

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

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій**

**Індивідуальний дослідницький проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Інтегровані інформаційні системи»
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Система сповіщення про викрадення транспортного засобу.
Підсистема відстеження»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи ІА-81

Грицишин Дмитро Олександрович _____

Керівник:

Асистент кафедри ІСТ,

Бердник Юрій Михайлович _____

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

Студент _____

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інтегровані інформаційні системи»

ЗАВДАННЯ

на індивідуальний дослідницький проєкт студенту
Грицишину Дмитру Олександровичу

1. Тема проєкту «Система сповіщення про викрадення транспортного засобу. Підсистема відстеження», керівник проєкту Бердник Юрій Михайлович.
2. Термін подання студентом проєкту: 15 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту: надання можливості відстеження транспортного засобу в реальному часі; можливість обирати спосіб передачі координат; забезпечення енергоефективності підсистеми.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області та існуючих рішень, розроблення структурної та функціональної схеми підсистеми, розроблення загального алгоритму функціонування підсистеми, вибір окремих компонентів підсистеми, розроблення електричної принципової.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема структурна, схема функціональна, загальний алгоритм функціонування, схема електрична принципова.
6. Дата видачі завдання 1 грудня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	07.04.2022	
2	Аналіз методів та засобів відстеження транспортних засобів	30.04.2022	
3	Розроблення структурної та функціональної схем підсистеми відстеження транспортних засобів	10.05.2022	
4	Вибір окремих компонентів підсистеми	15.05.2022	
5	Розроблення схеми електричної принципової підсистеми відстеження транспортних засобів	20.05.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2022	
9	Подача готового проєкту до захисту	15.06.2022	

Студент

Дмитро ГРИЦИШИН

Керівник

Юрій БЕРДНИК

АНОТАЦІЯ

Грицишин Д.О. Система сповіщення про викрадення транспортного засобу. Підсистема відстеження. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2022.

Проект містить 62 сторінку тексту, 22 рисунки, 8 таблиць, 22 посилання на літературні джерела, 4 конструкторські документи.

Ключові слова: мікроконтролер, система відстеження, викрадення, датчики, Bluetooth, GPS, GNSS, сповіщення, безпека.

Об'єктом дослідження є процес відстеження транспортного засобу в режимі реального часу. Предметом - підсистема відстеження.

Мета роботи: спрощення відстеження транспортного засобу для запобігання його викраденню, або його відстеження в разі виникнення такого.

У дипломному проєкті було розроблено структурну схему, функціональну схему, електричну принципову схему, алгоритм роботи програми, досліджені аналоги на ринку серед виробників, спроектовано систему відстеження транспортного засобу, в основі системи стоїть модуль SIM868, який керує приймачем GPS сигналу та Bluetooth і GSM передавачами.

Отримані результати роботи можуть бути корисними в наданні користувачеві інформації про місце розташування транспортного засобу в режимі «онлайн» з використанням смартфона чи комп'ютера користувача.

SUMMARY

Hrytsyshyn D.O. Vehicle theft alert system. Tracking subsystem. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2022.

The project contains 62 pages of text, 22 figures, 8 tables, links to 22 literary sources, annexes and 4 design documents.

Keywords: microcontroller, tracking system, theft, sensors, Wi-Fi, GPS, device layout.

The object of the study is the process of vehicle tracking in real time. Subject - tracking subsystem. The purpose of the development is to simplify the tracking of a vehicle to prevent its theft, or its tracking in the event of such.

The graduation project developed a block diagram, functional diagram, electrical circuit diagram, algorithm of the program, researched analogues in the market among manufacturers, designed a model of vehicle tracking system, based on SIM868 microcontroller, which controls GPS receiver and Bluetooth and GSM transmitters.

The results obtained can be useful in providing the user with information about the location of the vehicle in the «Online» mode using a smartphone or computer of the user.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер екзем.	Примітка
1			Документація загальна			
2						
3			Знову розроблена			
4						
5	A4	IA81.070БАК.003 ПЗ	Пояснювальна записка	62		
6	A3	IA81.070БАК.003 Э1	Система сповіщення про	1		
7			викрадення транспортного			
8			засобу. Підсистема відстеже-			
9			ння. Схема структурна			
10	A3	IA81.070БАК.003 Э2	Система сповіщення про	1		
11			викрадення транспортного			
12			засобу. Підсистема відстеже-			
13			ння. Схема функціональна			
14	A2	IA81.070БАК.003 Э3	Система сповіщення про	1		
15			викрадення транспортного			
16			засобу. Підсистема відстеже-			
17			ння. Схема електрична			
18			принципова			
19	A3	IA81.070БАК.003 Д1	Система сповіщення про	1		
20			викрадення транспортного			
21			засобу. Підсистема відстеже-			
22			ння. Загальний алгоритм			
23			функціонування підсистеми			
24						
25						
26						
27						
28						

				IA81.070БАК.003 ТП			
Арку	Аркуш	№ докум.	Підпис				
Розроб.	Грицишин Д.О.			Система сповіщення про викрадення транспортного засобу. Підсистема відстеження	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Бердник Ю.М.				Т	1	1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІА-81		
Затв.							

Пояснювальна записка
до індивідуального дослідницького проєкту
на тему: «Система сповіщення про викрадення
транспортного засобу. Підсистема відстеження»

Київ – 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	6
1.1 Аналіз методів відстеження транспортних засобів	6
1.1.1 Відстеження за допомогою GPS трекера.....	6
1.1.2 Online та offline системи моніторингу розташування	8
1.2 Аналіз систем відстеження транспортних засобів представлених на ринку.....	10
1.2.1 Пристрій Galaxy SmartTag	11
1.2.2 Пристрій Baseus Intelligent T2	11
1.2.3 Пристрій Apple AirTag	12
1.3 Порівняльний аналіз розглянутих систем відстеження	13
Висновки до розділу 1	15
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ПІДСИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	17
2.1 Розроблення та опис структурної схеми.....	17
2.2 Розроблення та опис функціональної схеми	19
3 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ ПІДСИСТЕМИ	21
3.1 Вибір мікроконтролера.....	21
3.1.1 Сімейство мікроконтролерів STM32.....	21
3.1.2 Сімейство мікроконтролерів AVR	23
3.1.3 Сімейство мікроконтролерів ESP32	25
3.2 Вибір модуля прийомо-передавача	29
3.2.1 Прийомо-передавач ESP-WROOM-32	29

					IA81.070БАК.003 ПЗ						
Арку	Аркуш	№ докум.	Підпис		Система сповіщення про викрадення транспортного засобу. Підсистема відстеження						
Розроб.	Грицишин Д.О								Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Бердник Ю.М.								Т	2	62
									КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІА-81		
Затв.											

3.2.2	Прийомо-передавач GSM/GPRS модуль на SIM800L.....	30
3.2.3	Прийомо-передавач Crowtail GPRS GSM GPS модуль на SIM808.....	32
3.2.4	Прийомо-передавач SIMduino UNO+SIM808 GPRS/GSM	33
3.3	Вибір датчика встановлення пристрою	36
4	РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ	38
4.1	Підключення та функціонування модуля SIM868.....	38
4.2	Ланцюги живлення.....	41
4.3	Кола керування станом модуля SIM868	43
4.4	Інтерфейси	45
4.4.1	Інтерфейс GPS	45
4.4.2	Інтерфейс SIM-карти	46
4.4.3	Послідовні порти та інтерфейс USB	47
4.5	Антени bluetooth, GSM, GPS.....	48
4.6	Мікроконтролер STM32L051C8T6.....	49
4.7	Мікросхема LSM9DS1 з акселерометром та гіроскопом.....	50
5	РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ	
	ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ.....	52
	ВИСНОВКИ.....	59
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
	ДОДАТОК А Ініціалізація потоків даних	63
	ДОДАТОК Б Ініціалізація сховища даних	64
	ДОДАТОК В Визначення та обробка подій.....	65
	ДОДАТОК Д Конфігурація портів.....	66

ВСТУП

Відстеження об'єкту руху на відстані є актуальним завданням як для цивільного населення, бізнесу, так і для військових. Так для бізнесу це дозволяє відстежувати місцезнаходження транспорту при перевезенні вантажів, або велосипедів чи самокатів в оренді. Для військових це можливість відстеження командуванням місця розташування одиниць техніки та планування своїх дій. Для громадян в разі крадіжки це допоможе знайти злочинців, а в разі втрати об'єкту руху, віднайти важливу річ або просто відстежувати її поточне місце знаходження. Також невеликий трекер у кишені дитини, або на нашійнику тварини дозволить легко їх знайти за потреби.

Отже, система відстеження місцезнаходження об'єкту руху є технічним засобом, який має широке коло застосування, тому дослідження засобів реалізації такої системи з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій є актуальним, що і вказує на актуальність теми даної дипломної роботи.

Така система може бути побудована на базі однієї з наявних на даний час технологій відстеження місця розташування або з застосуванням їх комбінацій. Найбільш розповсюдженим є GPS-метод визначення координат об'єкту.

На даний час для радіонавігації існує безліч приладів і пристроїв, які дозволяють швидко і без проблем визначати маршрут та пройденому об'єктом руху дистанцію, але трапляються ситуації, коли людині потрібно знати шлях переміщення об'єкту руху. Таке завдання можна виконати за допомогою системи, яка буде не тільки здійснювати навігацію об'єкту руху, а й запам'ятовувати та обробляти її.

Об'єктом дослідження є процес відстеження транспортного засобу в режимі реального часу. Предметом - підсистема відстеження.

Метою роботи є спрощення відстеження транспортного засобу для запобігання його викраденню або його відстеження в разі виникнення такого.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

Система, що розробляється буде мати низьку собівартість завдяки відкритій і доступній платформі, та дозволить виконувати моніторинг маршруту об'єкту руху через веб-сервер.

Для досягнення поставленої мети у роботі потрібно вирішити наступні завдання:

- розглянути сучасні технології віддаленої навігації об'єктів руху;
- виконати порівняльний аналіз існуючих систем навігації та відстеження об'єктів руху;
- розробити структурну схему системи відстеження;
- обґрунтувати вибір елементної бази та розробити електричну принципіальну схему GPS-трекера;
- розробити алгоритми роботи мікроконтролера та програмний код;
- оцінити собівартість проектування системи.

Теоретичною базою для виконання роботи стали підручники з мікропроцесорних та мікроконтролерних систем, схемотехніки, проектування інформаційних систем, інформаційно-керуючих систем, а також довідники елементної бази, статті у мережі Інтернет.

Результати будуть використовуватись на гуртку кафедри ІСТ «Вбудовані системи та Інтернет речей».

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз методів відстеження транспортних засобів

1.1.1 Відстеження за допомогою GPS трекера

На сьогодні існує надійний і всюди доступний метод відстеження об'єктів – це GPS відстеження, який заснований на використанні системи глобального позиціонування.

Системи глобального позиціонування (GPS) використовує набір супутників середньої висоти, керованих кількома наземними станціями. Кожен супутник має точний годинник і надсилає дані та сигнал синхронізації на Землю. Приймачі GPS використовують ці сигнали для визначення свого розташування у будь-якій точці світу у вигляді широти, довготи та висоти.

У даний час існують три глобальні системи: GPS, GLONASS та GALILEO. Крім того, Китай має регіональну систему COMPASS, яку він планує розширити до глобального охоплення. Також існують незалежні регіональні розширення системи COMPASS, що експлуатуються Японією та Індією [1].

У величезній кількості пристроїв є вбудовані GPS-приймачі, у тому числі в більшості сучасних транспортних засобів, планшетів, мобільних телефонів та іншого обладнання. Ці приймачі використовуються для визначення розташування користувача в будь-якій точці земної кулі з високою точністю. Наприклад, програма на смартфоні з підтримкою GPS може визначити різницю між очікуванням у черзі та отриманням замовлення біля стійки ресторану швидкого харчування. Положення кожного супутника можна визначити будь-який момент з високою точністю. Одночасно вимірюючи час передачі сигналу від кількох супутників у пристрої, можна визначити і відстань, на якій пристрій знаходиться від кожного з них.

Для цього застосовується проста геометрія – триангуляція, щоб визначити положення приймача на землі з точністю до 2 метрів і точніше. У майбутньому,

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

планується ще більша точність, достатня, щоб визначити, чи змінює користувач руки під час розмови по телефону. В окремих випадках можуть встановлюватися додаткові наземні передавачі для підвищення точності до одного сантиметра.

Існують також два інших методи для покращення якості геолокації, коли робота GPS ускладнена або просто неможлива:

– мобільний пристрій по стільниковому зв'язку може бути триангульований від сусідніх вишок з точністю до 20 м, а іноді і набагато точніше, з використанням все більш поширених антен з фазовими решітка та так званого багатопроменевого аналізу;

– пристрої з Wi-Fi можуть отримувати геолокацію від сусідніх маршрутизаторів, навіть якщо вони не підключені, шляхом пошуку імен маршрутизаторів (SSID) у повних базах даних відомих маршрутизаторів та розташування.

