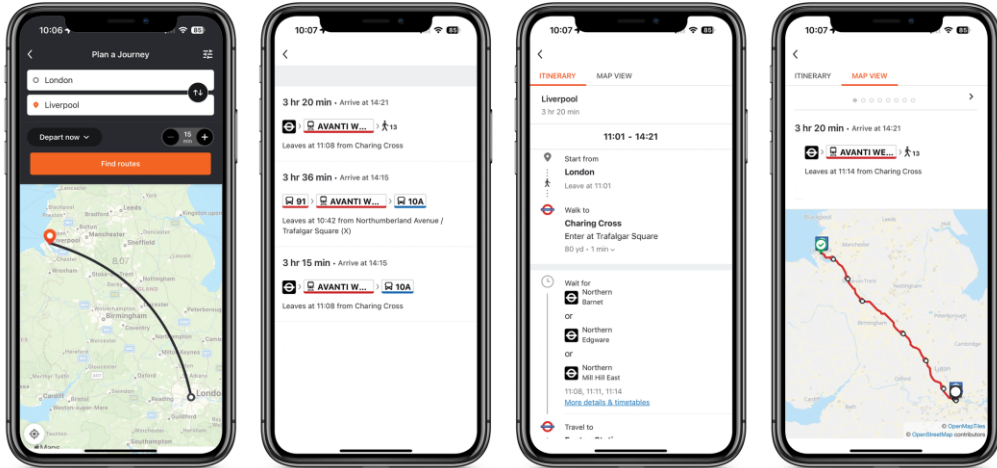


Рисунок 1.5 – Додаток застосунку Моовит [5]

### 1.3 Висновки до першого розділу

У межах розділу 1 було розглянуто історичний розвиток навігаційних систем, еволюцію GPS та супутникових технологій, принцип триангуляції, використання GPS у військовій та цивільній сферах, поява перших систем відстеження транспорту, аналоги GPS у різних країнах, переваги й недоліки систем GPS та ГЛОНАСС, впровадження IoT у транспортний моніторинг, безпекові функції GPS, сучасне комерційне використання трекінгових систем, програмно-апаратна архітектура IoT-рішень, переваги й обмеження сучасних систем відстеження, класифікація систем за типом управління, функціональністю, типом зв'язку та протоколами, а також приклади реалізації таких систем, зокрема Dozor City.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Вимоги до проєктованого програмно-технічного засобу, постановка задачі розробки, структура пристрою

Загалом при проєктуванні програмно-технічного засобу було сформульовано наступні функційні вимоги :

- до функціональних вимог відноситься реалізація відображення координат на світлодіодному екрані;
- визначення місцезнаходження пристрою у просторі за допомогою GPS координат;
- надсилання SMS-повідомлення з координатами на номер телефону. Може відбуватися через певний проміжок, або ж при натисканні кнопки визначення координат, яка автоматично надішле дані місцезнаходження.

Технічні вимоги передбачають використання енергоефективних компонентів для забезпечення автономної роботи пристрою та надійне закріплення всіх елементів у корпусі. Також важливою є сумісність програмного забезпечення з платформою Arduino та забезпечення мінімального енергоспоживання в режимі очікування.

Загалом проєктований програмно-технічний засіб має відповідати сучасним стандартам як у сфері розробки програмного забезпечення, так і в апаратній частині, забезпечуючи стабільну, надійну та безпечну роботу. Основними критеріями для цього пристрою є відповідність функціональним, нефункціональним і технічним вимогам, що гарантують його ефективну та безперебійну експлуатацію.

Під час проєктування структури пристрою було приділено увагу доступності компонентів та простоті їх інтеграції й використання. Розроблений програмно-

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апаратний пристрій включає такі основні компоненти, як: мікроконтролер, модуль GPS-навігації, модуль зв'язку та дисплей. Принцип підключення та логіка роботи системи зображено на рисунку 2.1.

Конструктивно пристрій містить Мікроконтролер Arduino Mega 2560 Rev3, який виконує всі обчислення та керує усіма компонентами у пристрої. Виконую всю програмну частину та поєднує всі компоненти в системі.

Дисплей LCD 16×2 служить засобом виведення інформації про стан пристрою та повідомлень користувачу. Може одночасно відображати до 16 символів у два рядки, що забезпечує базову візуалізацію текстових даних.

Використовується плата GSM-модуль (SIM900A), яка дозволяє пристрою передавати дані через мобільну мережу. Забезпечує надсилання SMS або передачу даних на сервер, що дає змогу дистанційного моніторингу чи керування пристроєм.

Обов'язковим компонентом є GPS-модуль Neo-6M, що використовується для визначення точного місцезнаходження пристрою. Забезпечує отримання координат у режимі реального часу, що важливо для мобільних або віддалених застосувань.

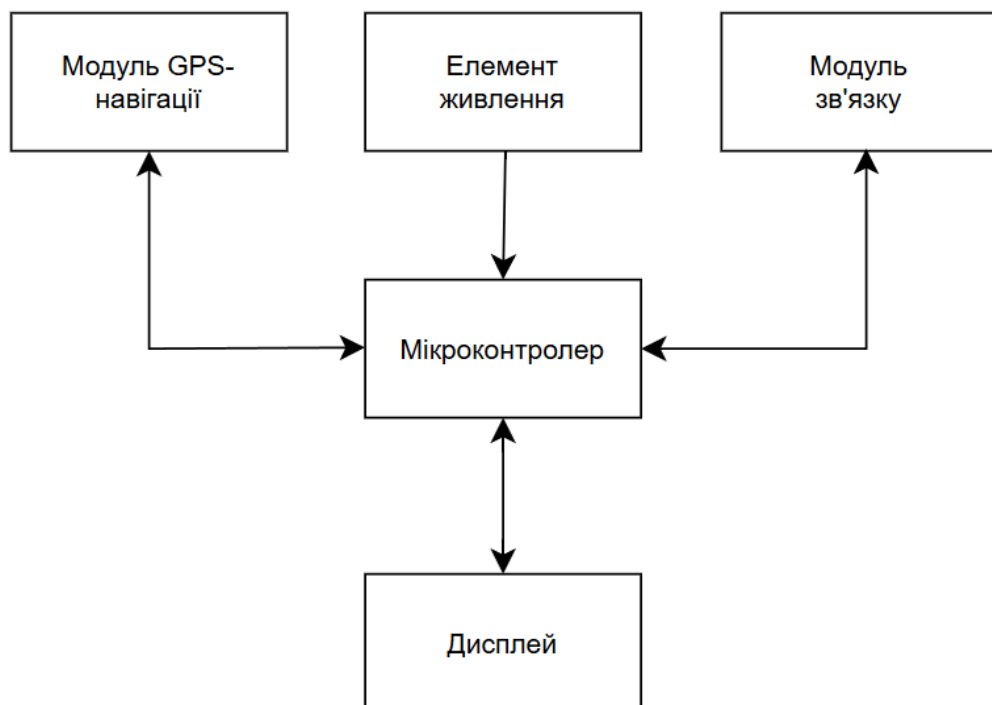


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою

Всю систему потрібно живити певними засобами, які мають бути безперерйними або тимчасовими з великою ємністю батареї для роботи. Так як цей пристрій створюється для транспортних засобів, живлення буде відбуватися за допомогою автомобільного акумулятора (12V). Arduino Mega 2560 може житись через вхід VIN, але для цього потрібно використовувати стабілізатор напруги LM2596, для зниження напруги з 12 В до стабільних 5 В. Також, обов'язково використовувати запобіжник (1–2 А) між джерелом живлення і пристроєм, для захисту компонентів системи.

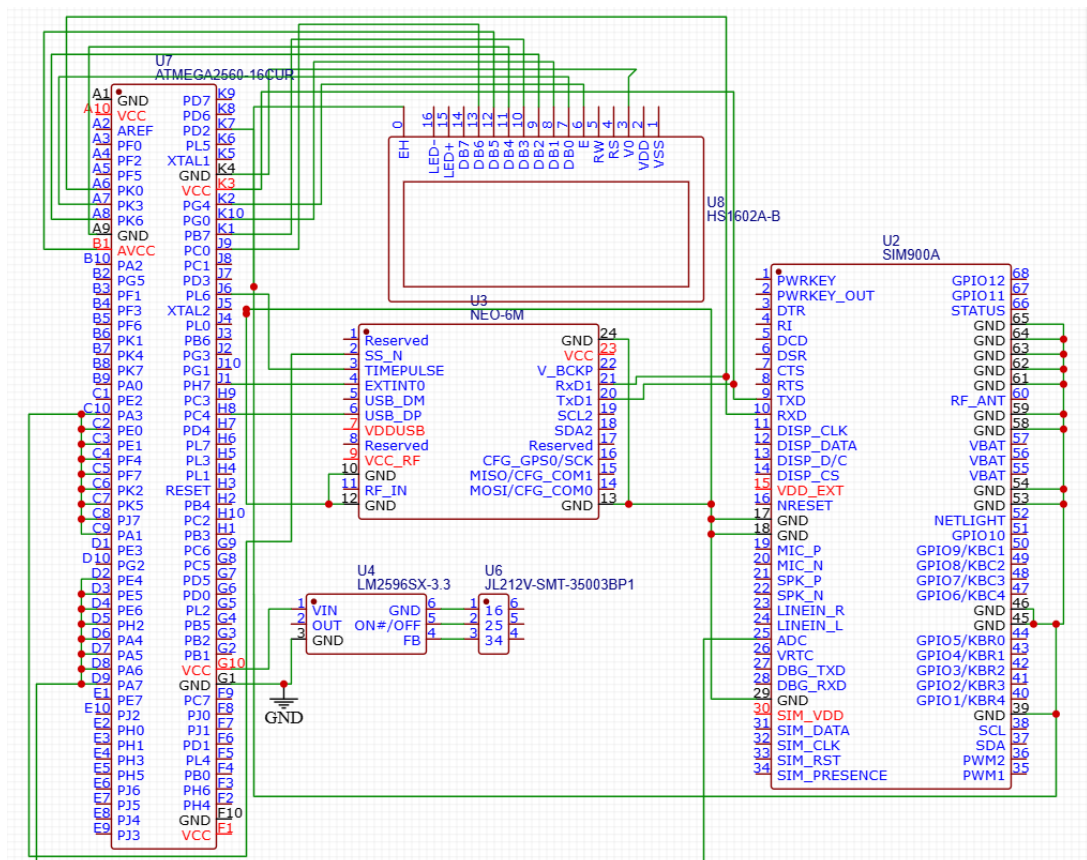


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова з стаціонарним живленням

З іншого боку, пристрій можна підключати до акумуляторних батарей, хоча термін безперерйної роботи буде невеликим. Якнайкраще, потрібно обирати акумуляторні батареї з напругою 5 В та ємністю від 10000 mAh. Для системи підійдуть акумулятор літєво-полімерний 1160100 на 10000 mAh.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Автономне живлення стало основою функціонування сучасних технологій, забезпечуючи незалежність та гнучкість у різноманітних сферах. Від портативних медичних приладів до систем «розумного дому», від електричних велосипедів до польових метеостанцій ці пристрої потребують стабільного джерела енергії для ефективної роботи без підключення до електромережі. На рисунку 2.3 можемо оглянути схему електричну принципову, в якій використовується автономне живлення на акумуляторі 1160100. Також, до мікроконтролера підключенні інші компоненти системи такі як Led-дисплей, GPS-модуль, GSM-модуль та адаптер напруги MT3608.

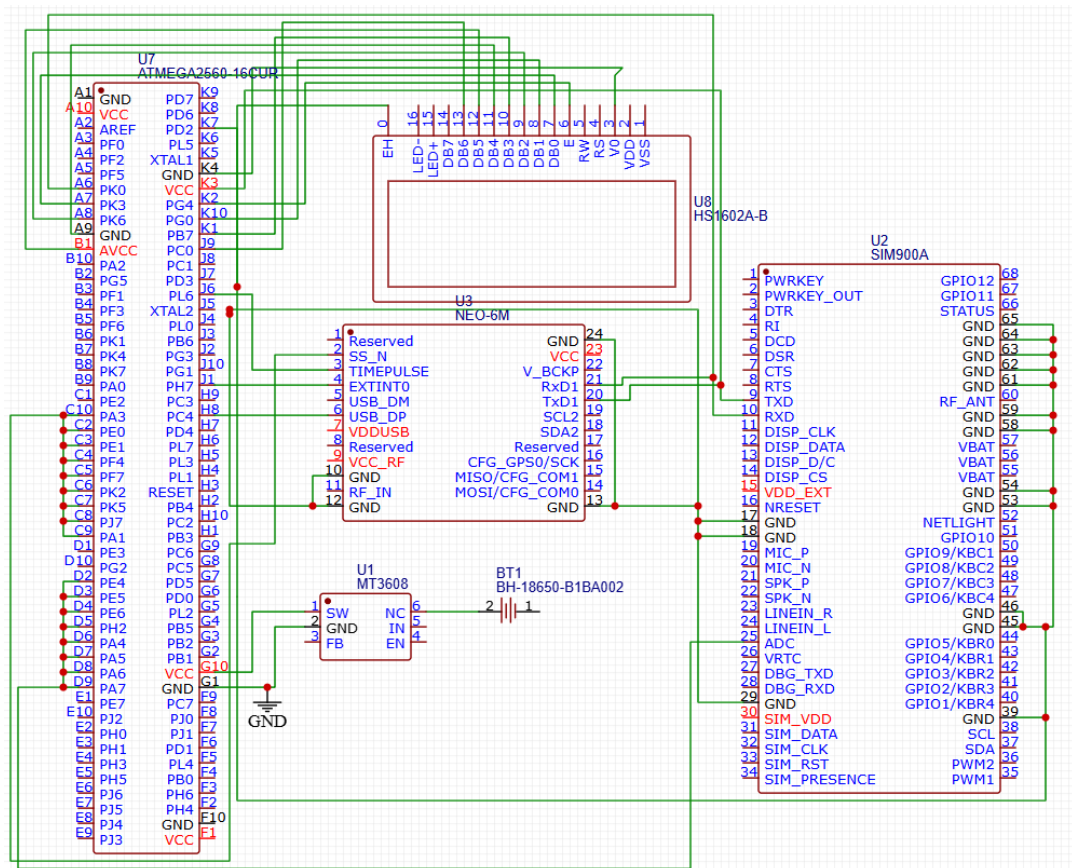


Рисунок 2.3 – Схема електрична принципова з автономним живленням

Завдяки стрімкому розвитку акумуляторних технологій та альтернативних джерел енергії автономні системи живлення перетворилися на обов'язкову складову інженерних рішень. Акумулятори нового покоління, зокрема літій-залізо-

фосфатні, поєднують безпечність, довговічність та високу енергоємність, що ідеально підходить для мобільної електроніки, робототехніки та резервного живлення. У свою чергу, використання вітрогенераторів і портативних сонячних панелей розширює можливості автономної роботи в умовах відсутності інфраструктури.

Крім персонального використання, автономне енергозабезпечення відіграє вирішальну роль у сфері оборони, аграрного виробництва та телекомунікацій. Наприклад, польові пристрої та базові станції мобільного зв'язку в ізольованих регіонах працюють завдяки комбінованим системам живлення, що включають акумулятори та генератори на біопаливі. Сучасні агродрони з можливістю тривалого автономного польоту дозволяють ефективно здійснювати моніторинг полів і керування врожаєм без постійного доступу до енергії.