Технологія геолокації дозволяє виконувати автоматичну посадку літака, спрямовувати користувача незнайомими місцями і допомагає службам екстреної допомоги максимально швидко знаходити мандрівників з GPS-міткою. Звичайно ж, існує і військове застосування, для якого спочатку і був розроблений GPS, включаючи високоточне озброєння.

GPS також забезпечує широкий спектр наукових та промислових застосувань – від вимірювання вулканічної активності до автоматичного управління сільськогосподарським обладнанням та автомобілями. Технологія GPS допомагає з точним позиціонуванням вимірювальних приладів, спрямовує траєкторії польоту літаків та відстежує рух тектонічних плит під час землетрусів. За допомогою вбудованих в автомобіль пристроїв що керуються технологією GPS можна відстежувати місцезнаходження, швидкість, витрати пального. Можна знайти втрачені або вкрадені речі, або показати місце розташування членів сім'ї або тварин.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2 Online та offline системи моніторингу розташування

Системи GPS-моніторингу рухомих об'єктів за типом підключення до мережі поділяються на два типи: системи Offline та системи Online.

Системи Offline – працюють з використанням принципу «чорного ящика». Така система фіксує події, зіставляючи їх з географічними координатами виконуючи це все в режимі реального часу. Коли об'єкт прибуває до зони наявності сигналу, який надає можливість передавати дані приймачу, уся інформація, записана в об'єкт типу «чорний ящик», одразу після розшифрування передається на обробку для подальшого аналізу.

Переваги offline підходу:

- можливість отримувати, збирати та зберігати велику кількість різноманітної інформації, яка обмежена тільки об'ємом пам'яті пристрою;
- передача даних таким способом є безкоштовною або дуже дешевою, оскільки вона відбувається через пряме підключення пристрою до комп'ютера, або через локальні бездротові мережі.

Недоліком є доступ до інформації лише після потрапляння об'єкта в зону покриття мережею або безпосередньо на місце прямого підключення.

Системи Online працюють за схемою радіомаяків. При такому підході координати місця розташування об'єкту відстеження, в випадку, що стосується даної роботи – транспортного засобу, передаються в режимі реального часу системі отримувачу, а не зберігаються в внутрішній пам'яті пристрою. З використання такого підходу необхідно використовувати GSM, SMS-повідомлення, GPRS, радіозв'язок та мережу бездротових точок доступу (Рисунок 1.1).

Переваги Online підходу:

- доступність в будь-який момент за наявності мережі та пристрою для доступу до підсистеми сповіщення, яка містить всю інформацію, що необхідна;

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

– користувач має можливість відстежувати транспортний засіб в режимі реального часу, з затримкою зумовленою особливостями передачі інформації каналами зв'язку даного типу;

– в залежності від обраного каналу зв'язку, може рости час відгуку пристрою, відповідно при обранні дорожчого варіанту з'єднання ця затримка може бути зменшена.

Недоліки системи Online: необхідність оплачувати послуги мобільного зв'язку [2].

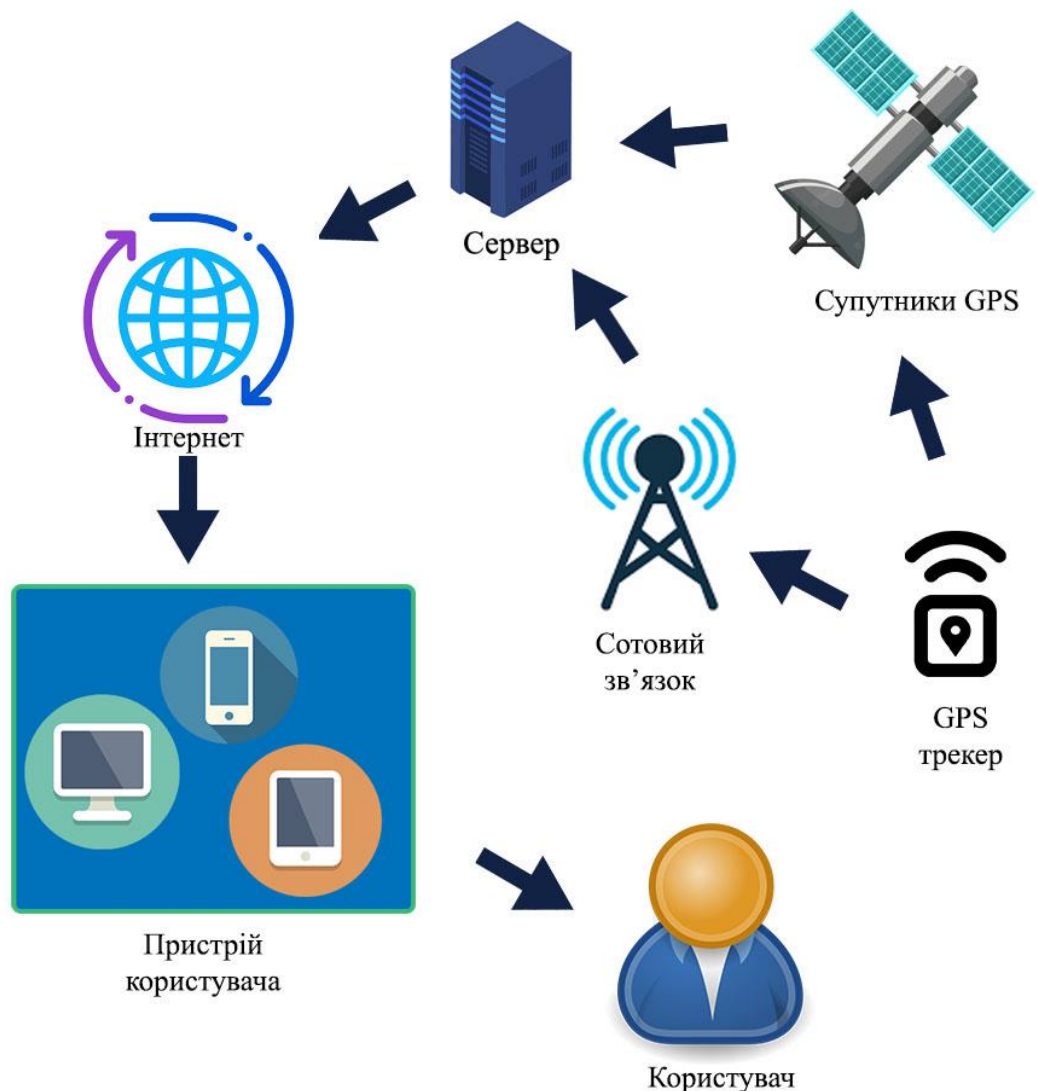


Рисунок 1.1 – Концептуальна схема Online системи GPS-моніторингу

Основними складовими системи є:

- GPS-трекер, який встановлюється на об'єкті руху,
- пристрій з програмним забезпеченням для відображення об'єктів руху на мапі;
- засобів зв'язку для передачі даних з трекеру на комп'ютер.

Для передачі даних положення використовують мобільний GSM-зв'язок та такі його сервіси, як GPRS, EDGE, SMS. Трекер забезпечує можливість постійно спостерігати за рухом об'єкту всюди, де існує покриття GSM-мереж. Більшість сучасних трекерів мають можливість зберігання даних маршруту руху на випадок тимчасової відсутності GSM-мережі та передають запис маршруту після відновлення зв'язку [3].

Існують також системи моніторингу трекер – смартфон. Наприклад, мініатюрний пристрій TrackR розміром з монету може бути закріплений на будь-якому предметі. Прилад визначає свої координати за допомогою GPS-приймача і передає їх за запитом на мобільний пристрій (смартфон) за допомогою технології Bluetooth. В залежності від технічних характеристик такі пристрої підтримують зв'язок зі смартфоном на відстані від 30 м до 120 м.

1.2 Аналіз систем відстеження транспортних засобів представлених на ринку

На ринку пристроїв подібних за функціоналом наявна велика кількість пристроїв, що не задовольняють вимоги, які стосуються надійності та точності координат розташування об'єкта, що відстежується. Така ситуація спостерігається через присутність великої кількості виробників, що спрямовані на ринок Китаю. Врахувавши необхідний набір функцій та вимоги до пристрою відстеження транспортного засобу, можна виокремити наявні реалізації, що належать компаніям Samsung, Apple та Baseus.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2.1 Пристрій Galaxy SmartTag

Дана реалізація є продуктом південно-корейської компанії Samsung. Трекер працює на основі передачі координат свого місця розташування по Bluetooth-каналу зв'язку. Саме через використання лише даного виду взаємодії з пристроєм користувача, радіус дії бездротового зв'язку становить лише 120 м, що є прийнятним лише для відстеження транспортних засобів на дуже обмеженій відстані. Це рішення більше підходить для сигналізації про вихід користувача з радіусу сигналу, який подається трекером або про сигналізацію в момент, коли відстежуваний транспортний засіб покидає радіус дії трекера з відображенням останнього місця розташування.

Перевагою Samsung Galaxy SmartTag (Рисунок 1.2) є довготривала робота без заміни елементу живлення. Цей термін становить до 300 днів, що заявлено компанією виробником [4].



Рисунок 1.2 – Samsung Galaxy SmartTag [4]

1.2.2 Пристрій Baseus Intelligent T2

Реалізація трекера від компанії Baseus поступається в технічних характеристиках продуктам Samsung та Apple, але за рахунок цього, компанія зробила пристрій дешевшим та доступнішим для звичайного користувача.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Baseus Intelligent T2 (Рисунок 1.3) також працює на основі передачі своїх координат через Bluetooth канал зв'язку, але через меншу потужність передавача, радіус його дії становить не більше 10 м в приміщенні зі стінами та не більше 40 метрів у вуличних умовах. Шляхом використання менш потужного передавача, компанія досягла збільшення безперервного часу роботи пристрою до 450 днів [5].



Рисунок 1.3 – Baseus Intelligent T2 [5]

1.2.3 Пристрій Apple AirTag

Пристрій компанії Apple є яскравим прикладом того, що висока вартість є ознакою якості, надійності та наявності функцій, які конкуренти не в змозі реалізувати через відсутність власної екосистеми пристроїв.

AirTag (Рисунок 1.4) гарантує користувачеві понад рік стабільної роботи без заміни елементу живлення. Також вагомою перевагою даного пристрою є відстеження об'єкту, в даному випадку – транспортного засобу, на необмеженій відстані за умови наявності широкосмугового зв'язку. Реалізація розміром зі звичайну монету здатна вказати на розташування транспортного засобу з точністю до метра. Це можливо завдяки тому, що AirTag передає дані про своє місце розташування іншим пристроям, які є продуктами компанії Apple, а ті в свою чергу через мережу (екосистему), в якій знаходяться всі пристрої

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

передають цю інформацію власнику трекера, що значно збільшує шанси на віднайдення втраченого або викраденого транспортного засобу [6].



Рисунок 1.4 – Apple AirTag [6]

1.3 Порівняльний аналіз розглянутих систем відстеження

Із розглянутих систем моніторингу для проєкту треба вибрати ту, яка буде задовольняти вимогам проєкту.

Вимоги до системи відстеження, що проєктується, складаються із вимог до його основних складових, і визначаються призначенням та умовами експлуатації системи, а саме, відстанню між диспетчером моніторингу та трекером, інфраструктурою зв'язку в місці знаходження трекера.

У наш час, більшість регіонів земної кулі перебувають під покриттям GPS сигналу, що дозволяє зберігати дані про місце розташування чи шлях пройдений транспортним засобом, за час відсутності можливості передачі цих даних користувачу. Отже основна увага при розробці системи буде зосереджена на автономності та відстані передачі даних.

Відповідно до завдання до даної роботи відстань між диспетчером моніторингу та трекером може бути необмежено великою, але місце знаходження трекера повинно покриватися сигналами GPS та мобільним зв'язком. У разі потрапляння трекера у зону відсутності мобільного зв'язку, він

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

повинен зберігати інформацію для передачі її диспетчеру при потраплянні у зону зв'язку.

Інформація, що передається від трекера до диспетчера:

- GPS-координати місця розташування трекера у реальному часі;
- інформація про місце розташування трекера відображується на комп'ютері диспетчера на мапі;
- програмне забезпечення повинно працювати під ОС WindowsXP та вище;
- температурний режим функціонування трекера від +40°C до -10°C для роботи в літній та зимовий час на території України;
- точність обчислення місця розташування: 3-5 м;
- технічна реалізація наведеної схеми може бути здійснена на основі різних пристроїв;
- роль трекера може виконувати будь-який мобільний пристрій, який має функцію GPS-прийому, наприклад, мобільний телефон.

Недоліки такого рішення:

- невеликий термін дії зарядки;
- висока ціна;
- значні габарити приладу.

Іншим рішенням може бути трекер на базі готового модуля GPS-приймача та сконструйованого пристрою обробки та передавання сигналу у бездротову мережу зв'язку.

Можливі два варіанти передавання сигналу з трекера на сервер:

- зв'язок трекера з мобільним пристроєм за допомогою Bluetooth та передача потім мобільним пристроєм інформації на сервер;
- вбудована у трекер сім-карта, через яку трекер самостійно передає інформацію у мережу GSM.

Вибір варіанту рішення залежить від того, як буде використовуватись трекер – буде поруч у власника трекера мобільний пристрій, чи ні.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поширення функціональних можливостей трекера доцільно забезпечити обидва варіанти передавання сигналу з можливістю обиравання варіанту передавання в залежності від наявності чи відсутності мобільного пристрою на відстані до 100 м. Такий підхід надасть більшу гнучкість користувачеві при використанні пристрою. Крім гнучкості, користувачеві не доведеться сплачувати за використання мобільного зв'язку, коли цього можна уникнути шляхом використання Bluetooth каналу передачі даних.

Крім того, доцільно забезпечити трекер датчиком встановлення приладу на об'єкт руху або його відкріплення з об'єкту руху. Це забезпечить можливість сповіщати користувача про від'єднання пристрою від транспортного засобу. Також датчик встановлення приладу на об'єкт руху підвищує рівень безпеки транспортного засобу, адже в разі його викрадення, користувач точно буде про це знати, якщо злодій намагатиметься позбутись пристрою відстеження.

Проведений аналіз технологій відстеження координат об'єктів руху дозволяє визначити з яких підсистем має складатись пристрій, щоб повністю задовольнити потреби користувача.

Система складається з наступних підсистем:

- підсистема зв'язку з сервером;
- підсистема GPS;
- підсистема контролю зняття пристрою з об'єкту руху;
- підсистема логіки та керування;
- підсистема живлення;
- підсистема відображення та моніторингу.

Висновки до розділу 1

Визначення координат об'єкту руху можливо за допомогою використання GPS-системи навігації. Користування GPS-системами безкоштовне, а для прийому сигналу існують модулі GPS-приймачів. Передача GPS-координат на

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

віддалений сервер можлива за допомогою бездротової мережі GSM. Для доступу до мережі GSM може використовуватись як сім-карта смартфона, якщо присутній користувач із смартфоном знаходиться за кермом транспортного засобу, що відстежується, або сім-карта безпосередньо вмонтована у трекер.

На даний момент, єдиними існуючими рішеннями є online та offline системи, кожна з яких має власні переваги та недоліки. Після проведеного аналізу було виокремлено особливості, що будуть реалізовані в даній роботі.

Технічна реалізація обробки та передачі сигналу з даними координат може бути реалізована на базі мікроконтролера, що підтримує роботу з GNSS та містить плату розширення для з'єднання з бездротовими мережами [7].

Окрім підтримки передачі даних бездротовими мережами пристрій буде забезпечений датчиком встановлення на транспортний засіб для покращення рівня безпеки підвищення надійності підсистеми.

Розроблення схем системи відстеження об'єкту руху, алгоритмів функціонування та питання технічної реалізації системи буде розглянута у наступному розділі.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ПІДСИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

2.1 Розроблення та опис структурної схеми

Структурна схема є схемою, яка призначена для відображення загальної структури системи, її основних блоків, вузлів, частин та зв'язків між ними.

Структурна схема надає уявлення про склад системи, навіщо потрібна дана система і як вона працює в основних режимах роботи, як взаємодіють її складові.

В даному дипломному проєкті розроблена структурна схема системи відстеження транспортного засобу, яка наведена у кресленнику ІА81.070БАК.003 Э1.

Ця схема розроблена на основі проведеного у розділі 1 аналізу технологій відстеження координат об'єктів руху.

Система складається з шести підсистем:

– підсистема відстеження початку руху – призначена для отримання в реальному часі координат місця розташування приладу за допомогою супутникової системи GPS та передавання їх до підсистеми логіки та керування. Також функцією даної підсистеми є визначення стану пристрою, знаходиться він в русі чи ні та чи потрібно відправляти його в режим сну для забезпечення економії енергії.

– підсистема контролю зняття приладу з об'єкту руху. У випадку крадіжки транспортного засобу, злодієм можуть бути здійснені дії з видалення пристрою відстеження транспортного засобу, тому для підвищення рівня безпеки необхідно реалізувати механізм сповіщення про несанкціоноване зняття пристрою. Найбільш ефективним способом сповіщення користувача буде формування відповідного сигналу у випадку зняття пристрою трекера з об'єкту руху та надсилання відповідного сигналу в систему сповіщення.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

– підсистема логіки та керування виконує обробку сигналів з підсистеми GPS та підсистеми контролю зняття приладу з об'єкту руху, формування інформаційного пакету для передачі на сервер та передачу цього пакету у підсистему зв'язку з сервером;

– підсистема зв'язку з сервером здійснює вибір можливого методу передавання інформаційного пакету на сервер в залежності від наявності сигналу Bluetooth або GSM; зберігає інформаційний пакет у разі відсутності сигналу мережі; передає інформаційний пакет на сервер при наявності сигналу зв'язку;

– підсистема живлення забезпечує живлення електроенергією всі підсистеми трекера.

– підсистема відображення та моніторингу розміщується на пристрої користувача (смартфон, ноутбук, планшет) і забезпечує прийом інформаційного пакету від віддаленого трекера, розміщеного на об'єкті руху, та відображення місця його знаходження на мапі у реальному часі.

Згідно структурної схеми система відстеження об'єкту руху працює наступним чином відповідно до алгоритму функціонування, який представлений в графічному документі ІА81.070БАК.003 Д1.

Після встановлення трекера на об'єкт руху та запуску його функціонування GPS-приймач у реальному часі отримує сигнали із супутників GPS та розраховує координати свого місця розташування, а отже і місця розташування об'єкту руху [8].

Координати передаються до підсистеми логіки та керування, де зберігаються у пам'яті до моменту передачі на сервер та отримання від нього повідомлення про успішне отримання інформації. Лише після таких операцій попередні дані будуть успішно видалені з пам'яті трекера.

До підсистеми логіки та керування передається також сигнал з датчика контролю зняття приладу з об'єкту руху. Якщо приходить сигнал «встановлено», підсистема логіки та керування передає інформаційний пакет з

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

координатами до підсистеми зв'язку з сервером. Якщо приходить сигнал «знято», підсистема логіки та керування передає код сигналу «тривога» у підсистему зв'язку з сервером. Сигнал «тривога» розцінюється як несанкціоноване зняття пристрою відстеження з транспортного засобу, в результаті чого користувач одразу отримує повідомлення про таку подію.

Підсистема зв'язку з сервером може знаходитися або у режимі очікування в разі отримання з підсистеми логіки та керування сигналу «тривога», або в режимі пошуку мережі для передачі інформаційного пакету. Передача здійснюється або (за наявності) за допомогою сигналу Bluetooth, який є пріоритетним каналом передачі даних, так як він є безкоштовним для користувача, або (за наявності) через GSM-мережу. Після передачі інформаційного пакету підсистема очікує сигнал від сервера про успішне здійснення передавання. Отримання такої команди ініціює очищення пам'яті, де зберігалися останні координати місцезнаходження об'єкту руху.

2.2 Розроблення та опис функціональної схеми

В даному проєкті була розроблена функціональна схема системи відстеження об'єкту руху, яка представлена в графічному документі ІА81.070БАК.003 Э2. На функціональній схемі зображено пристрої та модулі, які забезпечують виконання всіх функцій системи, що були зазначені в вимогах. Також було вказано зв'язки між елементами підсистеми з допомогою яких передаються дані про координати трекера. Окрім цього на схемі відображено елементи, що відповідають за відображення стану трекера, який може набувати значення встановлено чи не встановлено на об'єкті руху.

Згідно з функціональною схемою системи відстеження транспортного засобу, вона складається з двох функціональних частин: пристрою підсистеми відстеження та підсистеми сповіщення.

Пристрій підсистеми відстеження включає:

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- підсистему відстеження початку руху, яка в свою чергу містить GPS-модуль та гіроскоп з акселерометром, який відстежує стан пристрою, чи рухомий він зараз;
- датчик встановлення на об'єкті руху, який надасть системі більше надійності та ініціює сповіщення користувача в разі його зняття;
- оперативний запам'ятовуючий пристрій ОЗП, який використовується для зберігання інформації, що не потребує довготривалої наявності для програми, що виконується;
- постійний запам'ятовуючий пристрій ПЗП (пам'ять програми мікроконтролера), яка використовується для розміщення програми та даних, якими програма оперує;
- мікроконтролер логіки та керування;
- прийомо-передавач Bluetooth та прийомо-передавач GSM у складі підсистеми зв'язку.

Підсистема сповіщення – програмний модуль зберігання та відображення інформації, який запускається на пристрої користувача (смартфоні) та включає:

- пристрій користувача з доступом до мереже інтернет (смартфон, планшет, комп'ютер)
- модуль відображення місцезнаходження об'єкту руху на мапі в реальному часі або за обраний період часу;
- модуль зберігання інформації про координати об'єкту руху в часі.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ ПІДСИСТЕМИ

3.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер – це мікросхема, яка містить мікропроцесор, оперативну та постійну пам'ять, порти входу/виходу та різні блоки спеціальних функцій.

На даний час різними виробниками випускається велика номенклатура мікроконтролерів для різних цілей та призначення, які різняться процесором, що використовується, розмірами та наявністю різних видів пам'яті та різних функціональних блоків, шинами вводу/виходу, параметрами живлення.

Для пристрою критичними є наявність блоків зв'язку та геолокації, а також режим економного споживання електроенергії.

Далі буде розглянуто найбільш популярні мікроконтролери для порівняння їх характеристик.

3.1.1 Сімейство мікроконтролерів STM32

STM32 – зареєстрована торгова марка STMicroelectronics для 32-бітних мікроконтролерів (MCU, microcontroller unit) та мікропроцесорів (MPU, microprocessor unit) загального призначення, побудованих на базі Arm® Cortex® Cores і включають більше 1000 варіацій їх застосування для різних цілей та призначень [9].

Сімейство 32-бітних мікроконтролерів виробництва STMicroelectronics групується в серії, в рамках кожної з яких використовується одне й те саме 32-бітне ядро ARM, наприклад, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ або Cortex-M0. Кожен мікроконтролер складається з ядра процесора, статичної RAM-пам'яті, флеш-пам'яті, різних налагоджувальних та периферійних інтерфейсів [10].

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

STM32 включає серії мікроконтролерів з функцією бездротового зв'язку – це WL та WB серії. Основні технічні характеристики для цих серій наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики мікроконтролерів STM32 з функцією бездротового зв'язку

Назва серії	Ядро ARM	Макс. частота ядра, МГц	Core Mark	Обсяг Flash-пам'яті (кБайт)	Обсяг RAM (кБайт)	Особливості
WB	Cortex-M4F, Cortex-M0+	64, 32	216	256 - 1024	до 256	Вбудований радіотрансівер, який підтримує протоколи Bluetooth® LE, Zigbee® and Thread®
WL	Cortex-M4	48	161	до 256	до 64	Вбудований радіотрансівер, який підтримує sub-GHz radio: модуляції – LoRa®, (G)FSK, (G)MSK, BPSK

Всі плати мікроконтролерів серії STM32 Nucleo мають можливість для розширювання. Плати розширення дозволяють максимально швидко зібрати та випробувати пристрої з необхідним функціоналом та передати у виробництво вже налагоджену конфігурацію.

Компанія ST розробила і випускає більше 60 плат розширення STM32 Nucleo expansion boards, що додають в тому числі наступний функціонал:

- глобальне позиціонування GNSS;
- Bluetooth 5 та 802.15.4;
- Bluetooth low energy (BLE), у тому числі на BlueNRG та SPBTLE-RF;

- зв'язок Sub-1GHz RF на частотах 868 MHz та 915 MHz;
- багатофункціональні операційні підсилювачі;
- датчики руху та навколишнього простору MEMS – пристрої, що поєднують у собі мікроелектронні та мікромеханічні компоненти).

Отже, для пристрою може бути використано мікроконтролер STM32 серії WB, оскільки він має вбудований радіотрансивер, який підтримує протоколи Bluetooth® LE, а крім того плата розширення для глобального позиціонування GNSS.

3.1.2 Сімейство мікроконтролерів AVR

AVR – це назва популярної родини мікроконтролерів, яку випускає компанія Atmel. Крім AVR під цим брендом випускаються мікроконтролери інших архітектур, наприклад, ARM та i8051.

AVR базується на Гарвардській архітектурі, тобто має окремі шини та окрему пам'ять для програм і для даних. Це дозволяє підвищити продуктивність контролера, а також мати різний розмір програми та шини даних [11].

Архітектура AVR використовує чотири різних типи пам'яті: Flash, SRAM, EEPROM, крім цього AVR мають кілька байтів (зазвичай 3) резервної пам'яті. Кожен з байтів зберігає окремі біти або бітові комбінації параметрів конфігурації.

В архітектурі AVR використовується кілька різних тактових джерел, які надають можливість зупиняти роботу CPU, I/O, більшість периферійних пристроїв, наприклад, таймери, SPI та USART, FLASH, ASY, які можна встановити так, щоб синхронізувати таймер/лічильник у режимі реального часу незалежно від усіх інших джерел такту, ADC, що дозволяє зупиняти інші годинники під час перетворень для усунення шуму.