Автономне живлення забезпечує компоненти стабільною роботою на відстані для сучасних технологічних систем. Розвиток систем живлення забезпечує нові стандарти мобільності, енергонезалежності й екологічної ефективності.

## 2.2 Аналіз обраних рішень

При виборі апаратної частини враховувалися такі фактори, як енергоспоживання, розміри та також сумісність із платформою Arduino та зручність у програмуванні пристрою.

Проектований пристрій складається із таких компонентів як Arduino Mega 2560 Rev3, LCD-дисплей 16×2, акумулятор літієво-полімерний 10000 mAh або живлення з автомобільного акумулятора, кнопки керування, GSM-модуль SIM900 та GPS-модуль, який забезпечує визначення координат.

Arduino Mega 2560 Rev3 є основним елементом системи відстеження транспортних засобів, виконуючи роль центрального контролера, який керує роботою всієї схеми [34]. Оснащена 8-розрядним мікроконтролером ATmega2560, плата має розширені можливості завдяки прогресивній RISC-архітектурі, великому

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обсягу пам'яті, а саме 256 КБ Flash, 8 КБ SRAM, 4 КБ EEPROM, та широкому набору периферійних модулів. Вона підтримує до 69 ліній введення/виводу, має кілька таймерів, 16-канальний АЦП, 15 каналів ШІМ, а також інтерфейси UART, SPI та I2C для зв'язку з іншими модулями. Arduino Mega 2560 забезпечує стабільну роботу на частоті 16 МГц і живиться від 5 В, що робить її ефективною та надійною платформою для складних вбудованих рішень. Нижче наведені параметри компонента. Також на рисунку 2.4 та рисунку 2.5 зображено Arduino Mega 2560 Rev3.

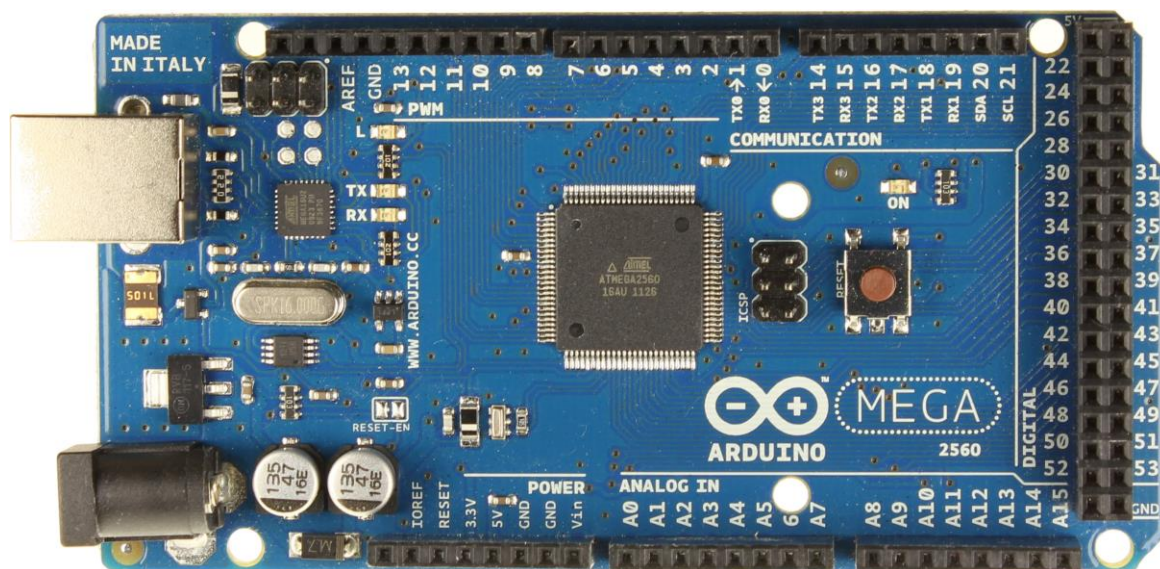


Рисунок 2.4 – Мікроконтролер Arduino Mega 2560 Rev3 [25]

Характеристики:

- 8-розрядний високопродуктивний мікроконтролер AVR з низьким споживанням енергії – ATmega2560 з прогресивною архітектурою RISC;
- тридцять-два 8-розрядні робочі регістри загального призначення;
- до 16 MIPS при тактовій частоті 16 МГц;
- повністю статична робота, можливість зупинки тактового генератора для енергозбереження;
- прогресивна архітектура RISC;
- 256 КБ Flash-пам'яті, з яких 8 КБ використовуються завантажувачем;

- 4 КБ енергонезалежної пам'яті EEPROM, яка зберігає дані навіть після вимкнення живлення;
- 8 КБ оперативної пам'яті SRAM, яка використовується в мікроконтролерах для зберігання змінних, масивів, стеку, буферів тощо під час роботи програми;
- можливість внутрішньосистемного програмування ISP;
- захист програмного коду за допомогою програмованих бітів блокування;
- вбудований JTAG-інтерфейс для налагодження та програмування;
- внутрішні та зовнішні переривання;
- 69 програмованих ліній введення/виводу (із загальних 54 цифрових, 15 – ШІМ, 16 аналогових);
- 6 режимів низького енергоспоживання;
- кварцовий генератор на 16 МГц;
- робоча напруга: 5 В;
- вхідна напруга: 7–12 В;
- межі живлення: 6–20 В;
- 40+ виводів на DIP- і SMD-корпусі;
- плата має розміри 101.52 мм × 53.3 мм;
- usb-порт Туре-В для підключення до ПК;
- icsp-порт для прошивки;
- автоматичне перемикання джерела живлення з USB на зовнішнє.

Щодо системи відстеження транспортних засобів, то її основна задача полягає у визначенні розташування об'єкта в реальному часі та подальшій передачі цих даних користувачу. Основними складовими такої системи є: GPS-модуль, що приймає сигнали від супутників та визначає координати; GSM-модуль, відповідальний за відправку координат у вигляді SMS-повідомлення; мікроконтролер, що керує всіма компонентами та обробляє інформацію; дисплей, на якому відображається поточний стан системи. Разом ці компоненти утворюють просту, але ефективну телеметричну систему, що не потребує складної інфраструктури або підключення до інтернету.

Для реалізації такої системи важлива енергоефективність та стабільність роботи. Arduino Mega, хоч і не є найменш енерговитратним рішенням, дозволяє реалізувати енергоощадні режими, що підходять для пристроїв з живленням від акумуляторів. Крім того, простота конструкції зменшує кількість можливих поломок: система не залежить від зовнішніх серверів чи складних мережевих протоколів, а передає дані напряму через GSM-мережу, що особливо актуально для віддалених територій або в умовах з нестабільним інтернет-з'єднанням.

Ще однією суттєвою перевагою платформи Arduino є її гнучкість для модернізації. За потреби систему можна легко адаптувати: наприклад, додати збереження координат на SD-карту, інтегрувати акселерометр для виявлення руху, або використовувати GPRS для передачі даних на веб-сервер. Велика кількість сумісних з Arduino модулів спрощує такі покращення без необхідності складних змін апаратної або програмної частин.

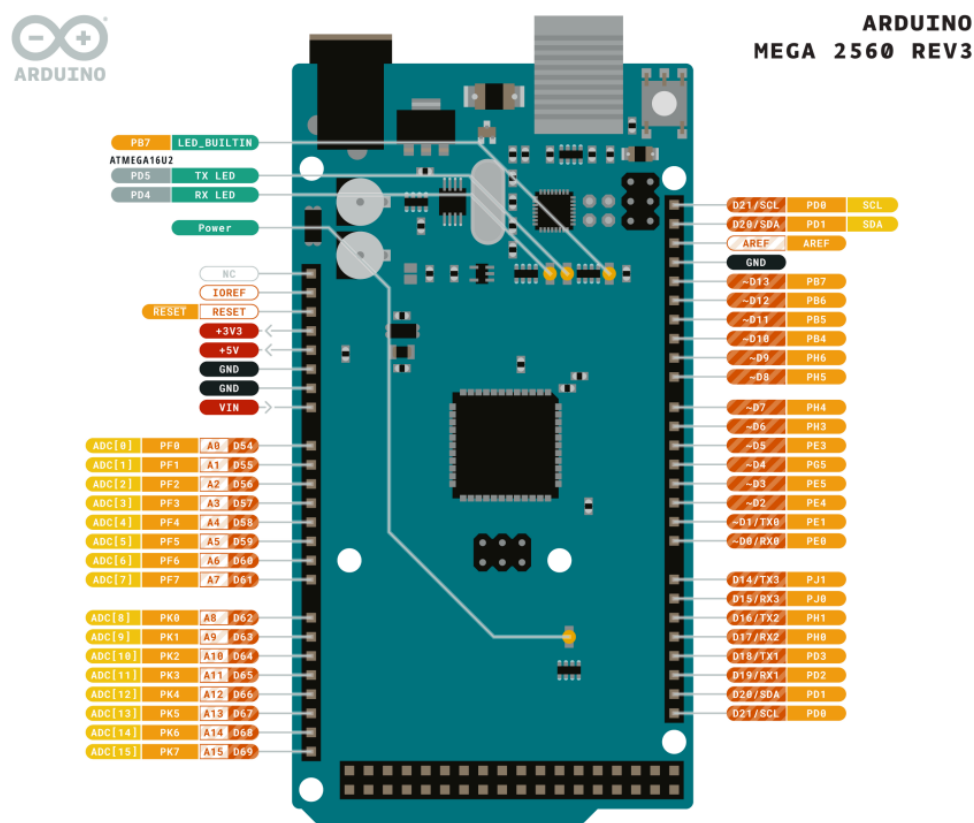


Рисунок 2.5 – Контактні ніжки мікроконтролера Arduino Mega 2560 Rev3 [33]

Для системи було обрано Arduino Mega 2560 Rev3 завдяки її технічним можливостям, які забезпечують ефективну взаємодію з усіма необхідними модулями. Плата має велику кількість цифрових і аналогових входів та виходів, що дозволяє одночасно підключати GPS-модуль, GSM-модуль, дисплей та інші елементи без складних схем розведення. Наявність кількох апаратних послідовних портів дозволяє легко налагодити стабільний обмін даними між мікроконтролером та підключеними модулями. Це значно спрощує обробку інформації від навігаційного модуля та передачу повідомлень через стільниковий зв'язок.

Однак, можна використовувати інші мікроконтролерні плати, які будуть виконувати ті ж функції в системі. Розглянемо мікроконтролерну плату STM32F103C8T6.

Плата STM32F103C8T6, відома як "Blue Pill", являє собою мікроконтролерну платформу на основі 32-бітного ядра ARM Cortex-M3. Її часто застосовують у проектах вбудованих систем, де необхідні висока продуктивність, гнучкість, економне споживання енергії та підтримка різноманітних інтерфейсів. Популярність зумовлена не лише потужністю, а й доступною ціною та численною спільнотою розробників.

Мікроконтролер функціонує на тактовій частоті 72 МГц, забезпечуючи високу швидкість обробки інформації, особливо у порівнянні з 8-бітними мікроконтролерами. Він оснащений 64 КБ флеш-пам'яті для зберігання програмного коду та 20 КБ оперативної пам'яті SRAM, що дозволяє виконувати складні алгоритми, обробляти великі обсяги даних, працювати з буферами, модулями реального часу та стеками без обмежень.

На платі реалізовано широкий спектр інтерфейсів: апаратні UART, SPI, I2C, CAN, а також USB, який можна використовувати як для завантаження прошивки, так і для обміну даними. Наявність 12-бітного АЦП дозволяє з високою точністю зчитувати аналогові сигнали, наприклад, з датчиків температури, напруги або освітленості. Крім того, плата підтримує PWM-сигнали на більшості пінів, що

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робить її придатною для керування моторами, підсвічуванням або генерацією сигналів змінної частоти.

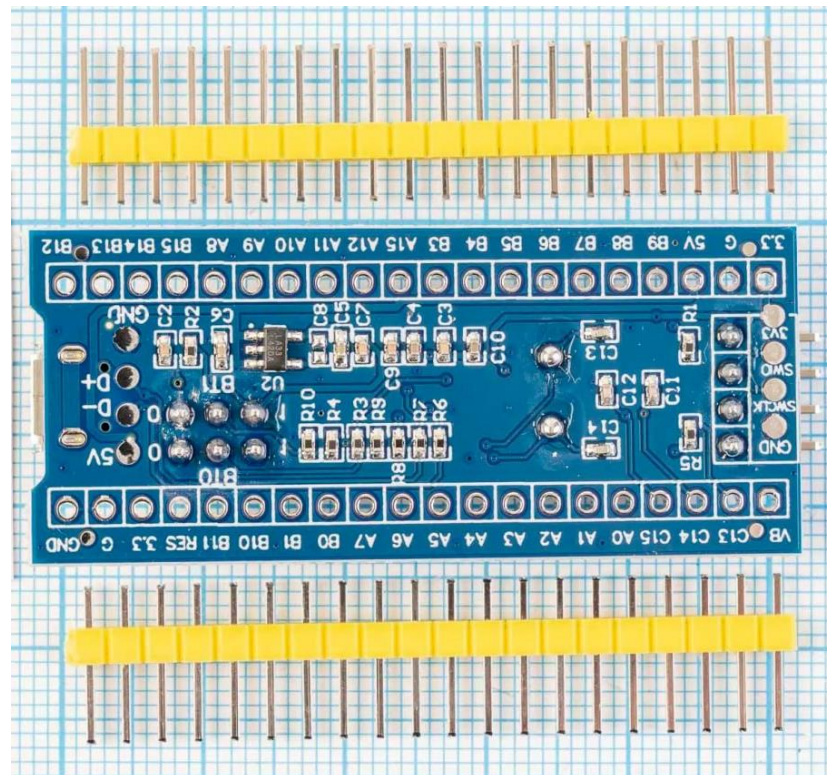


Рисунок 2.6 – Мікроконтролерна плата STM32F103C8T6 [43]

Плата STM32F103C8T6, зображена на рисунку 2.6, підтримує режими енергозбереження, що дає змогу використовувати її в пристроях з автономним живленням. Завдяки вбудованому годиннику реального часу RTC вона може зберігати точний час навіть у режимі сну, що корисно в системах трекінгу, де важливо прив'язувати дані до певного моменту часу.

Програмування цієї плати можливе як через офіційне середовище STM32CubeIDE, так і через Arduino IDE з попереднім завантаженням завантажувача STM32duino. Для завантаження програм часто використовуються програматори типу ST-Link V2 або просте з'єднання через UART з використанням кнопок BOOT0 та RESET.

Крім того, Arduino Mega 2560 Rev3 підтримує стандартну екосистему Arduino, що робить процес розробки прошивки зручним та швидким. Плата має

достатній рівень надійності для роботи в умовах постійного навантаження, що є важливою вимогою для систем, які використовуються у транспорті.

GSM-модуль SIM900A був використаний у системі через його здатність забезпечувати надійний та стабільний мобільний зв'язок, що є критично важливим для передачі даних у режимі реального часу [28]. Завдяки підтримці стандартів GSM та GPRS, цей модуль дозволяє ефективно надсилати текстові повідомлення (SMS) або передавати координати транспортного засобу на сервер або користувачеві. Перевагою модуля є широке розповсюдження та сумісність з більшістю операторів мобільного зв'язку, що спрощує його інтеграцію в різні системи. Крім того, модуль має невеликі розміри та невисоке енергоспоживання, що є актуальним для автономних пристроїв.