Мікроконтролери AVR доступні в трьох основних підродинах:

					IA81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

– TinyAVR має менше пам'яті, невеликий розмір, підходить тільки для більш простих приладів;

– MegaAVR – популярні мікроконтролери, в основному мають відносно великий обсяг пам'яті (до 256КБ), більшу кількість вбудованих периферійних пристроїв і підходять для досить складних пристроїв;

– XmegaAVR використовуються в комерційних застосунках для вирішення складних завдань, яким потрібен досить великий обсяг пам'яті програм і висока швидкість [12].

Найпопулярнішим вже понад десяток років є саме 8-бітове сімейство мікроконтролерів TinyAVR, яке у свою чергу діляться на два популярні сімейства:

Attiny – з назви видно, що молодше (tiny – юний, молодий, молодший), переважно мають від 8 виводів і більше. Обсяг їх пам'яті та функціонал зазвичай скромніший, ніж у Atmega;

Atmega – більш просунуті мікроконтролери, мають більшу кількість пам'яті, та різних функціональних вузлів.

Виходи мікроконтролера досить слабкі, мається на увазі те, що струм через них зазвичай до 20-40 міліампер, чого вистачить для світлодіода та LED-індикаторів. Для більш потужного навантаження необхідні підсилювачі струму або напруги, наприклад, ті ж самі транзистори.

Виробляються AVR-контролери різних версій, що до споживання:

- AT (mega/tiny)xxx — базова версія;
- ATxxxL — працює при понижений (Low) напрузі живлення (2,7В);
- ATxxxV — працює при низькій напрузі живлення (1,8В);
- ATxxxP — мале енергоспоживання (до 100нА в режимі Power-down), застосована технологія rіcoPower;
- ATxxxA — зменшений струм споживання.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Але AVR контролери не мають вбудованих засобів для забезпечення бездротового зв'язку, що є недоліком для даного проєкту, оскільки потребує додаткових приладів для забезпечення зв'язку та для геолокації.

3.1.3 Сімейство мікроконтролерів ESP32

ESP32 в даний час є одним з найпопулярніших мікроконтролерів з підтримкою технології Wi-Fi і широко застосовується в різних проєктах, що належать до тематики інтернету речей (IoT). ESP32 – досить потужний мікроконтролер, який підтримує двоядерне програмування та має вбудовану підтримку технології BLE (Bluetooth Low Energy), яка робить його чудовим рішенням для використання у портативній електроніці. Але для пристроїв, що живляться від батарейок/акумуляторів, енергоспоживання є дуже критичним фактором і однієї технології BLE для зниження споживання енергії часто недостатньо.

Незважаючи на те що останні оновлення в протоколах роботи Bluetooth спрямовані на значне зменшення енергії, що споживається в процесах прийому та передачі інформації, необхідно продумати й інші можливі варіанти зменшення її споживання, адже таким чином буде подовжено термін роботи пристрою від одного заряду батареї.

Одним із варіантів є використання енергоефективніших мікропроцесорів, але такі рішення можуть не підтримувати усі функції, що необхідні для підсистеми відстеження транспортного засобу.

В умовах значного зниження енергоспоживання пристроїв, побудованих з урахуванням модуля ESP32, можна досягти з допомогою використання сплячих режимів у модулі. Такий режим робить мікропроцесор неактивним до моменту, поки він не отримає команду на поновлення роботи.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

У режимі сну споживання мікроконтролером енергії прямує до нуля, адже ніяких перевірок каналу на присутність команди поновлення роботи немає [13].

Завдяки апаратним інтерфейсам (рисунок 3.1) можна реалізувати функції, які раніше реалізовувалися тільки з використанням зовнішніх спеціалізованих мікросхем.

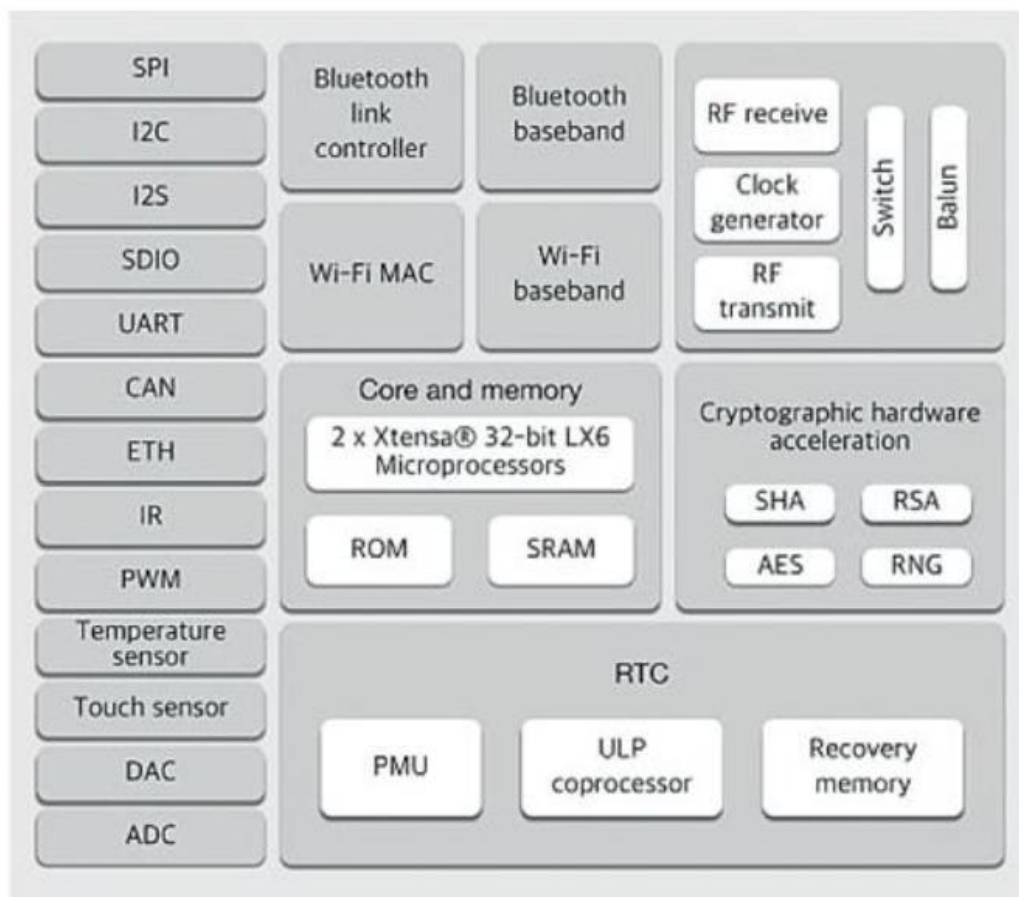


Рисунок 3.1 – Структура мікроконтролера сімейства ESP [14]

Це значно зменшує вартість пристрою і прискорює його розроблення. Більшість приладів використовують окремий мікроконтролер для обробки даних, взаємодії датчиків та цифрового входу. Це в основному означає, що перше ядро процесора (PRO_CPU) обробляє обмін сигналів Wi-Fi, Bluetooth та роботу інших внутрішніх периферійних приладів, таких як SPI, I2C, ADC, тощо. Друге ядро процесора (APP_CPU) залишається поза кодом програми.

Більшість модулів, таких як ESP32 Wroom, використовують зовнішню Flash та SRAM. ESP32, отримуючи доступ до зовнішньої Flash QSPI та SRAM через високошвидкісні кеші [14].

У модулі ESP32 є кілька режимів енергоспоживання:

- активний режим (Active mode);
- режим сну модему (modem sleep mode);
- сплячий режим (light sleep mode);
- режим глибокого сну (deep sleep mode);
- режим зниженого енергоспоживання/сплячки (hibernation mode).

За нормальних умов експлуатації модуль ESP32 працює в активному режимі. У цьому режимі центральний процесор модуля, апаратне забезпечення Wi-Fi/BT, пам'ять годинника реального часу (RTC memory), периферійні пристрої реального часу (RTC peripherals) і ULP співпроцесори активовані і їхня робота залежить від поточного завантаження модуля. Але в деяких режимах частина цих пристроїв може відключатися, як показано в таблиці 3.2 нижче.

Таблиця 3.2 – Режими енергоспоживання ESP32

Апаратні засоби	Active Mode	Modem-sleep Mode	Light Sleep Mode	Deep-sleep Mode	Hibernation
CPU	ON	ON	PAUSE	OFF	OFF
WiFi/BT	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
RTC and RTC Peripherals	ON	ON	ON	ON	OFF
ULP-Co Processor	ON	ON	ON	ON/OFF	OFF

Режим глибокого сну (deep sleep mode) у модулі ESP32 часто називають шаблоном моніторингу датчиків (ULP sensor monitored pattern) – у цьому режимі включені лише пам'ять RTC та периферійні пристрої RTC, а CPU,

Wi-Fi/BT та ULP співпроцесори – вимкнені. Щоб вийти з режиму глибокого сну, модуль ESP32 повинен отримати «wake-up» сигнал від якогось джерела. І оскільки периферійні пристрої RTC в режимі глибокого сну включені, модуль ESP32 може «прокинутися» за допомогою контактів, доступних для використання пристроями RTC (реального часу). Але існують і інші способи «пробудити» модуль, наприклад, за допомогою зовнішнього переривання на одному з контактів або по таймеру.

У приладі актуальним є включення режиму глибокого сну на той час, коли об'єкт, на якому закріплений трекер, не рухається, або у режимі очікування, коли трекер не закріплений на об'єкті руху. Це дозволить економити споживання електроенергії приладом та збільшити час його роботи без підзарядки акумулятора.

Для мікроконтролерів ESP32 та ESP8266, що мають підтримку Wi-Fi, доступна технологія програмування «по повітрю» (Over the Air, OTA), що дозволяє оновлювати їх прошивку або завантажувати в них нову програму бездротовим способом без жодного фізичного контакту з ними. Ця технологія особливо корисна у випадках, коли модуль жорстко закріплений в якомусь пристрої та підключення кабелю до нього ускладнене або фізично неможливе.

Технологія бездротового програмування OTA, яка широко застосовується в різних проєктах Інтернету речей (IoT) і застосовується для віддаленого оновлення програмного забезпечення підключених до мережі інтернет-пристроїв.

Отже, із розглянутих оптимальним за енергоспоживанням та наявними функціями є мікроконтролер STM32L051C8T6, який буде використано при подальшому проєктуванні підсистеми відстеження транспортного засобу.

ESP8266 – це назва мікроконтролера, розробленого компанією Espressif Systems, що базується у Шанхаї. Мікроконтролер має можливість роботи з технологією Wi-Fi, тому він широко використовується як модуль Wi-Fi. Мікроконтролер ESP8266 забезпечує функцію Wi-Fi геолокації, але не

					IA81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

забезпечує GPS геолокацію та інші види зв'язку, тому для пристрою його функціональності недостатньо [15].

3.2 Вибір модуля прийомо-передавача

3.2.1 Прийомо-передавач ESP-WROOM-32

Виробники пропонують сучасні мініатюрні багатофункціональні модулі, які забезпечують GSM-зв'язок та GPS-навігацію. Розглянемо деякі доступні.

ESP-WROOM-32 (ESP32-D0WD) – мініатюрний високопродуктивний поєднаний Wi-Fi + BT + BLE модуль від компанії Ai-Thinker, призначений для широкого спектру застосувань. ESP-32D виконаний на базі двоядерного чіпсета ESP32 із змінною тактовою частотою від 80 МГц до 240 МГц, можливістю індивідуального керування і живлення. Модуль розроблений для переносної і автономної електроніки та застосунків інтернету-речей, виконаний в мініатюрному корпусі 25,5 мм x 18 мм, має Flash пам'ять, кварцевий резонатор 40 МГц і PCB-антену, що забезпечує відмінні RF характеристики.

ESP32-WROOM має багату периферію, що включає в себе такі інтерфейси як UART, SPI, I2C, I2S, роз'єм для SD-карти, інфрачервоний порт, інтерфейс для підключення сенсорної панелі.

Однією з особливостей модуля є наднизьке споживання і гнучкий вибір «сплячих» режимів, що дозволяють отримати до 20мкА (deep sleep mode). Модуль підтримує весь стек протоколів стандартів WiFi 802.11n і BT4.2, забезпечуючи даний функціонал через інтерфейси SPI / SDIO або I2C / UART [15].

Цей модуль не підтримує роботу з GPS-навігацією – для цього потрібно використовувати додаткові модулі.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Прийомо-передавач GSM/GPRS модуль на SIM800L.

GSM/GPRS модуль на SIM800L – мініатюрний модуль GSM/GPRS стільникового зв'язку на основі компонента SIM800L, розробленого компанією SIMCom Wireless Solutions (Рисунок 3.2).