Пристрій оснащено слотом для SIM-картки з фіксованим тримачем. Для встановлення SIM-картки необхідно помістити її в тримач контактною частиною вниз, після чого закрити кришку та зсунути її в положення LOCK для надійної фіксації. Цей пристрій зображено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – GSM-модуль SIM900A [27]

Таблиця 2.1 – Характеристики GSM-модуля SIM900

№	Параметр	Значення
1	Напруга живлення	4V
2	Споживаний струм	~10 мА
3	Підтримка мереж	працює у 2G-мережах
4	SIM-карта	Підтримка стандартної SIM
5	Інтерфейс зв'язку	UART, послідовний порт

Технології та послуги, які використовує модуль SIM900 :

1.GPRS – технологія пакетної передачі даних, яка дозволяє передавати не голосовий трафік, такий як доступ до Інтернету чи MMS через мобільну мережу GSM.

2.SMS – сервіс для надсилання та отримання коротких текстових повідомлень між мобільними пристроями. Обмеження довжини одного повідомлення: до 160 символів латиницею або 70 символів кирилицею.

3.GSM – міжнародний стандарт цифрового мобільного зв'язку, що забезпечує надійну передачу голосу та даних із використанням шифрування для захисту інформації.

4.USSD – технологія для інтерактивного обміну короткими повідомленнями між користувачем та сервісними додатками оператора в реальному часі. Найчастіше використовується для перевірки балансу, активації послуг та налаштувань [27].

GPS GPRS модуль Neo-6M був обраний для системи завдяки своїй високій точності визначення місцезнаходження та стабільній роботі в умовах руху. Модуль дозволяє отримувати координати широти, довготи, висоти, швидкості руху та часу з точністю до кількох метрів, що є необхідним для ефективного моніторингу транспорту в реальному часі.

Neo-6M оснащений високочутливим GPS-приймачем, який швидко фіксує супутникові сигнали та забезпечує надійне позиціонування навіть у складних умовах – наприклад, між будівлями або під деревами. Модуль працює на основі протоколу NMEA, що дозволяє легко обробляти дані через Arduino або інший мікроконтролер. Обраний модуль показано на рисунку 2.7 та описано його характеристики в таблиці 2.2 [40].



Рисунок 2.8 – GPS-модуль Neo-6M [26]

Таблиця 2.2 – Характеристики GPS-модуля Neo-6M

№	Параметр	Значення
1	Робоча напруга	3.3V – 5V
2	Інтерфейс зв'язку	RS232 TTL
3	Швидкість передачі за замовчуванням	9600 біт/с
4	Температурний режим роботи	від -40 до 85 °C
5	Розмір модуля	36 x 24 мм
6	Розмір антени	21 x 7 мм
7	Вага модуля з антеною	близько 6 г

GPS-модуль Neo-6M використовує глобальне позиціонування, отримуючи дані з сигналів супутників GPS. Залежно від прошивки, можлива підтримка інших систем GNSS. Він працює, приймаючи радіосигнали від як мінімум чотирьох супутників, що дає змогу визначити координати, швидкість, висоту над рівнем моря, напрямок та точний час. Це досягається за допомогою вбудованого приймача та процесора, які обчислюють ці дані в реальному часі. Neo-6M надсилає отриману інформацію у форматі NMEA через UART-інтерфейс, забезпечуючи легку інтеграцію з мікроконтролерами, наприклад, Arduino Mega 2560.

Хоча можна використати модуль Quectel L86, який є більш сучасний та функціональний GPS/GNSS модуль. Обидва модулі виконують таку ж ключову функцію - визначення місцезнаходження за допомогою супутників, однак між ними є суттєві відмінності, що можуть вплинути на вибір залежно від вимог до точності, часу старту, енергоспоживання та інших характеристик.

Quectel L86 працює не лише з GPS, а й з іншими супутниковими системами: GLONASS, Galileo та QZSS, що суттєво збільшує вірогідність визначення координат та їхню точність. Модуль здатен одночасно опрацьовувати до 66 каналів, а похибка у сприятливих умовах може бути менше одного метра. Важливою перевагою є наявність внутрішньої флеш-пам'яті, яка зберігає ефемериди, тобто інформацію про траєкторії супутників, що дає можливість використовувати A-GPS і значно прискорює запуск, навіть до 1-2 секунд у теплому режимі. Модуль оснащений детектором антени, підтримує PPS-сигнал, тобто імпульс для точної синхронізації та забезпечує більш надійну роботу в русі, наприклад, в автомобілі.

Хоч і ціна цього модуля вища та налаштування складніше цей компонент підходить для нашого простого рішення відстеження транспортних засобів, коли надто висока точність або швидкий запуск не критичні.

Взаємодія з мікроконтролером відбувається через послідовний зв'язок, де GPS-модуль передає дані, а мікроконтролер їх приймає. Arduino періодично надсилає запити до модуля, зчитуючи текстові повідомлення з координатами та іншими параметрами. Після цього, мікроконтролер обробляє ці дані та виокремлює

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

потрібну інформацію, таку як широта, довгота чи точність сигналу. Це дозволяє створювати програмну логіку, яка реагує на зміну розташування, перевищення швидкості або вихід за встановлені межі. Антенне підключення реалізоване через стандартний SMA-роз'єм або пасивну керамічну антену, що дає гнучкість у виборі конструкції. Завдяки інтегрованому стабілізатору напруги та світлодіодному індикатору активності, модуль легко відстежується та контролюється під час роботи. Neo-6M підтримує живлення 3.3 В або через вбудований стабілізатор 5 В, що робить його сумісним з більшістю мікроконтролерів і не вимагає складної апаратної адаптації. Це робить його зручним для використання в системах відстеження переміщення, навігації та моніторингу транспорту.

Літій-іонні акумулятори 1160100 з ємністю 10000 мА·год (mAh) були обрані для системи завдяки своїй високій енергоємності, компактним розмірам і здатності забезпечувати стабільне живлення протягом тривалого часу без підзарядки.

Такі акумулятори дозволяють забезпечити автономну роботу пристрою навіть у разі відсутності зовнішнього джерела живлення, що особливо важливо для мобільних систем моніторингу в транспорті. Вони можуть жити мікроконтролер, модулі GSM, GPS та інші компоненти системи протягом кількох годин або навіть днів, залежно від енергоспоживання конкретної конфігурації.

Висока надійність та тривалий термін служби роблять ці елементи живлення оптимальними для використання в умовах постійних вібрацій та зміни температур. Крім того, їхня універсальність дозволяє застосовувати їх у різних проєктах без необхідності в складних адаптаціях. Літій-іонні акумулятори характеризуються високим коефіцієнтом енергетичної щільності, що дозволяє зменшити розміри пристрою без втрати потужності. Крім того, вони мають низький саморозряд, що забезпечує збереження заряду навіть при тривалому простої. Такий акумулятор зображений на рисунку 2.8 та описано характеристики в таблиці 2.3.



Рисунок 2.9 – Акумулятор типу 1160100 [30]

Таблиця 2.3 – Характеристики Акумулятора типу 1160100

№	Параметр	Значення
1	Номінальна напруга	3.7V
2	Номінальна ємність	10000mAh
3	Максимальний струм розряду	2.5 A
4	Захист (PCM/BMS)	Наявний

LCD дисплей 16×2 широко використовується в мікроконтролерних проєктах завдяки простоті підключення, чіткості відображення тексту та низькому енергоспоживанню. Може працювати як у стандартному паралельному режимі, так і через модуль I2C, що дозволяє зекономити виводи мікроконтролера. Корпус дисплея, відповідає потрібним габаритам, що значно спрощує його інтеграцію в корпус пристрою. Контрастність зображення налаштовується за допомогою змінного резистора, завдяки чому можливо відкоригувати зображення з урахуванням різних умов освітлення. Також модуль оснащено підсвічуванням,

яким можна керувати програмно, вмикати або вимикати, заради економії енергії. Дисплей зображено на рисунку 2.9 та описано головні характеристики в таблиці 2.4.

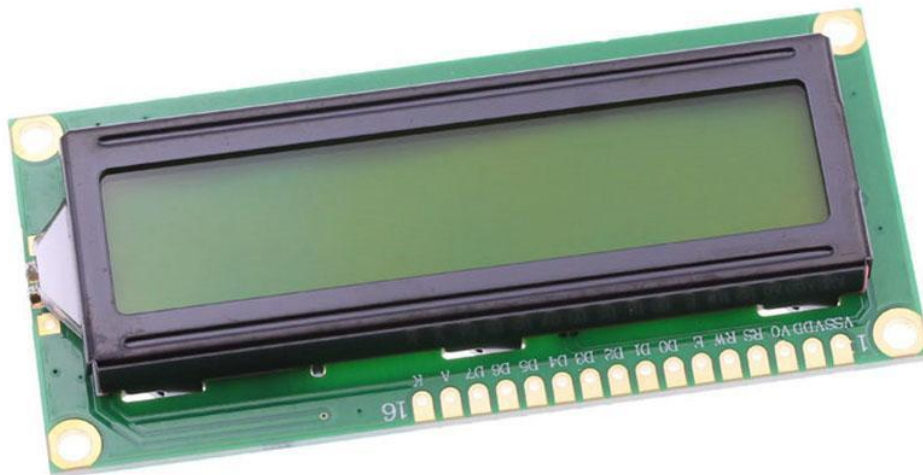


Рисунок 2.10 – LCD дисплей 16×2 [31]

Таблиця 2.4 – Характеристики LCD дисплей 16×2

№	Параметр	Значення
1	Тип дисплея	Рідкокристалічний (LCD)
2	Кількість символів	2 рядки по 16 символів
3	Тип контролера	HD44780
4	Напруга живлення	~4.7 В – 5.3 В
5	Інтерфейс підключення	Паралельний (8- або 4-бітний), або через I2C
6	Споживаний струм	~1 – 2 мА (без підсвічування), до 20 мА (з ним)
7	Підсвічування	Світлодіодне (LED), жовто-зелене

Для заряджання акумулятора літій-іонного 1160100, що має номінальну напругу 3.7 В, аби забезпечити безперебійне живлення для мікроконтролера Arduino Mega, якому потрібна стабільна напруга 5 В, застосуємо модуль зарядки TP4056 з micro USB портом та вбудованим захистом від надмірного заряду і розряду. Цей модуль відповідатиме за безпечний процес заряджання акумулятора від зовнішнього джерела живлення. TP4056 це спеціалізований лінійний контролер зарядки для одноелементних літій-іонних акумуляторів, який забезпечує зарядний струм до 1 А, автоматично припиняє заряд при досягненні напруги 4.2 В та оснащений індикацією стану зарядки. Завдяки вбудованим схемам захисту, модуль запобігає критичному розряду акумулятора, а саме нижче 2.5 В, короткому замиканню, надструму та перевищенню напруги, що значно підвищує надійність і безпеку роботи пристрою. Модуль TP4056 легко інтегрується в проекти з автономним живленням та є популярним рішенням для живлення Arduino, особливо в мобільних чи портативних системах. Його зображено на рисунку 2.11.

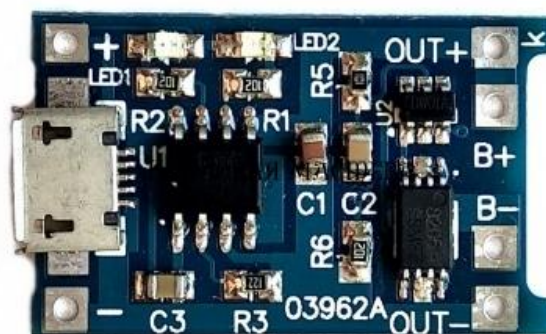


Рисунок 2.11 – Модуль зарядки TP4056 [44]

Крім того, буде необхідний підвищувальний перетворювач напруги - DC-DC конвертер MT3608, який збільшує напругу з 3.7 В до необхідних для Arduino Mega та інших компонентів проекту стабільних 5 В. MT3608 – це невеличкий та продуктивний синхронний підвищувальний перетворювач, який здатний працювати з вхідною напругою в межах від 2 до 24 В і видавати вихідну напругу

до 28 В при силі струму до 2 А. Його ефективність сягає 93%, що дає можливість зменшити втрати енергії, що є особливо важливим при живленні від акумуляторних батарей. Конвертер обладнаний потенціометром для точного налаштування вихідної напруги, а також вбудованим захистом від перегріву і перевантаження. Зважаючи на ці характеристики, МТ3608 чудово підходить для живлення Arduino Мєга та суміжних модулів у портативних системах, забезпечуючи безперебійну роботу пристрою навіть у разі зниження заряду акумулятора. Цей компонент зображений на рисунку 2.12 та описано характеристики в таблиці 2.5.



Рисунок 2.12 – Конвертор МТ3608 [45]

Таблиця 2.5 – Характеристики конвертора МТ3608

№	Параметр	Значення
1	Вхідна напруга	2 - 24V
2	Вихідна напруга	3 - 28V
3	Максимальна сила струму	2А
4	ККД	93%
5	Температурний діапазон використання	-40 до +85

## 2.3 Оцінка вартості компонентів системи відстеження транспортних засобів з пристроями IoT

У світі, де все зходить до грошей, важливим фактором кожної розробки є ціна виробництва або створення. Коли говоримо про безпеку та спостереження потрібно розуміти, що собівартість приладів повинна бути відповідно до їх задач та важливості. Для транспортних засобів, які часто використовуються для перевезень товарів, надання послуг, переміщення з точки А в точку Б є важливим отримувати дані про місцезнаходження цих засобів.

Здійснимо оцінку орієнтовної ціни всіх елементів та приладу загалом. Основними блоками, застосованими у розробці, виступають мікроконтролер, екран, GPS-модуль, акумулятор та модуль GSM. Проаналізуємо цінову стратегію обраних складових у таблиці 2.5. Сукупна вартість всіх компонентів, необхідних для виготовлення пристрою, становить тисячу двісті тридцять п'ять гривень. Цей показник досить високий, хоча використання в транспортних засобах, які мають значно вищу вартість, виправдане для забезпечення безпечного транспортування. У підсумкову вартість розробки можуть ввійти витрати на корпус, сполучні кабелі та інші допоміжні частини. Варто враховувати вибір постачальника, оскільки оптові закупівлі дозволяють зменшити витрати на компоненти для конвеєрного виробництва.

Таблиця 2.6 – Ціни на компоненти

№	Елемент	Кількість	Ціна/грн
1	Arduino Mega 2560 Rev3	1	510
2	GSM-модуль SIM900A	1	280
3	GPS-модуль Neo-6M	1	180
4	Акумулятор типу 1160100	1	200
5	LCD дисплей 16×2	1	65
			Загальна вартість 1235 гривень

## 2.4 Висновки до другого розділу

У процесі розробки програмно-технічного засобу було чітко окреслено як функціональні, так і технічні специфікації, необхідні для повноцінної реалізації ключових функцій системи. Особлива увага приділялася кожному етапу створення пристрою, що дозволило забезпечити високий рівень якості та відповідність сучасним вимогам. До основних функціональних вимог можна віднести визначення координат місцезнаходження за допомогою GPS-приймача, відображення отриманих даних на екрані пристрою, а також можливість передачі цієї інформації за допомогою SMS-повідомлень. Усі ці можливості були реалізовані у відповідності до поставлених завдань, що гарантує повну автономність системи, а також її ефективну роботу в умовах, де необхідне оперативне отримання інформації про місцезнаходження об'єкта.