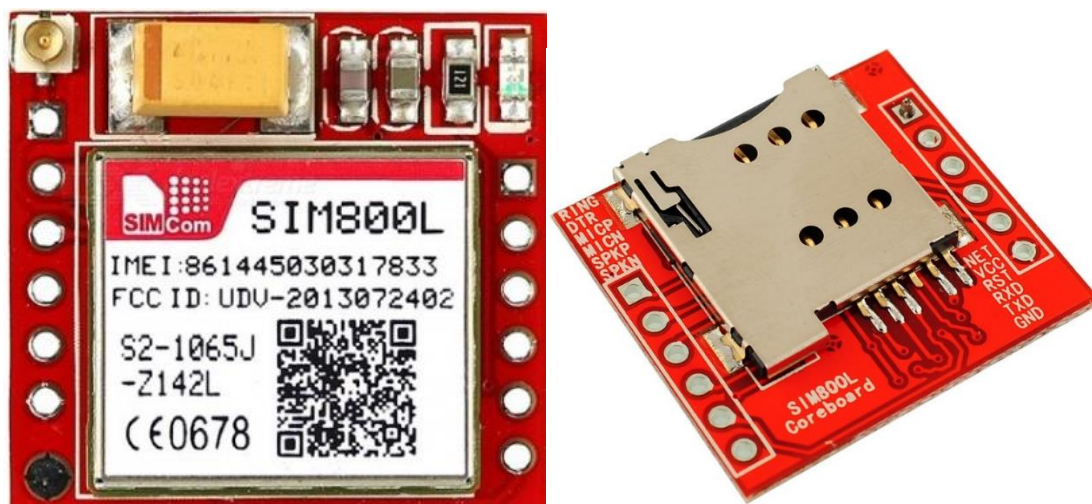


Рисунок 3.2 – GSM/GPRS модуль на SIM800L [16]

Стандартний інтерфейс керування компонентом SIM800L надає доступ до сервісів мереж GSM/GPRS 850/900/1800/1900МГц для надсилання SMS-повідомлень, дзвінків та обміну цифровими даними GPRS [16].

Комплектується вбудованою антеною, також можна під'єднати додаткові антени для покращення якості сигналу. Компонент SIM800L має реалізований стек протоколу TCP/IP, і складається з мікросхеми MT6260SA компанії MediaTek, та мікросхеми приймача RFMD RF7176.

Керувати модулем можна за допомогою персонального комп'ютера через перетворювач інтерфейсу USB-UART або безпосередньо через UART модулем мікроконтролера самостійної розроблення або Arduino, RaspberryPi та аналогічними.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

У модуля напруга логічного високого рівня становить 2.8В, що вимагає застосування перетворювача логічних рівнів при використанні модему з контролером Arduino.

При увімкненні модуля GSM GPRS на платі швидко блимає світлодіод. У разі встановлення з'єднання з мобільним оператором частота миготіння знижується. Якщо зв'язок з мобільним оператором втрачено, то світлодіод знову блимає швидко. Швидко блимання світлодіода говорить про пошук в ефірі сигналу станції мобільного зв'язку.

Таблиця 3.3 – Характеристики GSM/GPRS модуля на SIM800L [17]

Напруга живлення	від 3.4В до 4.4В
Струм режиму очікування	0.7мА
Максимальний струм	500мА
Максимальна напруга високого рівня інтерфейсу UART	2.8В
Швидкість UART	1200-115200 бод
Робочі діапазони	EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900
Потужність передачі DCS1800, PCS1900	1Вт
Потужність передачі GSM850, EGSM900	2Вт
Режим мережі	2G
Керується командами AT через UART	3GPP TS 27.007, 27.005 SIMCOM enhanced AT Commands
Надсилання та отримання GPRS даних	TCP/IP, HTTP
Підтримка годинника реального часу RTC	Є

Підтримує сімкарти з живленням	3В та 1.8В
Розміри	25 x 25мм
Вартість на момент виконання роботи	140 грн

3.2.3 Прийомо-передавач Crowtail GPRS GSM GPS модуль на SIM808

Crowtail GPRS GSM GPS модуль на SIM808 V1.1 від Elecrow – компактний модуль зв'язку на чіпі SIM808 від SIMCOM, який поєднує в собі зв'язок GPRS-модуля та GPS-навігацію (Рисунок 3.3). Однією з особливостей модуля є наявність на платі зарядного пристрою для акумулятора 3.7В LiPo, що дозволяє створити повністю автономний пристрій.



Рисунок 3.3 – Плата компактного модулю зв'язку на чіпі SIM808 [17]

Модуль GPRS працює в 4-х стандартних GSM-діапазонах в суміщенні одного корпусу з навігаційним 66-канальним GPS-приймачем. Управляти модулем може мікроконтролер 3.3В-5В із послідовним інтерфейсом UART, надсилаючи AT команди.

На цьому модулі можна будувати автономне стеження за рухомим об'єктом з контролю його координат і швидкості переміщення.

Роз'єм MicroUSB призначений тільки для підключення зовнішнього джерела живлення для зарядки акумулятора.

Таблиця 3.4 – Характеристики плати компактного модулю зв'язку на чіпі SIM808 [17]

Діапазон	850/900/1800/1900 МГц
Параметри GPRS	мобільна станція GPRS класу B
Управління: AT командами	SIMCOM EAT команди
Навігація	інтегрована GPS/CNSS з підтримкою A-GPS
Підтримка протоколу	GPS NMEA
Режими енергозбереження	1mA в режимі сну
Тип SIM-карти	стандартна карта MicroSim
Передача даних	GPRS multi-slot class12
Максимальна швидкість	85,6Кбіт/сек
Індикатори	живлення і активності
Роз'єми	uFL для зовнішньої пасивної GPS-антени і GSM-антени
Аудіо вхід/вихід	стандартний 4-контактний TRRS роз'єм гарнітури
Розміри	50 x 35 мм
Вартість на момент виконання роботи	840 грн

3.2.4 Прийомо-передавач SIMduino UNO+SIM808 GPRS/GSM

SIMduino UNO+SIM808 GPRS/GSM – це новий малогабаритний модуль зв'язку від компанії Elegrow на мікроконтролері Atmega328 та чіпі SIM808 від SIMCOM, що поєднує контролер Arduino, GPRS модуль зв'язку і GPS навігацію

					IA81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

(Рисунок 3.3). Модуль повністю сумісний із сімейством Arduino UNO та підтримується середовищем розроблення Arduino IDE. Однією з особливостей модуля є наявність на платі зарядного пристрою для 3.3V Li-Po акумулятора, що дозволить створювати повністю автономний пристрій.

GSM модуль працює в 4-х стандартних GSM діапазонах і поєднаний в одному корпусі з навігаційним 66-канальним приймачем GPS. На цьому модулі можна побудувати повністю автономну систему стеження за рухомим об'єктом із контролем його координат та швидкості переміщення.

Перевагами даного модуля є наявність роз'ємів для перепрограмування мікроконтролера одразу на платі та компактність розміщення інших елементів з розрахунком на уникнення їхнього перегрівання в режимі роботи.



Рисунок 3.4 – Модуль зв'язку SIMduino UNO+SIM808 GPRS/GSM [17]

Таблиця 3.5 – Характеристики модуля зв'язку SIMduino UNO+SIM808

GPRS/GSM [17]

Мікроконтролер	Atmega328 на частоті 16МГц
Сумісність	Arduino UNO
Діапазон GSM	850/900/1800/1900МГц
Параметри GPRS	GPRS mobile station class B
Управління	АТ командами (3GPP TS 27.007 та SIMCOM ЕАТ команди)
Навігація	інтегрована GPS/CNSS з підтримкою А-GPS
Режими енергозбереження	1мА в режимі сну
Підтримка протоколу	GPS NMEA
Тип SIM картки	Стандартна MicroSim карта
Передача даних	GPRS multi-slot class12
Максимальна швидкість	85.6Кбіт/сек
Індикатори	Живлення та активність
Напруга живлення	5В контролера, 3.3-5 на контакт V_{in} і роз'єм живлення
Рознімання	uFL роз'єми для зовнішньої пасивної GPS антени та зовнішньої GSM антени
Тип утримувача батареї	CR1220 (на звороті плати)
Розміри	70мм x 55мм x 14мм
Вартість на момент виконання роботи	1076 грн

Отже, із розглянутих модулів найбільш підходить для лабораторних випробувань вирішення поставленого завдання модуль SIMduino UNO+SIM808 GPRS/GSM. Використання цього модуля дозволяє вирішити завдання зв'язку та навігації рухомого об'єкту. У комплект модуля входять антени GPS та GSM, які

підключаються через роз'єм, блок живлення, підключення сім карти. Модуль має також інформаційні входи, які можна використати для підключення датчика встановлення на об'єкті та кнопку включення пристрою.

Але з метою мінімізувати розміри пристрою доцільним є використання GSM/GPRS модуль на SIM868L.

3.3 Вибір датчика встановлення пристрою

Датчик встановлення виконує функцію одного із перемикачів для увімкнення трекера у робочий стан. Датчик повинен відреагувати на прикріплення пристрою на об'єкт руху. Також має бути сформовано негайну реакцію системи на несанкціоноване зняття пристрою відстеження транспортного засобу з об'єкту відстеження. Це надасть системі можливість вчасного сповіщення користувача про цю подію, щоб він міг запобігти крадіжці або попередити відповідні структури про правопорушення.

Датчик може бути електромеханічним у вигляді мікрокнопки (Рисунок 3.5), яка при встановленні пристрою на об'єкті руху заглиблюється, перемикаючи контакт електричного кола, який подає високий рівень на інформаційний вхід мікроконтролера.



Рисунок 3.5 – Мікрокнопка 6x6x5 мм

Інший шлях – використати фотореле таким чином, щоб при закріпленні пристрою на об'єкті руху на фотореле не надходило світло.

Недоліком використання фотореле є те, що пристрій може бути знятий з об'єкту руху в темряві або переміщений у темряву, і таким чином фотореле не

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

зреагує необхідним чином на зняття з об'єкту руху. Тобто, при використанні даного виду датчику, завдання зловмисника у викраденні транспортного засобу спрощується, що негативно впливає на загальну надійність системи та не відповідає початковим вимогам. В той же час, при від'єднанні кнопки від корпусу транспортного засобу сигнал буде надісланий в будь-якому випадку. Додатковим захистом датчика можуть бути додаткові форми корпусу пристрою, які будуть унеможливлувати затиснення кнопки в разі зняття пристрою відстеження. Таке рішення додасть надійності підсистемі, оскільки виявлення її наявності буде ускладнене. Також в такому випадку буде присутній ефект неочікуваності, який додасть користувачу додатковий час для реагування на ситуацію крадіжки його транспортного засобу, що відстежується. Тому у даному проєкті буде застосовано мікрокнопку.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

4.1 Підключення та функціонування модуля SIM868

Пристрій відстеження об'єкту руху буде побудовано на основі модуля SIM868, який має підтримку GSM, GPS та Bluetooth. Цей модуль є наступною версією своїх попередників, який розробники покращили, зменшивши його розміри, покращивши розміщення контактів та оновивши програмне забезпечення для полегшення та покращення роботи з прийомом GPS. GSM сигналів та передачею координат на клієнтську сторону.

Основою схеми є модуль SIM868 — найменший чотирьох діапазонний комбінований модуль GSM/GPRS у корпусі LCC/LGA, що підтримує обмін даними та роботу в мережах стільникового зв'язку стандартів GSM/GPRS (2G) та прийом даних розташування та сигналів точного часу з супутників навігаційних систем (GNSS). SIM868 підтримує роботу навігаційних застосунків з використанням сигналів GPS, Glonass, Beidou, QZSS, SBAS (WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS) і A-GPS.

Окрім можливості передавати дані до вже готових застосунків, які існують на ринку та в основному мають функції лише відстеження транспортного засобу чи іншого об'єкту, на який закріплений трекер, даний модуль може передавати дані й на інші сторонні сервіси для подальшої обробки.

Функціональна схема комбінованого модуля SIM868 наведена на рисунку 4.1 [18]. З неї можна визначити, що даний модуль містить аналогові інтерфейси, один з яких підтримує роботу з аудіо, що може бути одним з варіантів оповіщення користувача і оточуючих про спробу викрадення транспортного засобу. Але водночас використання такого підходу видає місце розташування пристрою відстеження, що полегшить завдання зловмисника в пошуку й видаленні даного пристрою з відстежуваного об'єкту.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

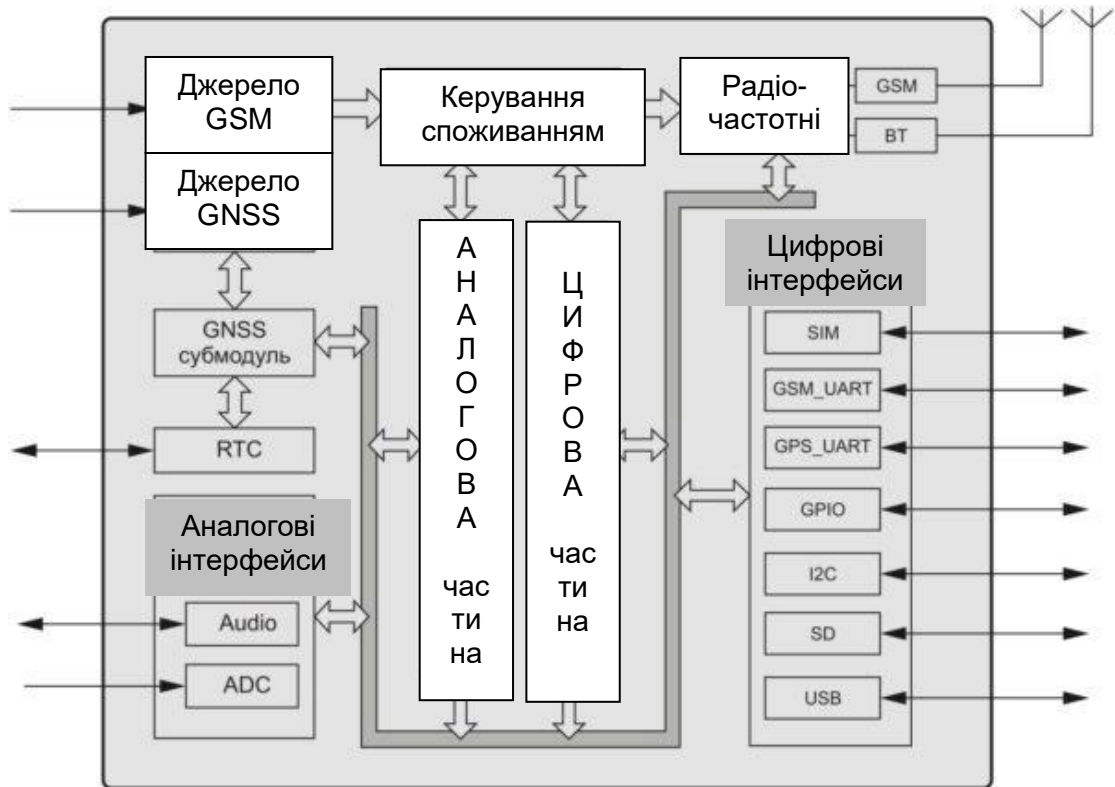


Рисунок 4.1 – Функціональна схема SIM868 [18]

Чипсет SIM868 (MT2503) представляє собою об'єднання на єдиній платі двох чипсетів: MT6261 (GSM-частина) та MT3333 (GNSS-частина).

Інтерфейси, що підтримуються: 2×UART (GSM/GPRS)+1×UART(GNSS serial port), USB (для налагодження модуля та оновлення його вбудованого програмного забезпечення), GPIO, ADC, SD, I2C, RTC, аналогові аудіоінтерфейси (мікрофон і два аудіовиходи), а також інтерфейс для SIM-карти (Dual Standby).

Одним з критеріїв розгляду даної схеми є її підтримка роботи з Bluetooth каналом передача даних, що надає можливість оптимізувати енерговитрати, оскільки передача даних з використанням Bluetooth витрачає значно менше енергії, ніж передавання даних з використанням GSM каналу. Окрім цього такий спосіб передачі є більш економічним і для користувача, оскільки він не вимагає додаткової оплати за використання.

Розташування виводів модуля наведено на рисунку 4.2 [18].

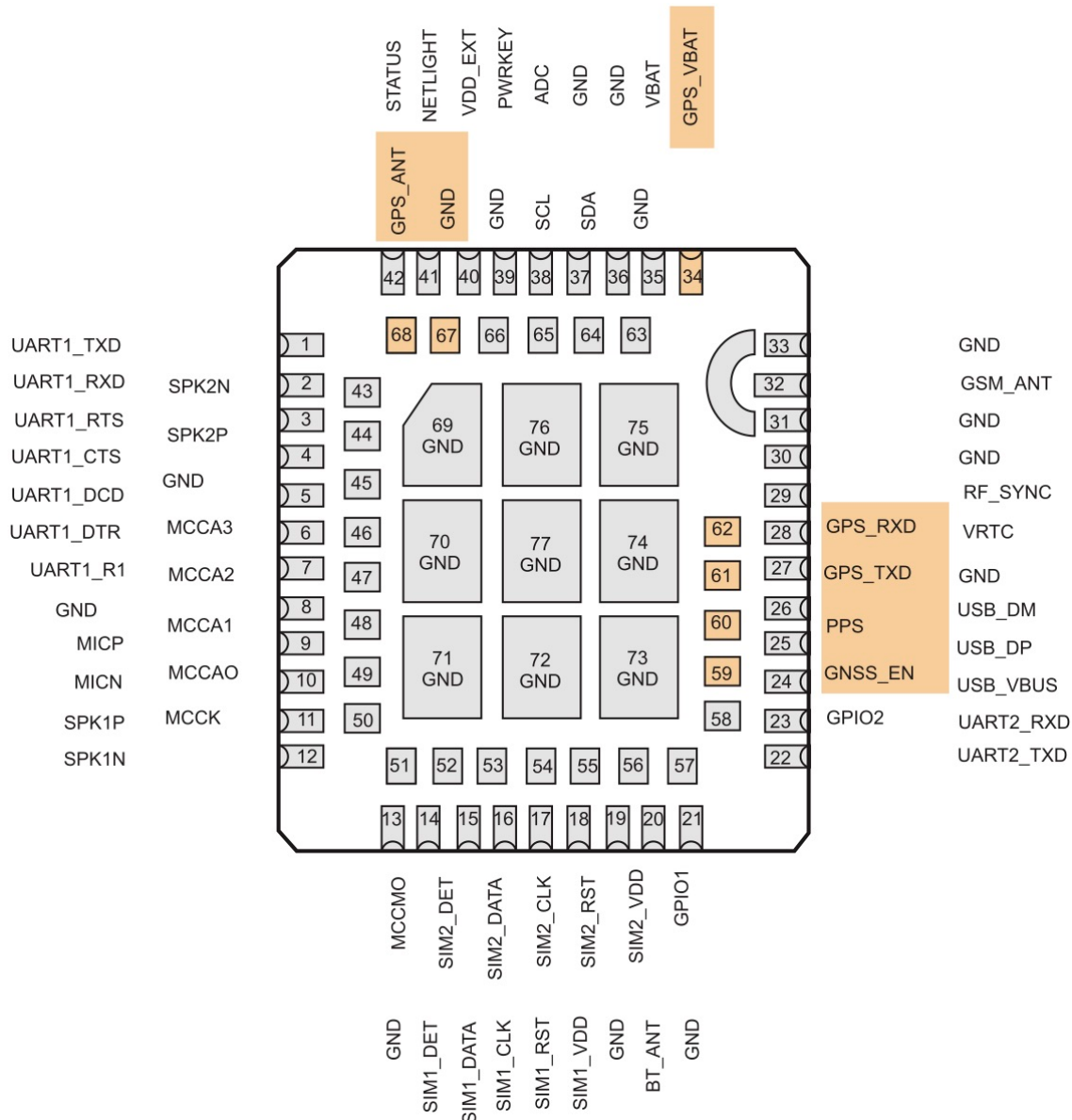


Рисунок 4.2 – Розташування виводів SIM868 [19]

Модуль SIM868 має до 77 комбінованих LCC+LGA контактних місць (далі — виводи).

Принципова електрична схема GPS трекера, який проєктується, наведена графічному документі ІА81.070БАК.003 ЭЗ. Основні функціональні блоки, які підключаються до чипсету SIM868 перераховані – мікроконтролер STM32L, який керує модулем надсилаючи AT-команди, антени Bluetooth, GSM та GPS для передавання та отримання даних відповідно [19].

4.2 Ланцюги живлення

Діапазон напруги живлення SIM868 3,4 – 5В. Проте виробник рекомендує використовувати для живлення модуля напругу 4,0В як найбільш оптимальну. Включення передавача викликає падіння напруги живлення, для мінімізації цього явища джерело живлення повинно бути в змозі забезпечувати струм у навантаженні до 2А.

Живлення GNSS – і GPS-частин модуля роздільне, і при батарейному живленні на користь більш гнучкого управління енергозбереженням, раціональніше його таким і залишити, вводячи роздільні ключі живлення для кожної з шин. Проте якщо струм, споживаний розроблюваним пристроєм, не настільки критичний, то в діапазоні напруг 3,4-4,4В живлення модуля може бути реалізовано за суміщеною схемою. При цьому виводи 34 і 35 (GPS_VBAT, GSM_VBAT) модуля об'єднуються, як наведено на принциповій схемі пристрою.

На вході живлення SIM868 встановлюється ємність шунтування (конденсатор С21) номіналом не менше 100пкФ і паралельно йому конденсатори 10 і 33пФ, які досить ефективно усувають високочастотні наведення як від самого модуля, так і від зовнішніх по відношенню до нього пристроїв. Також було встановлено на шину живлення модуля стабілітрон VD1 з робочою напругою 5,1В, що запобігає пошкодженню модуля за рахунок пульсацій напруги та струму при живленні від мережі. Перелічені елементи повинні бути розміщені на платі якомога ближче до модуля, безпосередньо біля виводу VBAT.

Перетворювач напруги для блоку живлення побудовано на чіпі MP1482 – це монолітний синхронний перетворювач напруги (Рисунок 4.3).

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

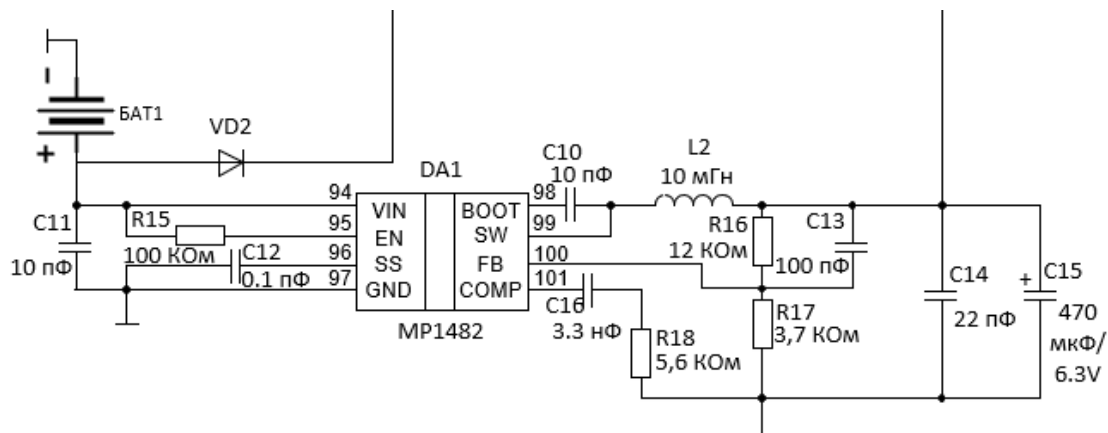


Рисунок 4.3 – Схема включення перетворювача напруги на MP1482

Пристрій забезпечує безперервне навантаження 2А у широкому діапазоні вхідних напруг (від 4,75В до 18В). Управління поточним режимом забезпечує швидка перехідна характеристика. Регульований плавний пуск запобігає коливанням пускового струму при включенні та при вимкненні живлення. Пристрій доступний у 8-контактному корпусі, забезпечує дуже компактне рішення з мінімальною кількістю зовнішніх компонентів.

При проектуванні кіл електроживлення SIM868, обов'язково необхідно з'єднати із землею виводи 36 і 37 (GND).

Моніторинг стану джерела живлення (контроль напруги VBAT) може здійснюватись самим модулем за допомогою AT-команди AT+CBCS.

Безперебійне живлення GNSS-частини модулю здійснюється від Li-ion акумулятора БАТ1 (один елемент, напруга 3,7 В), що підключений безпосередньо до SIM868 (вивід VRTC) через діод VD2.

Також до джерела живлення підключений мікроконтролер STM32L, який надає команди модулю SIM868.

Гіроскоп, що використовується в якості підсистеми, яка відстежує чи знаходиться пристрій в русі, також є підключеним до перетворювача.

4.3 Кола керування станом модуля SIM868

Для включення модуля необхідно подати на його контакт PWRKEY (39-й вивід) низьку напругу протягом щонайменше 1 с і прибрати її. Повторне подання низького рівня («земля») на контакт PWRKEY призводить до вимкнення модуля. Для цього використовується кнопка K1.

У вільному стані цей вивід вже підтягнутий до напруги +3 В всередині модуля, тобто немає необхідності введення зовнішньої схемної підтяжки для забезпечення його стабільної роботи.

Увімкнення та вимкнення живлення модуля може бути проконтрольовано за станом контакту STATUS (вивід 42), на якому буде присутній низький логічний рівень, коли модуль вимкнено. Разом з тим рівень на контакті STATUS все ж таки відображає стан послідовного порту модуля (його робочий стан) і тільки в другу чергу свідчить про включення або вимкнення самого модуля (Рисунок 4.4).