З технічної точки зору, проект спрямовано на досягнення максимальної енергоефективності, високого рівня сумісності з платформою Arduino, а також мінімального енергоспоживання в режимі очікування. Важливо зазначити, що під час розробки враховувалась також зручність монтажу і надійне закріплення всіх компонентів конструкції, що забезпечує стабільну експлуатацію пристрою навіть за умов підвищеного навантаження чи вібрацій. Такий підхід дає змогу використовувати пристрій у різноманітних транспортних засобах без значного впливу на витрати електроенергії, а також розраховувати на тривалий строк служби в автономному режимі. Окрему увагу було приділено використанню перевірених і надійних методів живлення, що є важливою складовою стабільної роботи пристрою.

Апаратна частина рішення ґрунтується на мікроконтролері Arduino Mega 2560 Rev3, який не лише відповідає всім вимогам продуктивності, а й має достатню кількість входів та виходів для підключення усіх необхідних модулів. Обрані для реалізації пристрою компоненти, такі як GPS-модуль Neo-6M, GSM-модуль

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SIM900A та LCD-дисплей, які показали себе надійними, енергоефективними та доступними в плані вартості. Вони забезпечують точне позиціонування, стабільне з'єднання з мобільною мережею та зручний інтерфейс взаємодії з користувачем, що разом сприяє злагодженій роботі всієї системи в цілому.

Живлення пристрою може здійснюватися як від автомобільного акумулятора, так і від літієво-полімерного акумулятора з ємністю 10000 мА·год, що надає користувачеві значну гнучкість у виборі режиму експлуатації стаціонарного або мобільного. Такий варіант дозволяє легко адаптувати пристрій під конкретні умови використання, зберігаючи при цьому його автономність, ефективність та надійність. В процесі проєктування особливу увагу було приділено саме цим аспектам, оскільки вони мають ключове значення для тривалої роботи в реальних умовах, де відсутнє постійне джерело живлення.

Не можна не відзначити важливість вибору якісних модулів для зв'язку та навігації. GSM-модуль SIM900A здатний не лише надсилати SMS, а й забезпечувати передачу даних через GPRS-з'єднання, що дає змогу оперативно отримувати координати в реальному часі. GPS-модуль Neo-6M, у свою чергу, характеризується високою точністю та стабільністю визначення місця розташування навіть у складних умовах, таких як щільна забудова або наявність перешкод. Завдяки використанню стандартних інтерфейсів обміну даними та перевірених протоколів, забезпечено надійну інтеграцію всіх компонентів у єдину функціональну систему.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

#### 3.1 Проектування схеми електричної принципової пристрою

Програмна частина цієї системи реалізується у середовищі Arduino IDE мовою програмування C. При включенні живлення пристрою мікроконтролер автоматично ініціалізує всі підключені модулі: GPS, GSM та LCD дисплей. Першим кроком є ініціалізація GPS модуля NEO-6M, який підключений через послідовний інтерфейс UART. Програма надсилає запит на зчитування даних про місцезнаходження, зокрема широти та довготи.

Після отримання GPS-даних програма здійснює їх перевірку на валідність. Якщо координати не були отримані або є некоректними, система продовжує запит з певним інтервалом, поки не буде отримано коректні дані. Як тільки GPS координати визначено, вони виводяться на LCD дисплей для візуального підтвердження. LCD дисплей, зазвичай 16x2 символів, дозволяє коротко показати координати в зручному для сприйняття форматі: перший рядок - широта, другий - довгота.

Наступним етапом є надсилання отриманих координат через GSM-модуль. Програма формує текст повідомлення у вигляді "Координати: широта XX.XXXX, довгота YY.YYYYY" та передає його через AT-команди на GSM-модуль. У випадку успішного надсилання повідомлення, мікроконтролер може підтвердити це на дисплеї або через індикатор. У разі помилки GSM-зв'язку, система може повторити спробу через певний проміжок часу. Окрім стандартного сценарію успішного відправлення SMS, провели перевірку в умовах слабого покриття мобільної мережі. Для цього моделювали наявність лише однієї смуги GSM, що дало змогу простежити, як система реагує на більший час відгуку. Підтверджено, що програма контролера чекає на підтвердження від SIM900 протягом 10 секунд, а у разі відсутності відповіді автоматично робить повторну спробу двічі з різним інтервалом затримки.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім основної логіки транспортування відомостей, програма також буде враховувати період затримки між ітераціями, щоб уникнути перевантаження мережі GSM та мінімізувати енерговитрати. Наприклад, після успішного відправлення координат пристрій перемикається в режим очікування на певний час або до зміни координат, що виходить за межі геозони. Цей підхід дозволяє скоротити обсяг повідомлень і заощадити ресурси SIM-картки.

Крім того, систему можна доповнити функцією збереження останніх координат в енергонезалежну пам'ять EEPROM, щоб у випадку перезавантаження не втрачати останнє місцезнаходження. Також впроваджено базову перевірку помилок, коли модуль GPS не запускається або втрачає сигнал, а GSM не підключається до мережі. В такому разі система відображає відповідне повідомлення на екрані або сповіщає через індикатор.

Архітектура програми передбачає послідовне виконання вищезгаданих етапів, що дозволяє забезпечити стабільну роботу навіть при обмежених ресурсах мікроконтролера. Оскільки Arduino Mega має більший обсяг пам'яті та більше послідовних портів у порівнянні з менш потужними моделями, вона ідеально підходить для одночасної роботи з кількома модулями.

Для обробки GPS-даних використовується бібліотека TinyGPS++, яка дозволяє легко витягнути з NMEA-рядків потрібну інформацію. Для роботи з GSM-модулем використовуються стандартні AT-команди, які надсилаються через програмний або апаратний серійний порт. LCD дисплей підключено через інтерфейс I2C, що дозволяє зменшити кількість задіяних пінів Arduino Mega.

Логіка роботи програми є доволі проста. Для кращого розуміння структури програми та взаємодії між модулями було розроблено блок-схему, що показує послідовність дій пристрою від увімкнення до успішної передачі координат. Враховано всі основні етапи, включно з ініціалізацією, перевіркою зв'язку з модулем, опрацюванням даних, відображенням інформації та передаванням через GSM. Особливу увагу приділено опрацюванню помилок і повторюваним умовам роботи в разі несправності, які дають змогу системі залишатися стабільною і

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відновлювати роботу без ручного втручання. На рисунку 3.1 зображено блок-схему логіки роботи пристрою.



Рисунок 3.1 – Блок-схема логіки роботи пристрою

Після подачі живлення пристрою, першим кроком є ініціалізація мікроконтролера Arduino Mega. В ході цього процесу запускаються внутрішні таймери, налаштовуються порти зв'язку та перевіряється готовність під'єднаних модулів. Оскільки Arduino Mega обладнаний кількома апаратними UART-портами, це дає можливість одночасного керування GPS-модулем та GSM-модулем без необхідності програмної емуляції. Це суттєво покращує надійність та швидкість роботи системи.

Одразу після запуску мікроконтролер ініціалізує GPS-модуль. Як правило, для цього застосовуються модулі, подібні до Neo-6M, які приймають дані про місцезнаходження від супутників навігації. Після підключення до живлення модуль потребує певний час для отримання фіксації супутників. У момент появи так званого GPS-фіксу, модуль починає транслювати потік даних, що включає інформацію про довготу, широту, висоту, швидкість руху та точність сигналу. Програма контролера регулярно опитує модуль, чекаючи на оновлення координат. Як тільки стають доступними нові координати, вони обробляються програмою та зберігаються в змінних для подальшого використання.

Після успішного зчитування координат мікроконтролер переходить до наступного етапу - відображення інформації на LCD-дисплеї. Найчастіше у подібних системах застосовується текстовий дисплей з інтерфейсом I2C, що значно полегшує підключення та зменшує кількість потрібних контактів. На дисплеї, як правило, відображаються поточні широта та довгота, іноді - також інформація про успішність GPS-фіксу або стан GSM-зв'язку. Це дає змогу користувачеві швидко візуально оцінити стан системи.

Після виведення координат на дисплей, пристрій переходить до надсилання цих даних через GSM-модуль. Модуль, який використовується для цього є SIM900. Воно отримують команди у форматі AT-команд через послідовний інтерфейс. Програма ініціалізує GSM-модуль, перевіряючи з'єднання та доступність мобільної мережі. Якщо мережа доступна, відбувається підготовка SMS-повідомлення з координатами у вигляді тексту. Потім мікроконтролер надсилає це повідомлення

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на заздалегідь визначений номер телефону. У випадку успішного надсилання модуль повертає відповідь, яку програма зчитує та, за потреби, виводить повідомлення про успіх або помилку на дисплей.

Під час тестування GSM-модуля перевіряли також, як система поводить себе у разі використання різних форматів номерів, як з міжнародним префіксом +380, так і без нього, а також в програмі встановлено помилку в разі перевищення ліміту 160 символів тексту SMS.

Для підтримання стабільної роботи пристрою в реальному середовищі, в програмний код вбудовано механізми адаптації до потенційних збоїв у роботі компонентів. Замість негайної реакції на помилки в системі, застосовано стратегії повторного опитування, встановлення таймерів очікування та перемикання в альтернативні режими. Наприклад, якщо протягом тривалого часу надходять однакові координати, система автоматично знижує частоту запитів до GPS-модуля, заощаджуючи таким чином енергію та ресурси мікроконтролера.

Програмне забезпечення розподілено на три основні функціональні блоки: отримання координат, відображення інформації та передача даних. Ця модульна структура сприяє не лише підвищенню надійності, але й полегшує адаптацію системи до інших задач, наприклад, збереження даних у внутрішній пам'яті, запис на SD-карту або інтеграція з GPRS-серверами. Ці блоки взаємодіють між собою за допомогою чітко визначених інтерфейсів, що дозволяє їх незалежно змінювати або оновлювати.

Додатково, система передбачає впровадження енергоощадних режимів. За відсутності руху транспортного засобу або стабільного положення в просторі протягом заданого часу, пристрій переходить у стан пониженої активності. Це значно збільшує час автономної роботи, що критично важливо в умовах відсутності постійного живлення. У логічній структурі програми можна виділити три основні блоки: блок зчитування координат, блок відображення інформації та блок передачі даних. Кожен з цих блоків функціонує незалежно, але у чітко визначеній послідовності. Завдяки цьому досягається прозорість алгоритму, а також

можливість легкого внесення змін у майбутньому, наприклад, заміни модуля на інший або додавання нових функцій, таких як логування координат на карті пам'яті чи передача даних на сервер через GPRS.

Важливою частиною логіки є використання затримок між циклами або реалізація таймерів, що визначають частоту оновлення даних системою. Наприклад, якщо транспортний засіб не змінює своє місцезнаходження протягом тривалого періоду, система може переходити в режим економії енергії або зменшити частоту опитування GPS-модуля. Це суттєво подовжує час автономної роботи пристрою в робочих умовах.

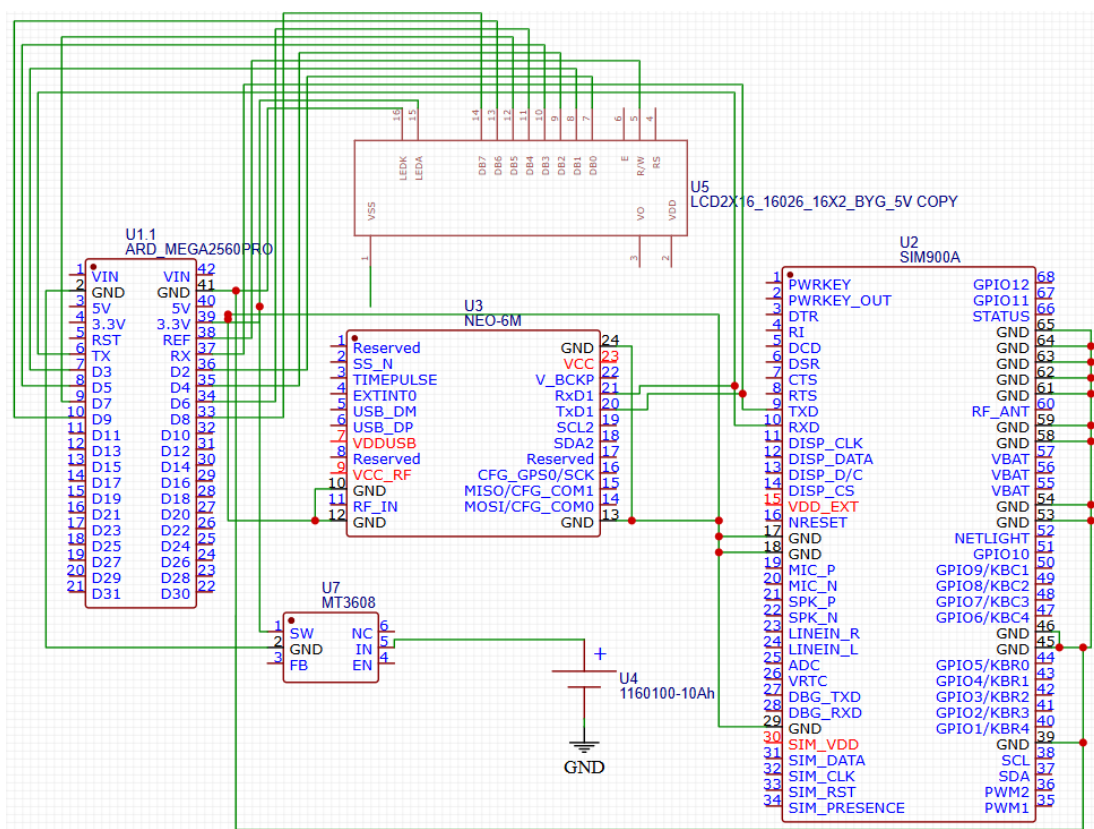


Рисунок 3.2 – Електрична принципова схема пристрою

Мікроконтролер має загалом 100 контактів, з яких 86 можна застосовувати як лінії вводу та виводу GPIO. Завдяки значній кількості портів та інтерфейсів він ідеально підходить для керування кількома периферійними пристроями одночасно, такими як GPS-модулі, GSM-модулі, LCD-дисплеї та інші сенсори.

У межах програмної налагоджувальної сесії було також протестовано коректність прив'язки IRQ-переривань для послідовних портів. Зокрема, перевірено, що апаратне переривання UART1 GPS і UART2 GSM не конфліктують між собою, а обробники пріоритетно обслуговують вхідні дані без затримок. Це дало змогу відмовитися від програмної емуляції пушбек-буферів і зменшити складність коду, покладаючись на вбудовану апаратну буферизацію Mega.

Контакти вводу-виводу згруповані в порти, кожен з яких може виконувати як цифрові, так і спеціалізовані функції, зокрема керування інтерфейсами зв'язку, зчитування аналогових сигналів чи генерування PWM-сигналів.

Ref.	Description	Ref.	Description
USB	USB B Connector	F1	Chip Capacitor
IC1	5V Linear Regulator	X1	Power Jack Connector
JP5	Plated Holes	IC4	ATmega16U2 chip
PC1	Electrolytic Aluminum Capacitor	PC2	Electrolytic Aluminum Capacitor
D1	General Purpose Rectifier	D3	General Purpose Diode
L2	Fixed Inductor	IC3	ATmega2560 chip
ICSP	Connector Header	ON	Green LED
RN1	Resistor Array	XIO	Connector

Рисунок 3.3 – Опис головних портів в мікроконтролері

Розглянемо головні порти на рисунку 3.3 та основні групи контактів в мікроконтролері, які використаємо для підключення компонентів системи :

Один із важливих портів - PORTA налічує 8 контактів, а саме A0 - A7. PORTA здебільшого використовується для роботи з аналоговими сигналами. Він пов'язаний з контактами A0 - A7 і слугує входами для вбудованого аналого-цифрового перетворювача ADC. У разі, якщо функції ADC не використовуються, ці пінові можна використовувати як стандартні цифрові входи або виходи.

PORTB налічує 8 контактів, які застосовуються для цифрових I/O, PWM, SPI. PORTB забезпечує доступ до цифрових ліній вводу/виводу, а також до інтерфейсу SPI. Він містить пінові для MOSI, MISO, SCK та SS, що дозволяє реалізувати високошвидкісний обмін даними з периферійними пристроями, такими як SD-карти або дисплеї. На рисунку 3.4 відображено опис цифрових портів.

PORTC складається з 8 контактів : цифрові I/O або JTAG. PORTC може використовуватись як звичайний цифровий порт, проте також підтримує функції JTAG, що є корисним при налагодженні. Якщо функції JTAG не використовуються, його лінії можна задіяти як стандартні GPIO.

PORTD налічує 8 контактів UART0 та цифрові I/O. PORTD включає ключові пінові для UART0, тобто TX0 та RX0, які застосовуються для зв'язку з комп'ютером через USB. Решта ліній це універсальні цифрові входи/виходи, деякі з них підтримують генерування PWM.

Pin	Function	Type	Description
1	+5V	Power	Power Supply of 5V
2	D22	Digital	Digital input 22/GPIO
3	D24	Digital	Digital input 24/GPIO
4	D26	Digital	Digital input 26/GPIO
5	D28	Digital	Digital input 28/GPIO
6	D30	Digital	Digital input 30/GPIO
7	D32	Digital	Digital input 32/GPIO
8	D34	Digital	Digital input 34/GPIO
9	D36	Digital	Digital input 36/GPIO
10	D38	Digital	Digital input 38/GPIO
11	D40	Digital	Digital input 40/GPIO
12	D42	Digital	Digital input 42/GPIO
13	D44	Digital	Digital input 44/GPIO
14	D46	Digital	Digital input 46/GPIO
15	D48	Digital	Digital input 48/GPIO
16	D50	Digital	Digital input 50/GPIO
17	D52	Digital	Digital input 52/GPIO
18	GND	Power	Ground

Рисунок 3.4 – Опис цифрових портів в мікроконтролері

Крім основних, мікроконтролер має також допоміжні порти: PORTE, PORTF, PORTG, PORTH, PORTJ, PORTK, PORTL. Вони відповідають за додаткові функції та роботу інших UART-портів, підтримку аналогових входів, PWM, генерування таймерних сигналів. Розглянемо їх детальніше, які за що відповідають та їх кількість. Деякі з них використано для підключення компонентів системи :

- PORTF = 8 контактів (аналогові входи A8 – A15);
- PORTG = 6 контактів (цифрові I/O, керування зовнішніми пристроями);
- PORTH = 8 контактів (PWM, UART2, Timer);

- PORTJ = 8 контактів (UART3, цифрові I/O);
- PORTK = 8 контактів (аналогові входи A8 – A15, ADC2);
- PORTL = 8 контактів (PWM, цифрові I/O).

Для організації послідовного зв'язку ATmega2560 має чотири незалежні UART-інтерфейси. Це дає змогу підключати GSM, GPS, Bluetooth або інші модулі без необхідності використовувати програмну емуляцію.

Плата оснащена чималим арсеналом апаратних інтерфейсів, що відкривають можливість під'єднання різноманітних периферійних пристроїв. Зокрема, передбачено чотири апаратні порти UART для послідовного зв'язку: UART0 (TX0 - D1, RX0 - D0), UART1 (TX1- D18, RX1 - D19), UART2 (TX2 - D16, RX2 - D17) і UART3 (TX3 - D14, RX3 - D15). Ці порти забезпечують одночасну взаємодію з кількома модулями, прикладом яких можуть слугувати GSM, GPS чи Bluetooth.

Крім того, наявний інтерфейс I2C (TWI), котрий часто використовується для приєднання дисплеїв, годинників реального часу (RTC) або інших цифрових сенсорів. Лінії I2C виведені на пін SDA (D20) і SCL (D21).

Для високошвидкісної синхронної передачі даних передбачений інтерфейс SPI, що зазвичай використовується під час роботи з флеш-пам'яттю, RFID-модулями та іншими подібними пристроями. До його ліній відносяться MOSI (D51), MISO (D50), SCK (D52) і SS (D53).

Широтно-імпульсна модуляція (ШИМ) реалізована на численних цифрових виводах - від D2 до D13, а також D44 - D46. Це надає змогу управляти швидкістю обертання двигунів, яскравістю світлодіодів, положенням сервоприводів тощо.

Для роботи з аналоговими сигналами передбачено 16 аналогових входів з роздільною здатністю 10 біт, підключених до портів PORTA та PORTK. Відповідні лінії A0 - A15 дозволяють зчитувати аналогові значення з різних датчиків, як-от температурні, газові або датчики освітлення.

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not Connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
13	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
14	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
15	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
16	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
17	A8	Analog	Analog input 8 /GPIO
18	A9	Analog	Analog input 9 /GPIO
19	A10	Analog	Analog input 10 /GPIO
20	A11	Analog	Analog input 11 /GPIO
21	A12	Analog	Analog input 12 /GPIO
22	A13	Analog	Analog input 13 /GPIO
23	A14	Analog	Analog input 14 /GPIO
24	A15	Analog	Analog input 15 /GPIO

Рисунок 3.5 – Опис аналогових портів в мікроконтролері

Окрім інтерфейсів з'єднання, введення та виведення, мікроконтролер має спеціалізовані лінії для живлення й управління. Зокрема, передбачені стабілізовані виходи 5V та 3.3V для живлення зовнішніх модулів, пін GND як спільний нульовий потенціал, а також VIN - вхід для подачі нерегульованої напруги в межах 7–12 В. Для точнішого аналогового вимірювання передбачено вивід AREF, що використовується як еталонна напруга для АЦП. Крім того, є пін RESET, що дає змогу виконувати ручне перезавантаження мікроконтролера Arduino. Використаємо деякі з портів для підключення усіх необхідних компонентів системи.

На рисунку 3.6 зображено приєднання GPS-модуля NEO-6M до мікроконтролера. Цей модуль визначає геолокацію. Він підключений до Arduino за допомогою послідовного інтерфейсу UART: вихід TXD1 модуля, пін 20, з'єднано з входом RX1 мікроконтролера, пін PJ0, а вхід RXD1, пін 19, з виходом TX1 Arduino, пін PJ1. Завдяки цьому мікроконтролер може отримувати координати у форматі

NMEA. Живлення надходить через пін VCC модуля, пін 22, який живиться від стабілізованого виходу перетворювача. GND приєднано до спільної землі.

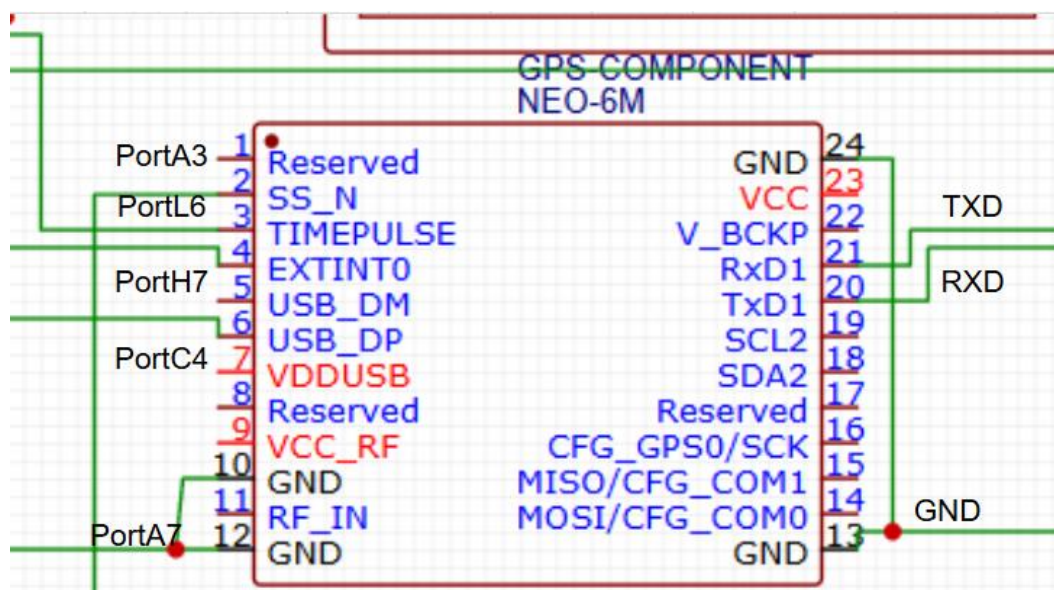


Рисунок 3.6 – Під'єднання GPS-модуля до мікроконтролера

Наступне підключення показано GSM-модуль на рисунку 3.7. Для обміну даними з мікроконтролером застосовується послідовний інтерфейс UART. Вихідний пін TXD GSM-модуля, через котрий модуль пересилає дані, з'єднаний із входом RX2 мікроконтролера Arduino. Разом з тим вхідний пін RXD, котрий відповідає за приймання даних модулем, підключений до виходу TX2 Arduino. Така конфігурація дозволяє Arduino взаємодіяти інформацією з GSM-модулем у двосторонньому режимі.

Щодо живлення, модуль SIM900A потребує стабільної напруги 4.0–4.2 В для звичайного функціонування. Це живлення подається через контакти VBAT, піни 55, 56 і 57, котрі паралельно з'єднані з виходом понижувального перетворювача MT3608. Цей конвертор отримує живлення від батареї у вигляді 3.7В і забезпечує стабільну вихідну напругу, необхідну для GSM-модуля. Додатково, пін VDD\_EXT, пін 14, GSM-модуля використовується як логічний референс для узгодження рівнів напруги між мікроконтролером і модулем, забезпечуючи безпечну взаємодію при передачі сигналів.

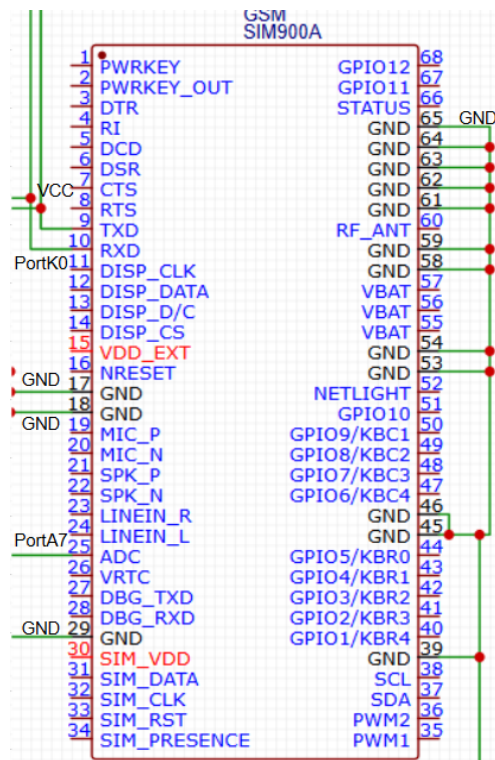


Рисунок 3.7 – Під'єднання GSM-модуля до мікроконтролера

Дисплей під'єднано до мікроконтролера в 4-бітному режимі. Це дозволяє зекономити кількість задіяних виводів, не обмежуючи функціональність дисплея. У цьому режимі обмін інформацією відбувається через чотири лінії: контакти D4–D7 дисплея з'єднані з відповідними портами PJ5–PJ2 Arduino. Отже, передача кожного байта інформації на дисплей розбивається на два цикли по 4 біти.

Додатково сигнальний пін RS, відповідальний за тип інформації, що передається, з'єднано з портом PJ7 Arduino. Пін E, який запускає процес зчитування даних з шин, підключений до порту PJ6. Контакт Read або Write дисплея заземлено, що означає роботу дисплея лише на запис: Arduino надсилає дані, але не отримує їх назад з дисплея, що є типовим для більшості подібних систем.

Живлення дисплея забезпечується через пін VDD, підключений до лінії 5V Arduino, а пін VSS з'єднаний із спільною землею. Підсвічування дисплея реалізовано через контакти LED+ та LED-. Це підключення зображено на рисунку 3.8.

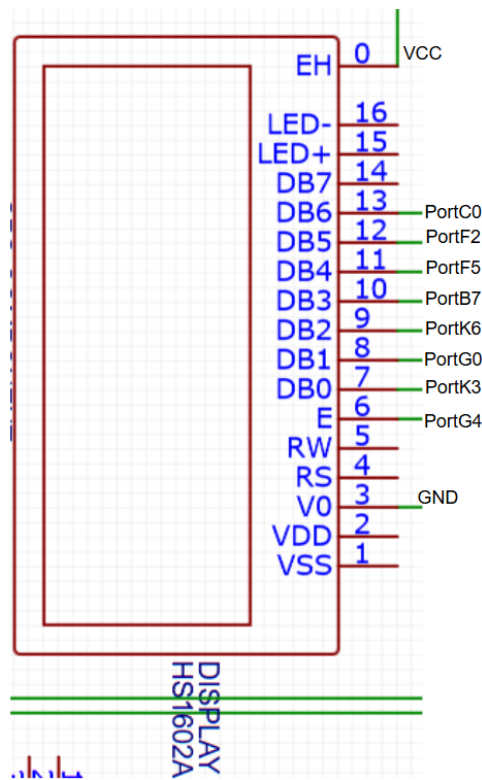


Рисунок 3.8 – Під'єднання LCD-дисплея до мікроконтролера

Вся система живиться від батареї, з'єднаної з понижуючим перетворювачем MT3608. Він забезпечує стабільну напругу для живлення GPS і GSM-модулів. Перетворювач має вхідні піни IN+ / IN-, що приймають живлення від батареї, та вихідні OUT+ / OUT-, з яких виходить стабілізована напруга для інших компонентів. Загальна земля всіх модулів з'єднана, що гарантує стабільну та безперебійну роботу системи, виключаючи помилки зв'язку.

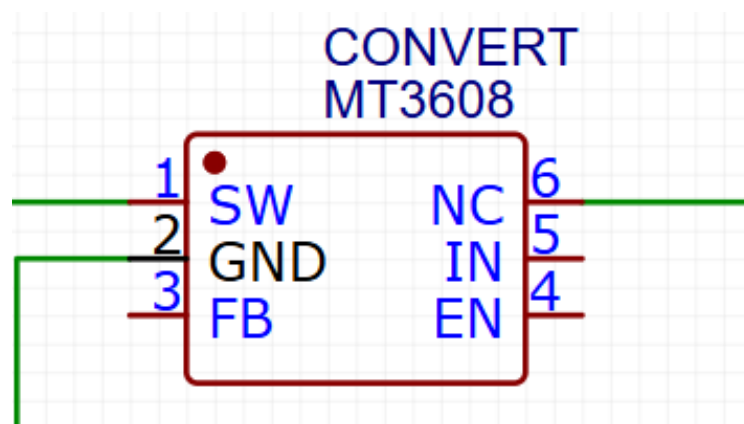


Рисунок 3.9 – Під'єднання конвертора напруги до мікроконтролера

На зображенні 3.10 представлено 3D-модель пристрою для відстеження транспортних засобів, змодельовану в спеціалізованому програмному середовищі для розробки електроніки. Основу пристрою складає мікроконтролер, позначений як Arduino, що виконує функції обробки даних, координування роботи модулів та керування логікою пристрою. Ліворуч від нього розташовано GPS-модуль, який відповідає за визначення координат у реальному часі. Далі можна побачити GSM-модуль, який призначений для передавання зібраної інформації через мобільну мережу на сервер чи інший пристрій.