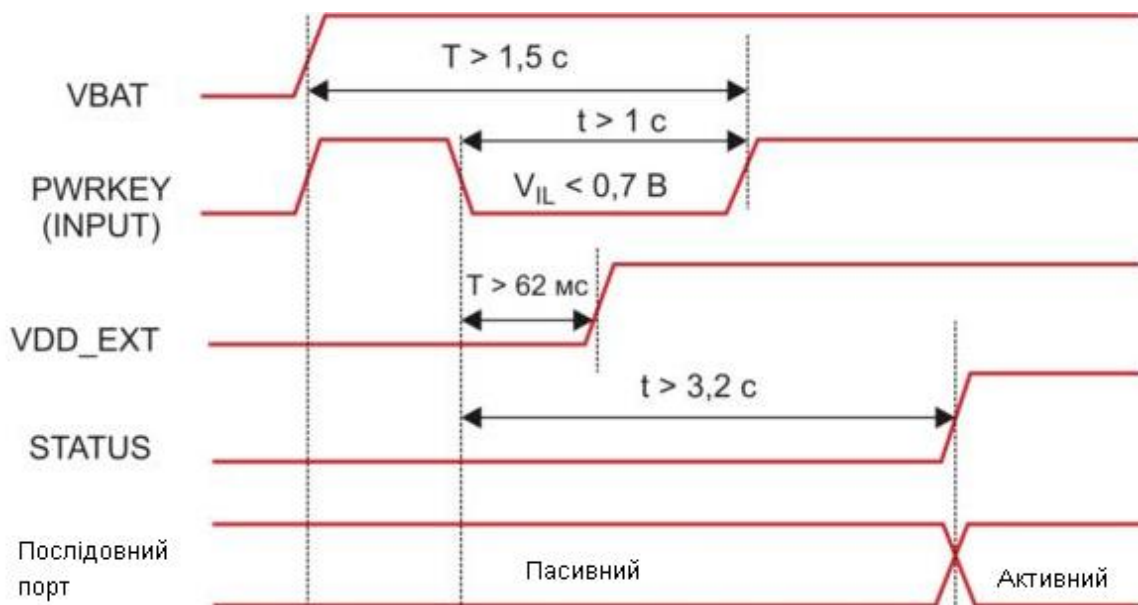


Рисунок 4.4 – Часові діаграми процесів під час увімкнення модуля за допомогою контакту PWRKEY [20]

Щоб вимкнути робочий модуль до його контакту PWRKEY потрібно застосувати напругу низького рівня щонайменше на 1,5с (Рисунок 4.5).

Модуль SIM868 може бути вимкнено апаратно (подачею та видаленням живлення або через PWRKEY) або програмно, командою AT+CPOWD=1. Використання цієї команди дозволяє реалізувати безпечне відключення, правильно виконати цикл передачі даних. У той же час, завершуючи процедуру вимкнення живлення, модуль надсилає URC-повідомлення: NORMAL POWER OFF.

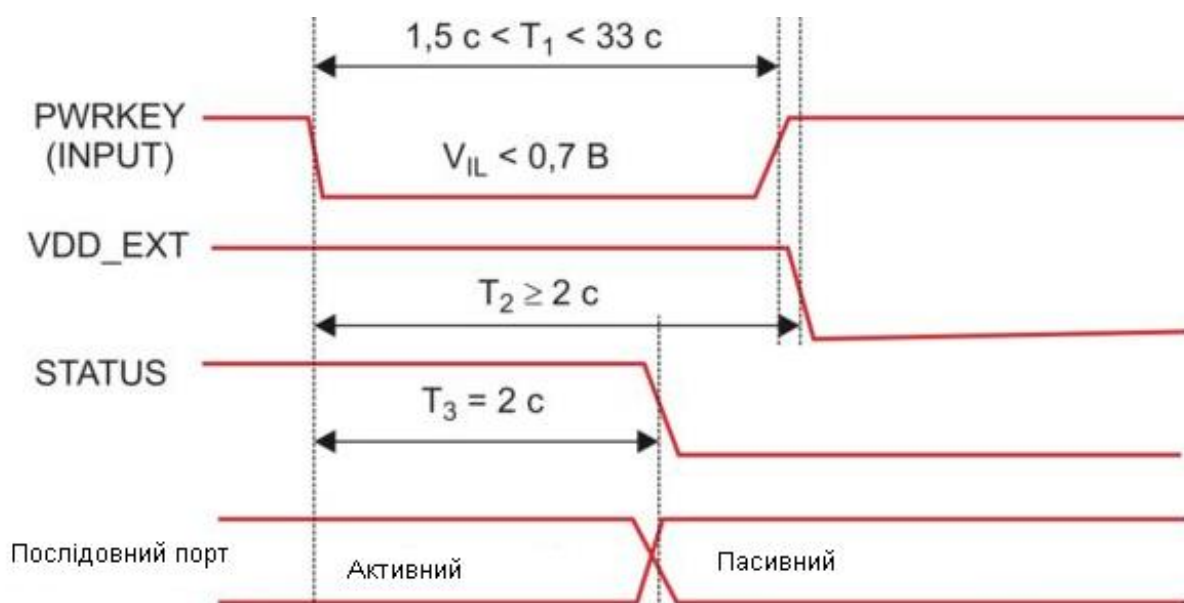


Рисунок 4.5 – Часові діаграми процесів під час вимкнення модуля за допомогою контакту PWRKEY [20]

Окремого контакту RESET модуль SIM868 немає. Перезапуск модуля реалізовується за допомогою контакту PWRKEY.

Перезапуск модуля є неможливим одразу після вимкнення. Через технічні особливості організації схеми, сигнал на поновлення роботи може бути прийнятий модулем лише після певної перерви, мінімальна тривалість якої становить 3с.

4.4 Інтерфейси

4.4.1 Інтерфейс GPS

Субмодуль GNSS модуля SIM868 використовує чіп від компанії MediaTek. Ресивер GNSS має 33 канали супроводу і 99 каналів виявлення, що при чутливості в режимі холодного старту 148дБм (у режимі супроводу - 166дБм), дозволяє досягти точності позиціонування 2,5 м (СЕР 50%), швидкості 0,1 м/с і сигналів точного часу (PPS). Частота оновлення координат – до 5Гц. Працює за порівняно низьким енергоспоживанням: 24мА в режимі захоплення, 21мА в режимі супроводу. Час старту GNSS-частини модуля: «холодний» старт - 29с, «теплий старт» - 22с, «гарячий» старт - <1с. Дані NMEA надходять на послідовний порт GNSS зі швидкістю 115200 біт/с.

«Гарячий» старт GNSS-частини здійснює збереження поточних координат і оновлених ефемерид на час вимкнення модуля, що потребує роздільного рішення ланцюгів GNSS_VBAT та GNSS_EN і управління включенням модуля через контакт GNSS_EN, що забезпечується у схемі подачею сигналу GPIO1 через резистор R12 (див. додаток А).

Обмін командами та даними між GNSS-частиною та мікроконтролером здійснюється через UART порт, для чого з'єднуються відповідні виводи читання та запису модуля, як це показано на рисунку 4.6.

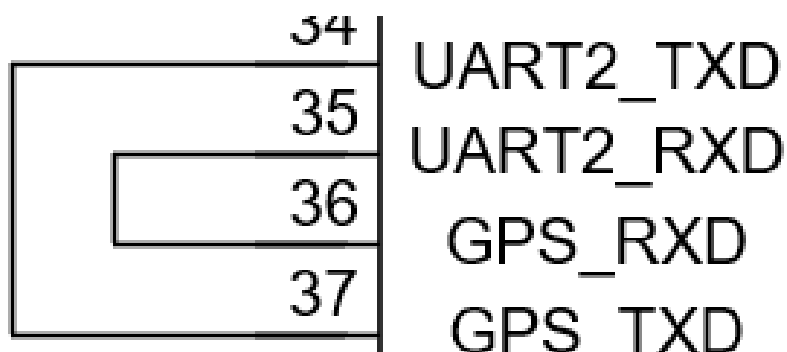


Рисунок 4.6 – З'єднання GPS-пристрою з UART-портом

4.4.2 Інтерфейс SIM-карти

SIM-інтерфейси модуля відповідають специфікаціям GSM Phase 1 та GSM Phase 2+ та підтримують роботу SIM CARD NANO, що обмінюються даними з модулем на швидкості 64кбіт/с. Живлення SIM-інтерфейсів здійснюється від внутрішнього стабілізатора модуля. Варіант підключення SIM-карти до модуля з використанням шестипінового SIM-холдера наведено на рисунку 4.7.

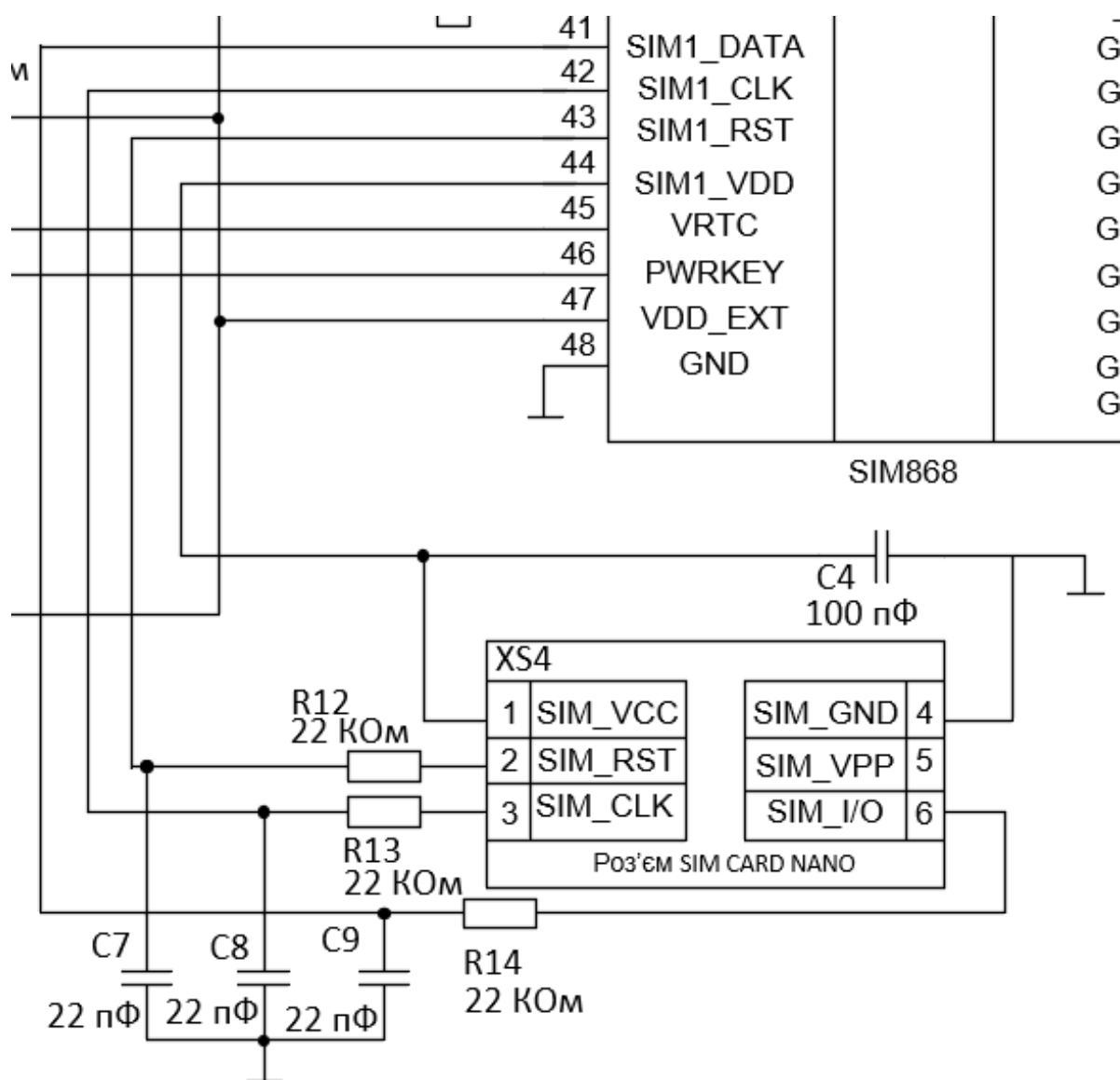


Рисунок 4.7 – Підключення роз'єму SIM CARD NANO

Для реагування системи на зняття трекеру з об'єкту руху використано мікрокнопку, яка притискується при встановленні трекеру за допомогою магнітного (або іншого) кріплення на об'єкті руху. При цьому на вхід інтерфейсу GPIO2 подається низький рівень. Програмно такий рівень оброблюється як дозвіл роботи трекеру. При знятті трекеру з об'єкту руху на вхід GPIO2 подається високий рівень, що програмно обробляється як команда зупинки та відключення трекеру та передачі відповідного повідомлення на сервер.

4.4.3 Послідовні порти та інтерфейс USB

Функціональність послідовного порту:

- підтримує режим функціонально повного пристрою;
- містить лінії отримання та передачі даних UART1_TXD/UART1_RXD, лінії апаратного управління UART1_RTS/UART1_CTS, лінії контролю стану UART1_DTR, UART1_DCD та UART1_RI;
- передбачає використання послідовного порту для GPRS та обслуговування AT-зв'язку; підтримує наступні швидкості передачі даних від хост-пристроїв у режимі автовибору: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200біт/с;
- підтримує можливість перепрограмування модуля.

UART2 представлений у модулі лініями RXD та TXD, має однакові швидкості обміну і дозволяє керувати модулем за допомогою AT-команд.

Апаратне керування потоком даних за замовчуванням вимкнено. AT-команда AT+IFC = 2, 2 дозволяє його вмикати.

AT-команда AT+IFC = 0,0 вимикає апаратне керування.

Синхронізація між DTE та DCE в послідовним портом.

USB-порт SIM868 використовується для перепрограмування його GSM-частини та для видалення діагностичних логів (debug-інтерфейс).