У лівій частині плати змонтовано батарейний відсік BT1, який забезпечує автономне живлення системи. Також на платі знаходиться перетворювач напруги, що дозволяє підключеним компонентам функціонувати стабільно за різних обставин.

У верхній частині плати розміщено LCD-дисплей, який слугує для локального відображення поточних даних, таких як координати, стан з'єднання або інші службові сповіщення. Всі компоненти розміщено на загальній друкованій платі, щоб убезпечити систему від фізичних від'єднань та захистити всі елементи системи.

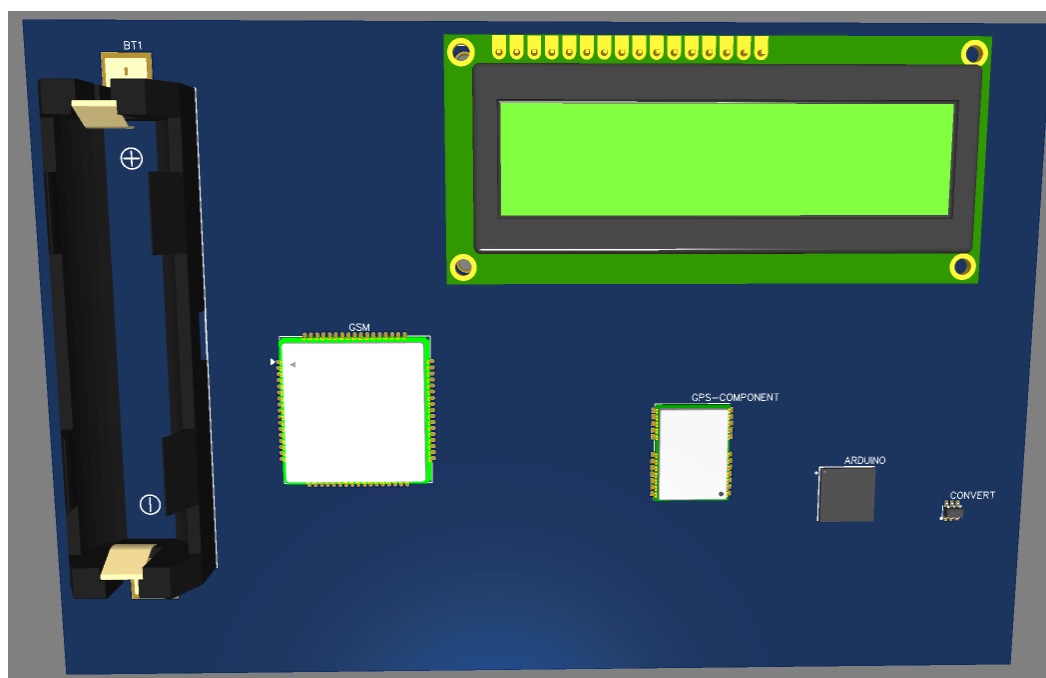


Рисунок 3.10 – 3-Д модель пристрою

Також, після виконання всіх необхідних дій з підключення та налаштування апаратної частини системи відстеження транспортних засобів, важливо забезпечити надійний захист електронних компонентів від зовнішніх впливів. Під час експлуатації пристрій може піддаватися дії вологи, пилу, перепадів температури, механічних ударів, вібрацій та інших чинників, які є звичними у транспортному середовищі. Для забезпечення стабільної та безперебійної роботи системи застосовується герметичний пластиковий корпус, який виконує водночас захисну, монтажну та ергономічну функцію.

Корпус дозволяє компактно розмістити всі внутрішні модулі, такі як мікроконтролер, GPS/GSM-модуль, блок живлення, сенсори, забезпечує захист від води та пилу, знижує ризик пошкодження контактів і плат унаслідок вібрацій або ударів, підтримує внутрішній мікроклімат, а також має спеціальні отвори або гермовводи для виведення живлення, антен. Зовнішній вигляд та розташування отворів корпусу представлено на малюнку 3.11.



Рисунок 3.11 – Пластиковий корпус

### 3.2 Тестування спроектованої системи відстеження транспортних засобів

Моделювання системи відстеження транспорту починається з підготовки усіх компонентів та підключення їх в середовищі симуляції, який повністю відтворює функціональність реального пристрою. Для цього були використані ті ж елементи, що входять до остаточної версії системи: мікроконтролер Arduino Mega, GPS-модуль, GSM-модуль, LCD-дисплей 16x2, макетна плата, з'єднувальні дроти, блок живлення 5V 1A та перетворювач напруги MT3608. Усі з'єднання було виконано згідно зі схемою, після чого почалася робота системи моделювання.

Під час тестування було також проведено окремий модульний аналіз на предмет стійкості живлення. Зокрема, перевіряли стабільність подачі 5 V під час одночасного спрацьовування GPS- і GSM-модулів, моделюючи пікові навантаження та короточасні провали напруги. Було підтверджено, що використання конвертора MT3608 з достатнім запасом по вихідному струму у 2 A гарантує відсутність переривань живлення навіть при пікових струмах під час відправлення SMS і одночасному оновленні координат.

Після включення живлення модуль GPS запускається відразу і автоматично відправляє запит на отримання координат. Після стабільного прийому супутникового сигналу модуль GPS надсилає дані широти та довготи на мікроконтролер. Отримані координати обробляються в коді мікроконтролера і виводяться на РК-дисплей: перший рядок – широта, другий – довгота. Це перевіряє правильність збору, обробки та відображення даних.

Наступний крок - перевірка GSM модуля. Після генерації SMS, що містить координати, мікроконтролер передає його на GSM-модуль, який потім виконує команду відправити SMS назад на номер телефону. Через кілька секунд тестовий пристрій отримав повідомлення з точним місцем розташування, яке підтверджує, що як апаратна, так і програмна логіка функціонують правильно.

Розглянемо процес детальніше. Запуск симуляції системи відстеження автотранспорту почався з налаштування всіх модулів. Після ввімкнення живлення

мікроконтролер миттєво активував GPS-модуль, який автоматично сформував запит на визначення координат. За декілька секунд, як модуль упіймав супутники, він передав актуальні дані про місцезнаходження, зокрема широту та довготу. Мікроконтролер прийняв ці дані через послідовний порт, обробив їх та відібрав тільки потрібну інформацію для показу.

Далі координати було виведено на LCD дисплей 16x2. Незважаючи на обмежену кількість знаків, мікроконтролеру вдалося стисло показати значення широти на першому рядку, а довготи - на другому. Це дало змогу оператору відразу бачити поточне місцезнаходження транспортного засобу. Варто відзначити, що екран оновлювався автоматично після кожного нового пакету даних від GPS-модуля, забезпечуючи актуальність інформації у режимі реального часу.

На рисунку 3.12 можемо побачити симуляцію роботи пристрою, автоматичне виведення координат місцезнаходження пристрою на GPS-модулі та програмне виведення цих даних на LCD-дисплей.

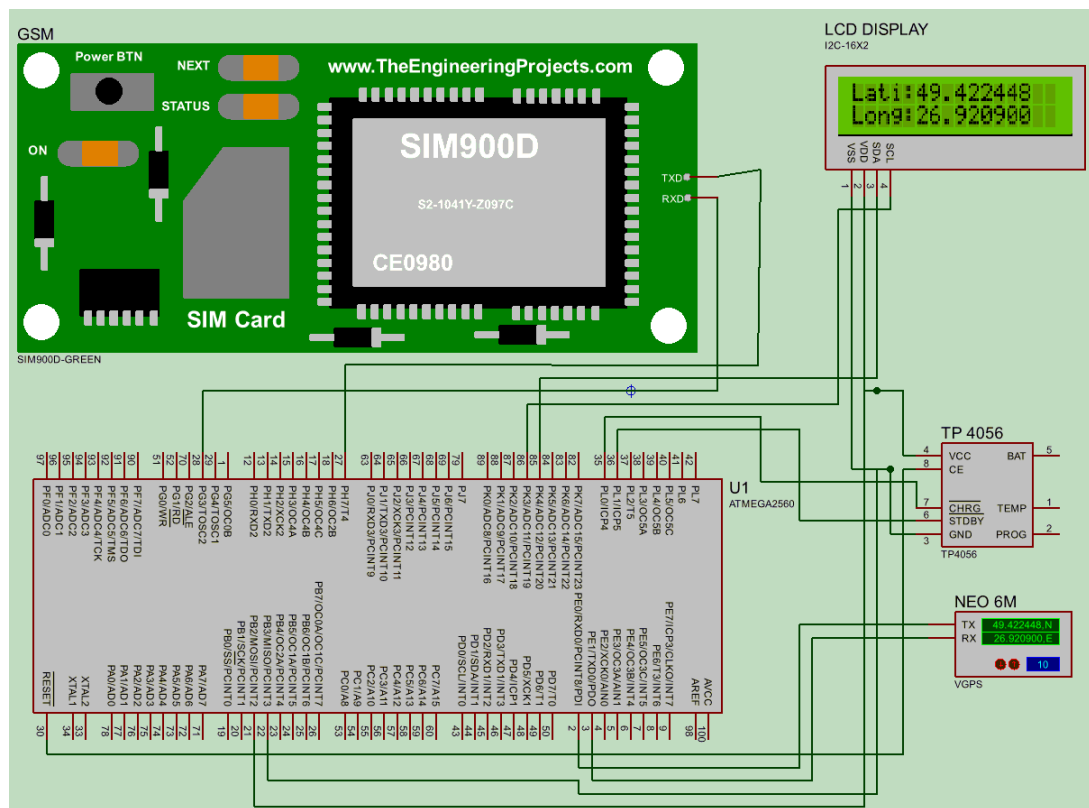


Рисунок 3.12 – Симуляція пристрою

Після успішного виведення координат на екрані, система перейшла до наступного етапу - формування текстового повідомлення за допомогою GSM-модуля. Мікроконтролер склав SMS, яка містила координати у форматі, зручному для перегляду на мобільному телефоні. Далі GSM-модуль виконав команду на відправлення цього повідомлення на заздалегідь визначений номер телефону. За кілька секунд на вказаний пристрій надійшло SMS із точним місцем розташування транспортного засобу, що підтвердило справність всієї системи. На рисунку 3.13 бачимо відправку повідомлень на телефон через SMS.

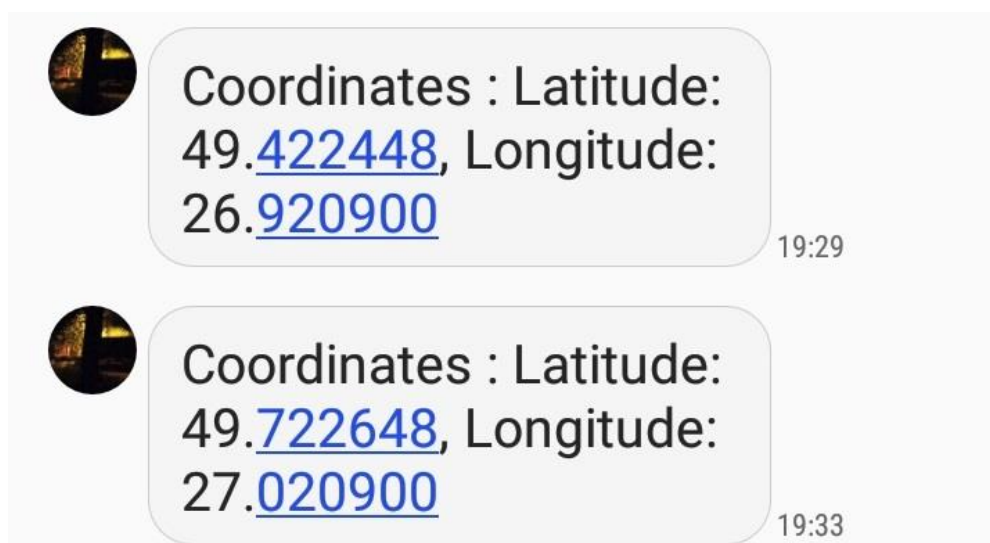


Рисунок 3.13 – Відправка повідомлення

Симуляцію завершили перевіркою кожного етапу: від отримання GPS-координат та їхнього відображення на дисплеї до успішного надсилання повідомлення. На рисунку 3.13 можемо побачити виведену інформацію, щодо процесу надсилання SMS повідомлення в програмі. Підтверджено бездоганне функціонування взаємодії між модулями, а також відсутність критичних збоїв у логіці обміну інформацією. Значну увагу було приділено затримкам у часі між командами, що гарантувало стабільну передачу координат. Результати симуляцій демонструють відповідність очікуваним сценаріям роботи системи в реальних умовах. Це вказує на готовність пристрою до переходу до наступних фаз тестування на фізичному обладнанні.

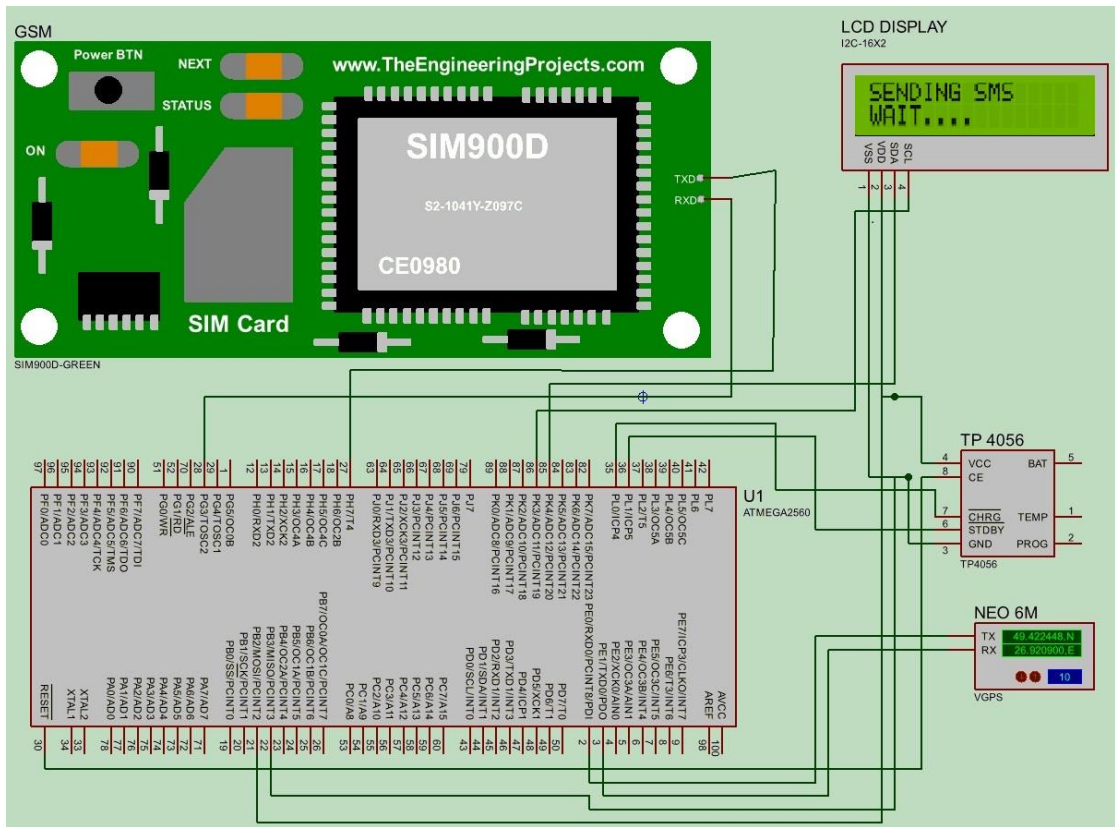


Рисунок 3.14 – Симуляція пристрою

Усі функції спрацювали злагоджено, без помилок, що засвідчило готовність системи до роботи в реальних умовах для відстеження розташування транспорту. Під час емуляції в Proteus окремо протестували саме взаємодію між апаратним UART GPS і GSM без фізичного підключення: використано віртуальні термінали для генерації NMEA-рядків і одночасного відстеження відповідей AT-команд. Це дозволило виявити та виправити ситуацію, коли програмна затримка між командами була недостатньою, через що SIM900 інколи не встигав обробити запит. Після коригування delay() для AT+CMGF і AT+CMGS в коді було досягнуто стабільного обміну без пропусків.

### 3.3. Висновки до третього розділу

В розділі детально описано програмно-технічний засіб, створений на основі мікроконтролера Arduino Mega. Головний акцент зроблено на алгоритмі, який керує взаємодією між GPS-модулем, GSM-модулем та LCD-дисплеєм. Програмне

забезпечення написане мовою C у середовищі Arduino IDE, що значно полегшує процес розробки та налагодження. Після увімкнення живлення система проходить етап ініціалізації, під час якого контролер перевіряє стан підключених модулів та налаштовує їх на роботу. Послідовна логіка дій забезпечує безперебійну роботу та стабільне функціонування основних завдань таких як отримання GPS-координат, їх виведення на екран та відправлення через GSM-модуль.

Використання бібліотеки TinyGPS++ спрощує процес обробки NMEA-даних, що дозволяє швидко отримати значення широти та довготи. Отримані дані проходять перевірку на відповідність, і лише після цього передаються іншим блокам. Велике значення має обробка помилок: якщо сигнал або мережа відсутні, система робить повторні спроби, а також сповіщає користувача через дисплей чи індикатори. У випадку стабільної роботи координати передаються за допомогою AT-команд до модуля SIM900, який відправляє SMS-повідомлення.

За умов бездіяльності, система переходить у режим низької активності, коли немає руху або зміни координат. Це значно збільшує час автономної роботи пристрою. Програмна архітектура поділена на три функціональні блоки: зчитування координат, відображення на дисплеї та передача даних. Така модульність забезпечує гнучкість для подальших змін. Також було досліджено використання портів UART, PWM, I2C, SPI та аналогових входів, які активно використовуються для підключення периферійних пристроїв.

## ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було створено прототип системи визначення координат об'єкта та передачі їх за допомогою мобільного зв'язку.

У першому розділі проведено аналіз технології супутникової навігації. Вивчаються основні принципи роботи GPS, особливості її застосування в різних галузях промисловості та аналогічних системах в інших країнах. Порівняно функції сучасних систем стеження, як вони інтегровані в транспорт, пояснено переваги їх використання. Крім того, обговорюється застосування Інтернету речей у сфері моніторингу та безпеки. Підсумовано затребуваність сучасних GPS-рішень та їх здатність адаптуватися до різних умов.

У другому розділі проведено визначення технічних параметрів майбутнього пристрою. Відібрано компоненти, які найкраще відповідають критеріям ефективності виробництва, енергозбереження та легкої інтеграції з Arduino. Сформульовано чіткі функціональні вимоги: визначення координат, відображення координат на екрані та передача координат через GSM. Крім того, було описано живлення пристрою та його здатність тривалий час працювати в автономному режимі. Ми зробили акцент на сумісності компонентів, надійності та простоті збірки. На основі аналізу була зібрана повноцінна апаратна частина, яка може виконувати всі необхідні функції.

У третьому розділі проведено програмування програмно-технічного пристрою та тестування системи в симуляції. Код був написаний, щоб дозволити мікроконтролеру отримувати дані GPS, відображати їх на дисплеї та передавати через мобільний модуль. Якщо операція проходить успішно, дані надсилаються користувачеві у вигляді текстового повідомлення. Система може переходити в сплячий режим, коли немає активності, що допомагає економити заряд акумулятора. Структура програми розділена на кілька незалежних модулів, щоб полегшити подальше вдосконалення або оновлення.

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Історія першого супутника та системи GPS координат. URL: <https://probapera.org/publication/13/55805/doslidzhennya-til-sonyachnoji-systemy.html> (дата звернення: 20.04.2025)
2. Розуміння каскадної трилатерації за допомогою супутників. URL: [https://www.eatingpolicy.com/p/understanding-the-cascade-of-rigidity?utm\\_campaign=post&utm\\_medium=web](https://www.eatingpolicy.com/p/understanding-the-cascade-of-rigidity?utm_campaign=post&utm_medium=web) (дата звернення: 22.04.2025)
3. Які можливості та як використовувати додаток Dozor City. URL: <https://dozor.tech/download> (дата звернення: 21.04.2025)
4. Про компанію Bolt та їх застосунок. URL: <https://adsider.com/ua/u-2021-rotsi-vy-pobachyte-velyku-ekspansiiu-vsikh-servisiv-bolt-v-ukraini/> (дата звернення: 23.04.2025)
5. Зображення інтерфейсу додатку Moovit. URL: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=452385113785805&id=100070429601347&set=a.286848583672793> (дата звернення: 20.04.2025)
6. Як працює система визначення координат ГЛОНАСС. Режим доступу: URL: <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/gnss-constellations/glonass> (дата звернення: 20.04.2025)
7. Що таке система визначення координат Галілео та як вона працює. URL: [https://www.esa.int/Applications/Satellite\\_navigation/Galileo/What\\_is\\_Galileo](https://www.esa.int/Applications/Satellite_navigation/Galileo/What_is_Galileo) (дата звернення: 24.04.2025)
8. Система розшуку викрадених автомобілів LoJack. URL: <https://www.amazon.com/Subscription-Professional-Installation-Integrated-Enforcement/dp/B0C75Z5M8R?th=1> (дата звернення: 27.04.2025)
9. Що таке GPS Jamming та Spoofing і як їм протистояти. URL: <https://dzudzylo.com/tsikavo/shcho-take-gps-jamming-ta-spoofing-ta-iak-im-protystoiaty.html> (дата звернення: 28.04.2025)
10. Що таке IoT в логістиці? URL: <https://ua.kapoklogcn.com/info/what-it-is-iot-in-logistics-99045836.html> (дата звернення: 29.04.2025)

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. IoT в автомобільній промисловості: за межами інформаційно-розважальних засобів для водіїв. URL: <https://pnn.com.ua/ua/blog/detail/iot-in-the-automotive-industry-beyond-infotainment-for-drivers> (дата звернення: 28.04.2025)

12. Рішення для GPS відстеження транспортних засобів. URL: <https://lingo.com.ua/solutions/tracking-solutions/> (дата звернення: 27.04.2025)

13. Як працює послуга gps моніторингу? URL: <https://www.avls.com.ua/index.php/stati/25-kak-rabotaet-usluga-gps-monitoringa> (дата звернення: 28.04.2025)

14. GPS обладнання та моніторинг транспорту. URL: <https://monitoring-gps.com.ua/gps-obladnannya/?srsltid=AfmBOopcwO1TygHXoXmbXEj5xEjUuXc5bXxjpiZTLQeuszWCzEXqOlm-> (дата звернення: 29.04.2025)

15. Історія GPS моніторингу. URL: <https://www.cartrack.pl/history-gps-tracking?page=2%2C> (дата звернення: 27.04.2025)

16. 25 років GPS: як супутникові навігатори змінили наше життя. URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/science/2014/02/140215\\_gps\\_25th\\_anniversary\\_ag](https://www.bbc.com/ukrainian/science/2014/02/140215_gps_25th_anniversary_ag) (дата звернення: 29.04.2025)

17. Навігація у смартфоні: глобальні системи супутникової навігації GPS, ГЛОНАСС, Galileo та Beidou. URL: <https://ek.ua/ua/post/4850/230-navigaciya-v-smartfone-globalnye-sistemy-sputnikovoy-navigacii-gps-glonass-galileo-i-beidou/> (дата звернення: 26.04.2025)

18. Що таке GPS-моніторинг транспорту і навіщо він потрібний? URL: <https://legion-security.com.ua/ua/shho-take-gps-monitoring-transportu-i-navishho-vin-potribnij/> (дата звернення: 29.04.2025)

19. Система відстеження транспортних засобів на основі IoT. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/1877456> (дата звернення: 12.05.2025)

20. Інтернет речей у транспорті та логістиці. URL: <https://pandateam.net.ua/razrabotka-itl/> (дата звернення: 14.05.2025)

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Про додаток Moovit. URL: <https://moovit.com/about-us/> (дата звернення: 11.05.2025)
22. Чому Dozor City у Хмельницькому дає збої. URL: <https://ye.ua/sypilstvo/49465-Chomu-Dozor-City-u-Hmelnickomu-daye-zboyi.html> (дата звернення: 1.05.2025)
23. GPS-моніторинг громадського транспорту від Dozor. URL: <https://dozor.tech/service/gps-monitoryng-gromadskogo-transportu> (дата звернення: 12.05.2025)
24. GPS-моніторинг вантажного транспорту від Dozor: URL: <https://dozor.tech/service/gps-monitorynh-vantazhnoho-transportu> (дата звернення: 12.05.2025)
25. Arduino. Arduino Mega 2560 Rev3. URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> (дата звернення: 14.05.2025)
26. u-blox. NEO-6 Data Sheet. URL: [https://content.u-blox.com/sites/default/files/NEO-6\\_DataSheet\\_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf](https://content.u-blox.com/sites/default/files/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf) (дата звернення: 15.05.2025)
27. SIMCom. SIM900A Hardware Design. URL: <https://www.electronicwings.com/nodemcu/sim900a-gsm-module> (дата звернення: 18.05.2025)
28. SIMCom. SIM900 AT Commands Set V1.11. URL: [https://www.electronicwings.com/download/SIM900\\_AT\\_Commands.pdf](https://www.electronicwings.com/download/SIM900_AT_Commands.pdf) (дата звернення: 19.05.2025)
29. GPS-трекери для електросамокатів. URL: <https://gpsavto.com.ua/gps-trekeri/gps-trekeri-dlja-elektrosamokativ/> (дата звернення: 14.05.2025)
30. Li-pol акумулятор 10000 мА·год 3.7V з платою захисту. URL: <https://voron.ua/uk/catalog/043971--li-pol-akkumulyator-1160100p-10000-mach-37v-s-platoy-zashchity> (дата звернення: 11.05.2025)

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. LCD дисплей 1602 з зеленою підсвіткою. URL: <https://ardushop.in.ua/arduino/lcd-display-1602-hd44780-with-green-backlight> (дата звернення: 10.05.2025)

32. USSD сервіс для абонентів Київстар. URL: <https://kyivstar.ua/business/mobile/services/ussd> (дата звернення: 11.05.2025)

33. Introduction to ATmega16 – The Engineering Projects. URL: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-atmega16.html> (дата звернення: 18.05.2025)

34. Технічна документація на Arduino Mega2560. URL: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mega2560> (дата звернення: 19.05.2025)

35. Система стеження на базі Arduino з використанням GPS та GSM. URL: <https://www.ijarnd.com/manuscript/arduino-based-tracking-system-using-gps-and-gsm/> (дата звернення: 18.05.2025)

36. Розумна система моніторингу та відстеження стану здоров'я в реальному часі з використанням технологій GSM/GPS. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7460394> (дата звернення: 17.05.2025)

37. Розробка та впровадження системи моніторингу транспортних засобів з використанням GPS/GSM/GPRS технологій та додатку для смартфонів. URL: [https://www.researchgate.net/publication/269309084\\_Design\\_and\\_implementation\\_of\\_vehicle\\_tracking\\_system\\_using\\_GPSGSMGPRS\\_technology\\_and\\_smartphone\\_application](https://www.researchgate.net/publication/269309084_Design_and_implementation_of_vehicle_tracking_system_using_GPSGSMGPRS_technology_and_smartphone_application) (дата звернення: 19.05.2025)

38. Система стеження за шкільним автобусом на Arduino. URL: [https://www.academia.edu/37777138/Vehicle\\_Tracking\\_System\\_for\\_School\\_Bus\\_by\\_Arduino](https://www.academia.edu/37777138/Vehicle_Tracking_System_for_School_Bus_by_Arduino) (дата звернення: 17.05.2025)

39. TinyGPS++ Arduino Library. URL: <http://arduiniana.org/libraries/tinygpsplus/> (дата звернення: 15.05.2025)

					КВРКІ. 210126.21.01.11 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Використання команд 3GPP AT для GSM модемів. URL: <https://www.cavliwireless.com/blog/nerdiest-of-things/an-introduction-to-cellular-at-commands> (дата звернення: 18.05.2025)

41. Аналіз та розробка мобільної криміналістичної програмної системи на основі AT-команд. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4810559> (дата звернення: 19.05.2025)

42. Система відстеження транспортних засобів на базі Android. URL: [https://www.researchgate.net/publication/324451272\\_Android\\_based\\_vehicle\\_tracking\\_system](https://www.researchgate.net/publication/324451272_Android_based_vehicle_tracking_system) (дата звернення: 18.05.2025)