					IA81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Перепрограмування модуля по USB в середньому здійснюється на порядок швидше, ніж по UART, і вважається більш надійним.

Але оскільки модуль SIM868 підтримує Bluetooth зв'язок, то перелічені дії можна виконувати і без USB-порту. Такий підхід позитивно впливає на розміри пристрою, що додасть пристрою непомітності та покращить його надійність у використанні користувачем [21].

4.5 Антени bluetooth, GSM, GPS

Для організації зв'язку GSM, GPS та Bluetooth потрібно до відповідних виходів BT_ANT, GSM_ANT, GPS_ANT модуля SIM868 підключити роз'єми для відповідних антен, як наведено на рисунку 4.8.

Самі антени можна виконати на друкованій платі. При використанні коротких сполучних ліній (до 3см) найчастіше узгоджувальні елементи можна не встановлювати, істотно на якості роботи виробу це не позначиться.

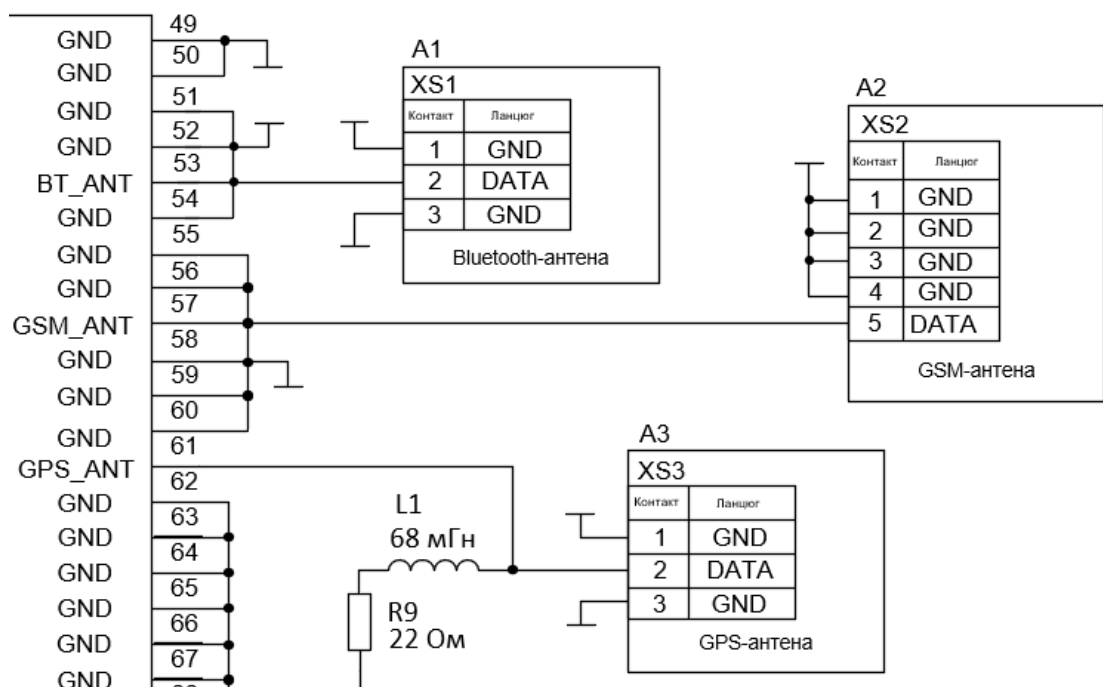


Рисунок 4.8 – Роз'єми для підключення антен GSM, GPS та Bluetooth до модуля SIM868

Проте контактні площадки для їх встановлення передбачено. У схемному та топологічному відношенні найбільш складним моментом є підключення активної антени GPS.

Організація живлення вибраної активної антени GPS залежить від її паспортної напруги живлення. Воно може бути спільним з живленням GSM- і GPS-частин модуля. В окремому випадку для цих цілей може бути використана напруга VDD_EXT модуля (2,8В, вивід 40).

4.6 Мікроконтролер STM32L051C8T6

Функціональна схема комбінованого модуля SIM868 наведена на Рисунок 4.9.

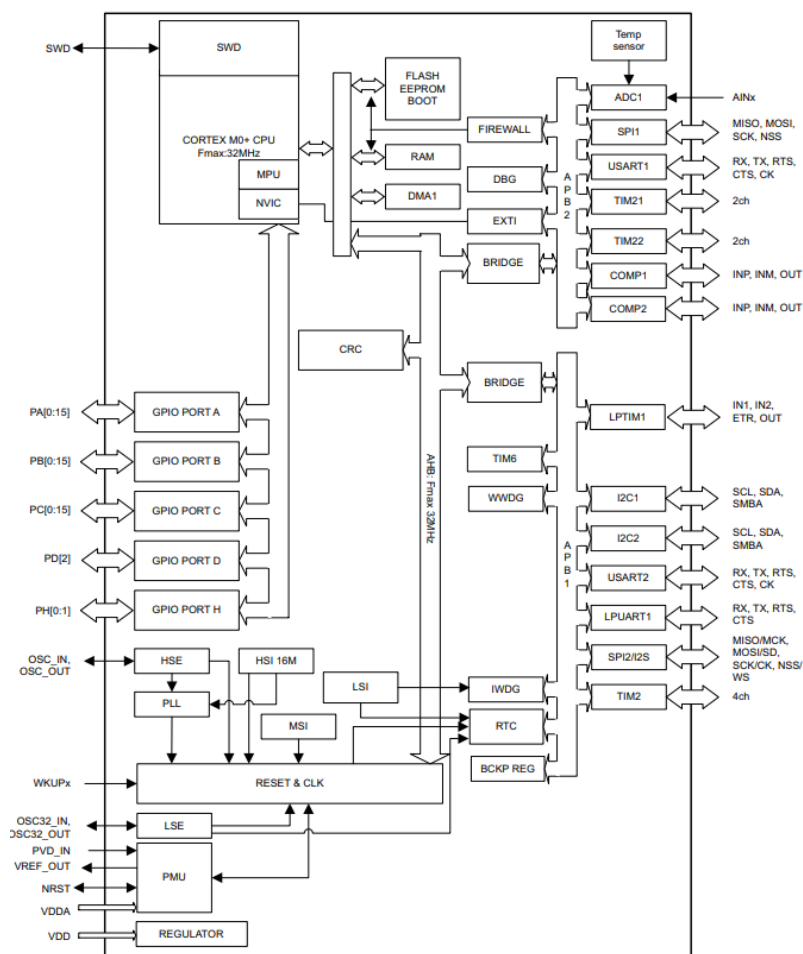


Рисунок 4.9 – Функціональна схема STM32L051C8T6

Для надсилання AT команд модулю SIM868 необхідно використати мікроконтролер, який буде підтримувати роботу з UART каналами та буде достатньо енергоефективним. STM32L051C8T6 відповідає всім зазначеним критеріям.

Дана мікросхема дозволяє передавати AT-команди зрозумілі модулю SIM868 для коректного налаштування його роботи. З використанням виводів, що підтримують роботу з UART каналами, можна повністю керувати функціонуванням підсистеми. Розташування контактів мікроконтролера зображене на рисунку 4.10.

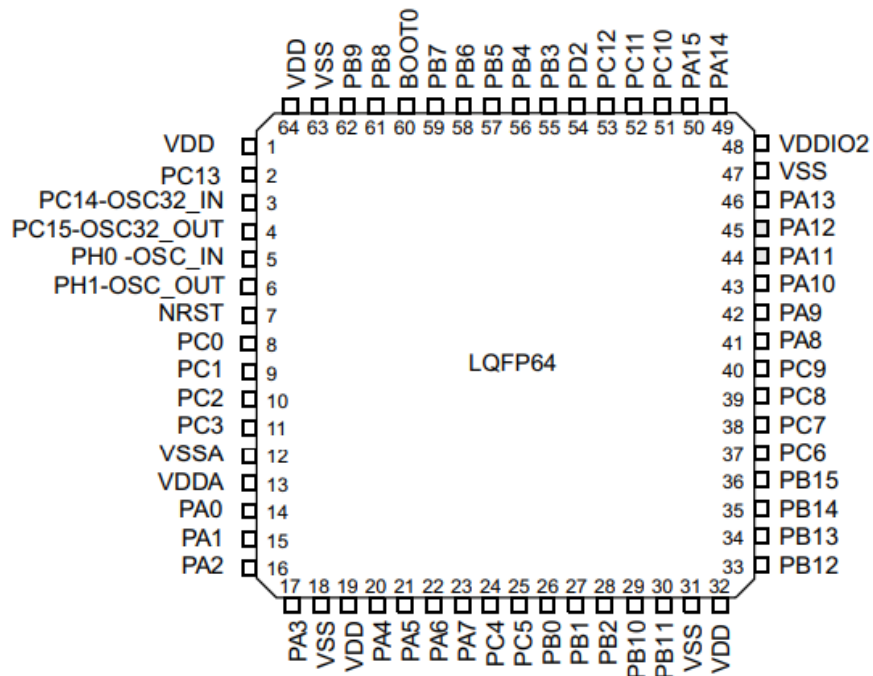


Рисунок 4.10 – Розташування контактів STM32L051C8T6

4.7 Мікросхема LSM9DS1 з акселерометром та гіроскопом

LSM9DS1 — це система, що містить 3D цифровий датчик лінійного прискорення, 3D цифровий датчик кутової швидкості та 3D цифровий магнітний датчик. LSM9DS1 має повну шкалу лінійного прискорення

$\pm 2g/\pm 4g/\pm 8/\pm 16g$, повну шкалу магнітного поля $\pm 4/\pm 8/\pm 12/\pm 16$ гаусів і кутову швидкість $\pm 245/\pm 500/\pm 2000$ dps.

LSM9DS1 включає інтерфейс послідовної шини I2C, що підтримує стандартний і швидкий режими (100кГц і 400кГц), і послідовний стандартний інтерфейс SPI.

Роботу компаса, акселерометра та гіроскопа можна ввімкнути або встановити в режимі вимкнення живлення окремо для інтелектуального керування живленням.

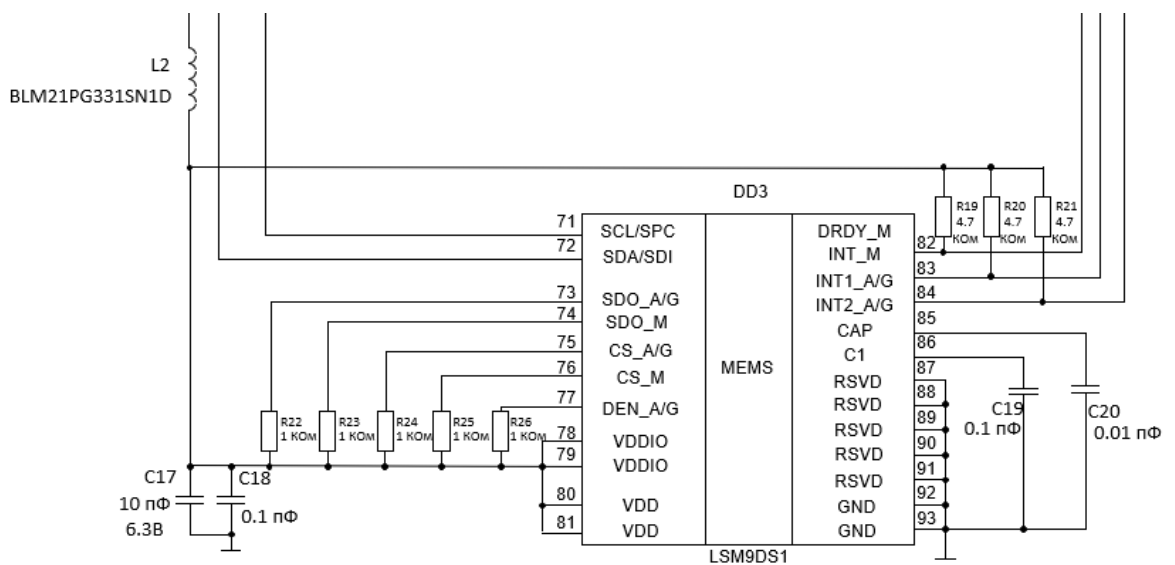


Рисунок 4.11. Електрична схема LSM9DS1

LSM9DS1 доступний у пластиковому корпусі LGA, і він гарантовано працюватиме в розширеному діапазоні температур від -40°C .

Увімкнення даного гіроскопу (Рисунок 4.11) відбувається напряму до мікроконтролера.

5 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Модуль SIM868 керується АТ-командами 3GPP TS та фірмовими АТ-командами SIMCom. Вбудовані АТ-команди в основному використовуються для вторинного розроблення модулів серії SIM868.

SIMCom надає відповідні функції API, ресурси та робоче середовище. Код застосунку клієнта працює всередині модуля SIM868, а зовнішній хост зберігається.

Вбудоване (Embedded) АТ складається з двох частин, одна з яких є основною програмою, а саме базовою системою, інша — програмою клієнта, а саме вбудованим додатком (Рисунок 5.1).

Основна система задає основні функції модуля та API для програми клієнта. Основні функції включають стандартні команди АТ, керування таймером, периферійний API та деякі загальні системні API.