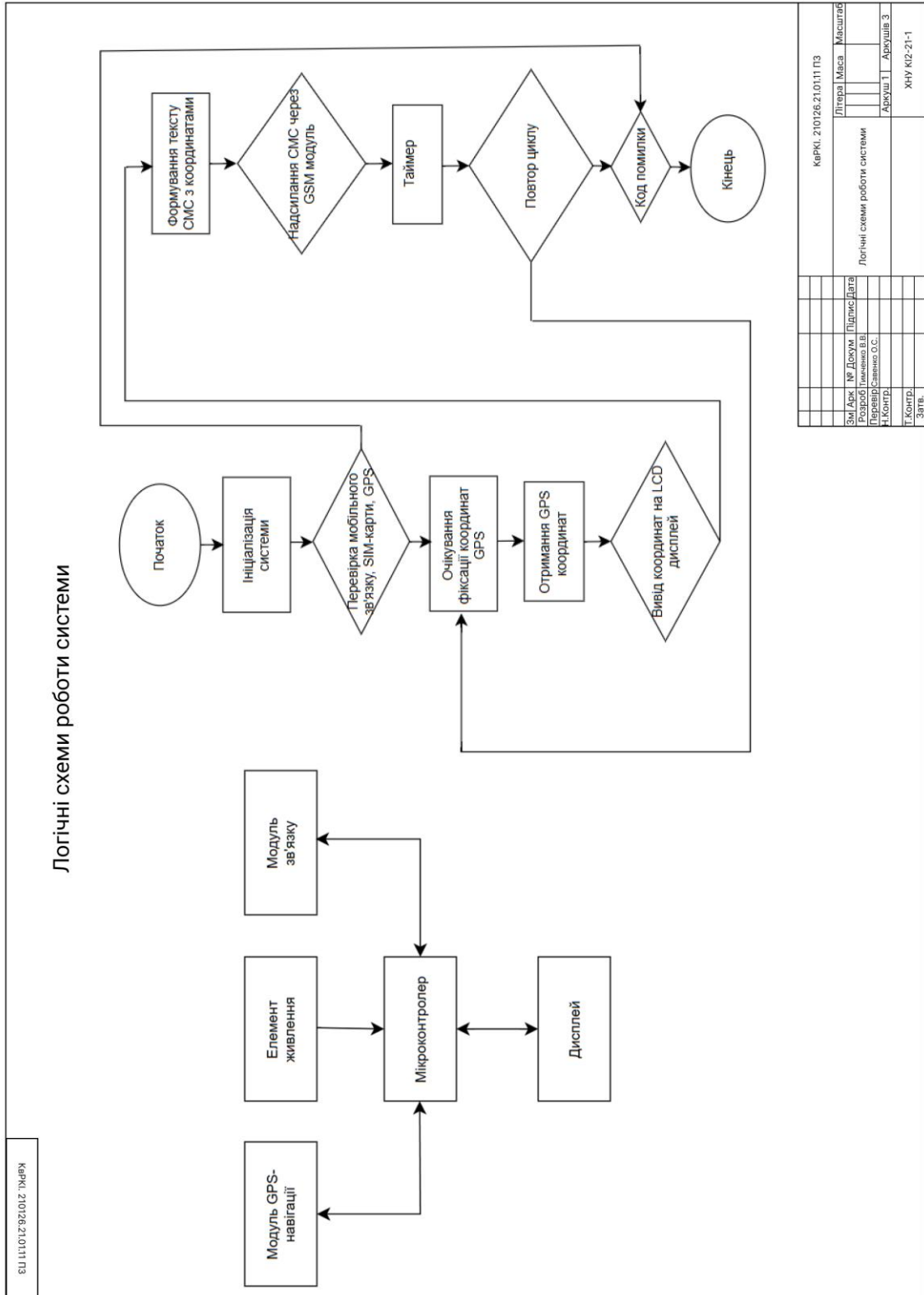
43. Мікроконтролерна плата STM32F103C6T6. URL: <https://myproject.com.ua/stm32f103c8t6-plata-rozrobnika-ua.html> (дата звернення: 28.04.2025)

44. Зображення модуля зарядки TP4056. URL: <https://inmaks.net/ua/p255749768-modul-zaryada-micro.html> (дата звернення: 23.05.2025)

45. Зображення конвертора MT3608. URL: <https://myproject.com.ua/mt3608-pidvischujuchij-regulovanij-dc-dc-modul-ua.html> (дата звернення: 17.05.2025)

**Додаток А**  
(обов'язковий)

**КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «ЛОГІЧНІ СХЕМИ РОБОТИ СИСТЕМИ»**



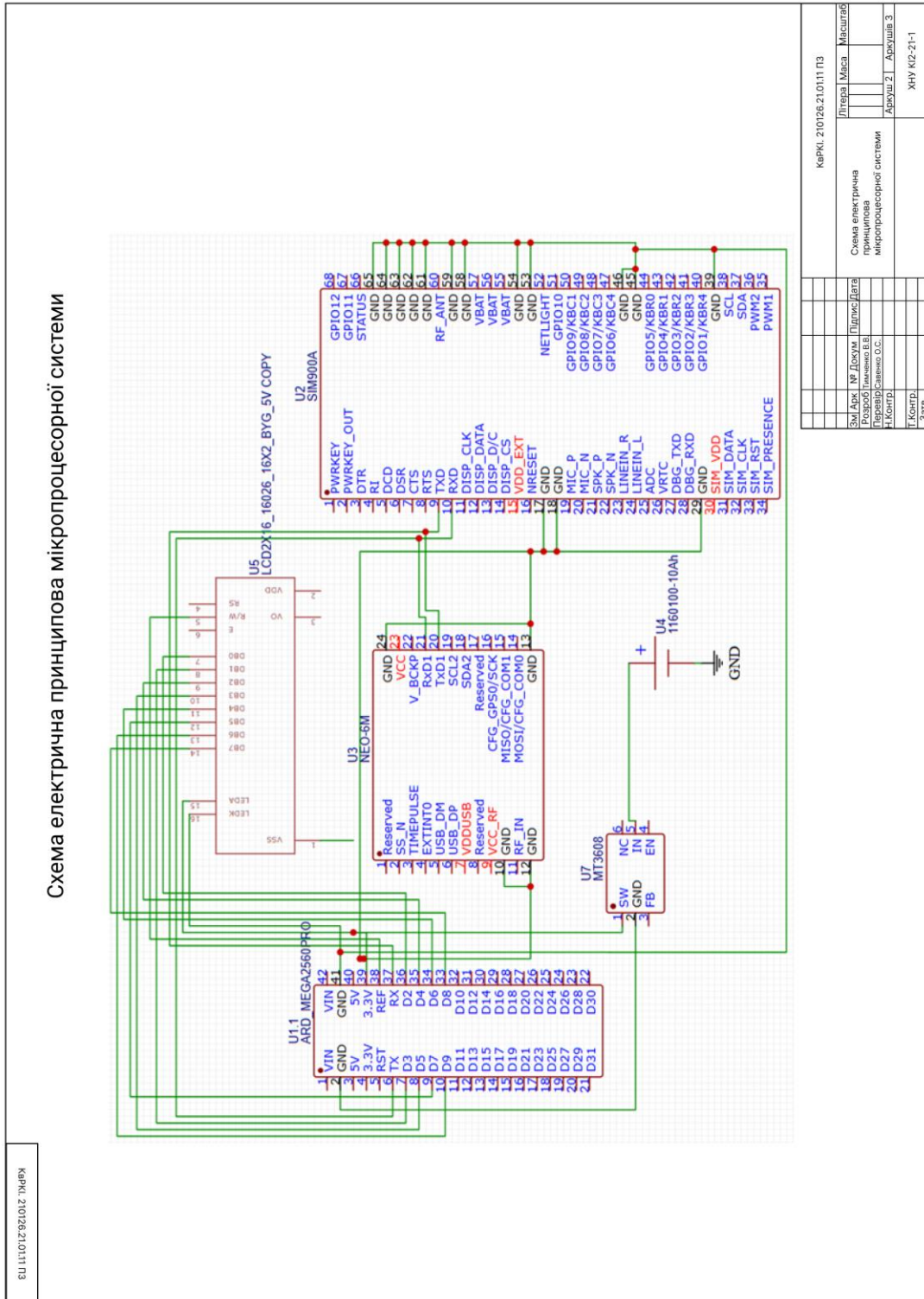
Картка 210726.21.01.11 ПЗ

Картка 210726.21.01.11 ПЗ			
Літера	Маса	Місцях	
Вм. Аку.	№ Докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ім'я	Логічні схеми роботи системи	
Перевір.	Сторона	Аркуш 1	Аркуш 3
Н.Контр.		ЖНУ КІЗ-21-1	
Т.Контр.		Затв.	

## Додаток Б (обов'язковий)

# КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ»

Схема електрична принципова мікропроцесорної системи



Картка: 210126.21.0111 ПЗ

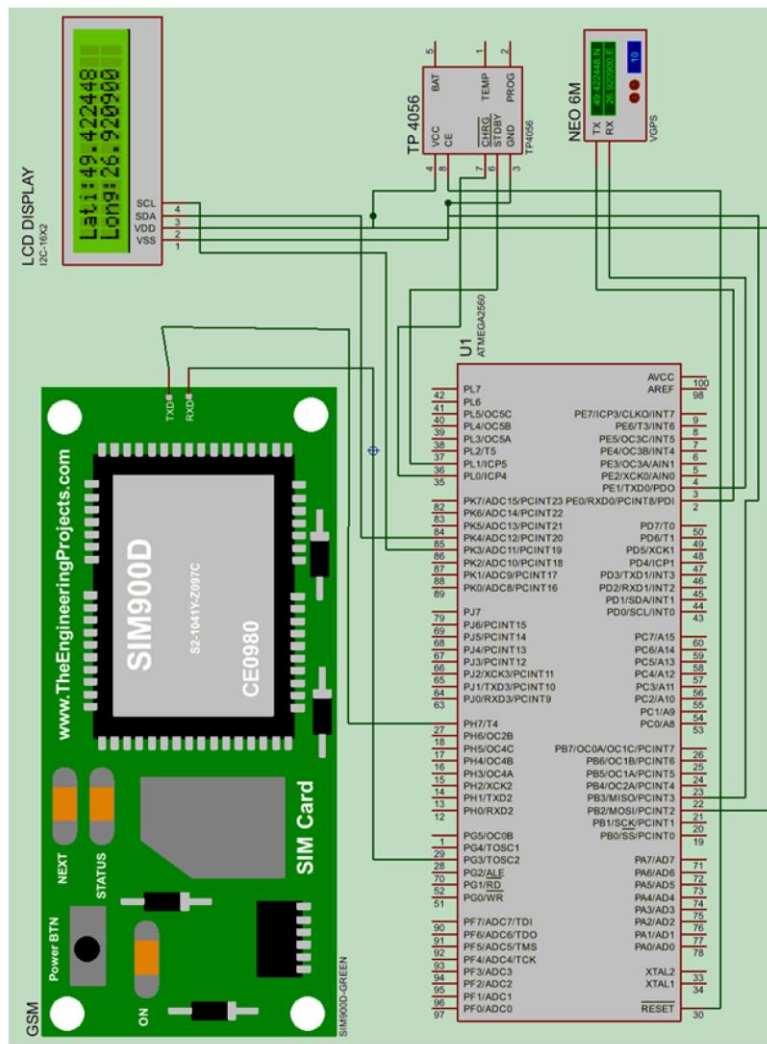
Картка: 210126.21.0111 ПЗ	Літера	Масштаб
Схема електрична принципова мікропроцесорної системи	Архив 2	Архив 3
ХНУ КІЗ-21-1	Затв.	

Зм. Арк.	№ Докум.	Підпис/Дата
Розроб	Головно вв	
Перевір	Законод. С.	
І. Контр.		
Затв.		

## Додаток В (обов'язковий)

### КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ»

Апаратне забезпечення проєкту



КвРКІ. 210126.210111 ПЗ

КвРКІ. 210126.210111 ПЗ			
Зм. Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
Апаратне забезпечення проєкту			
Проект	Помічено в ВВ		
Ілюстрація	Ілюстрація		
І.Контр.	Архив 3	Архив 3	Архив 3
Т.Контр.			
Завтв.			
			ХНУ МІЗ-21-1

## Додаток Г (обов'язковий)

### КОД ПРОГРАМИ

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>

TinyGPSPlus gps;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
unsigned long lastGPSTime = 0;
String lastLatitude = "";
String lastLongitude = "";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600); // GPS (UART1)
  Serial2.begin(9600); // GSM (UART2)
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("System Init...");
  delay(2000);
}

void saveCoordinates(float lat, float lon) {
  EEPROM.put(0, lat);
  EEPROM.put(4, lon);
}

void loop() {
  while (Serial1.available()) {
    char c = Serial1.read();
```

```

        gps.encode(c);
    }

    if (gps.location.isUpdated()) {
        lastGPSTime = millis();

        double latitude = gps.location.lat();
        double longitude = gps.location.lng();

        lastLatitude = String(latitude, 6);
        lastLongitude = String(longitude, 6);
        saveCoordinates(latitude, longitude);

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Lat:");
        lcd.print(latitude, 2);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Lon:");
        lcd.print(longitude, 2);

        if (gps.location.isValid()) {
            String message = "Coordinates : Latitude: " + lastLatitude
+ ", Longitude: " + lastLongitude;
            sendSMS(message);
        }
    }

    void sendSMS(String message) {
        if (message.length() > 160) {
            message = "[ERROR] Message too long.";
        }
    }

    for (int attempt = 0; attempt < 3; attempt++) {
        Serial2.println("AT");
        if (waitForResponse("OK", 10000)) {

```

```

        lcd.print("Sending SMS, wait");
        Serial2.println("AT+CMGF=1");
        delay(500);
        Serial2.println("AT+CMGS=\"+380977873437\"");
        delay(500);
        Serial2.print(message);
        delay(500);
        Serial2.write(26); // Ctrl+Z
        delay(5000);
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("SMS sent");
        return;
    } else {
        delay(attempt == 0 ? 20000 : 50000);
    }
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("SMS failed");
}

```

```

bool waitForResponse(String expected, int timeout) {
    unsigned long start = millis();
    String response = "";

    while (millis() - start < timeout) {
        while (Serial2.available()) {
            char c = Serial2.read();
            response += c;
            if (response.indexOf(expected) != -1) {
                return true;
            }
        }
    }

    return false;
}

```

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Владислав ТИМЧЕНКО

**Співавтор:**

**Назва:** Тимченко\_Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 3.1%

**Коефіцієнт подібності 2:** 0.6%

**Мікропробіли:** 7

**Заміна букв:** 0

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-11 11:08:34.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

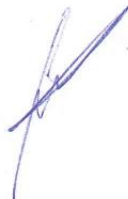
Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-11

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

## Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 6.0%**

**Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 10%**

ID: 244924 Title: БКР Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT Added in a DB: 2025-06-11 Authors: Владислав ТИМЧЕНКО Heads: Олег САВЕНКО Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	79944	643	5548 (7%)	47 (7%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Тимченко Владислав Валерійович

Тема: Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області, пов'язаної з системами моніторингу та відстеження транспортних засобів із застосуванням технологій Інтернету речей (IoT).

У другому розділі кваліфікаційної роботи виконано моделювання та проектування системи відстеження транспортних засобів. Сформовано архітектуру системи, обрано та обґрунтовано компоненти IoT-пристрою, такі як GPS-модуль, мікроконтролер, модуль зв'язку, розроблено алгоритм збору, обробки та передачі даних. Створено блок-схему алгоритму функціонування системи, описано логіку обміну даними та структуру пакету даних для передачі.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратну реалізацію системи, а саме: зібрано макет пристрою на базі мікроконтролера з підключеним GPS-модулем та модулем передачі даних; реалізовано прошивку мікроконтролера для періодичного визначення координат та їх відправлення; змодельовано роботу пристрою в середовищі Arduino IDE; здійснено тестування та валідацію отриманих даних через онлайн-платформу для візуалізації маршруту транспортного засобу.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага моделюванню схеми пристрою в середовищі EasyEDA.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.


7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Олександр  
Олександр Тригорівський, к. тех. наук, доц. кадр ІПЗ,  
УКУ

"16" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Владислава ТИМЧЕНКА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

10.06 2025 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованою системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система відстеження транспортних засобів з пристроями IoT

Автор: Владислав ТИМЧЕНКО

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Олег САВЕНКО, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення наведено у розділах, присвячених аналізу існуючих аналогів і прототипів, які не містять опису власного дослідження та не пов'язані з результатами роботи;
- 2) усі запозичення є фрагментарними або супроводжуються належним чином оформленими посиланнями;
- 3) деякі виявлені збіги становлять загальноживані фрази чи вирази, що підтверджується посиланням системи на відповідність одній фразі з 10–40 джерел;
- 4) усі виявлені системою ознаки зміни тексту стосуються лише поєднання латинських символів з україномовними скороченнями індексів у формулах, що не є зміною змісту тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 3.15%; та системою Anti-Plagiarism складає 6%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

Олег САВЕНКО

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА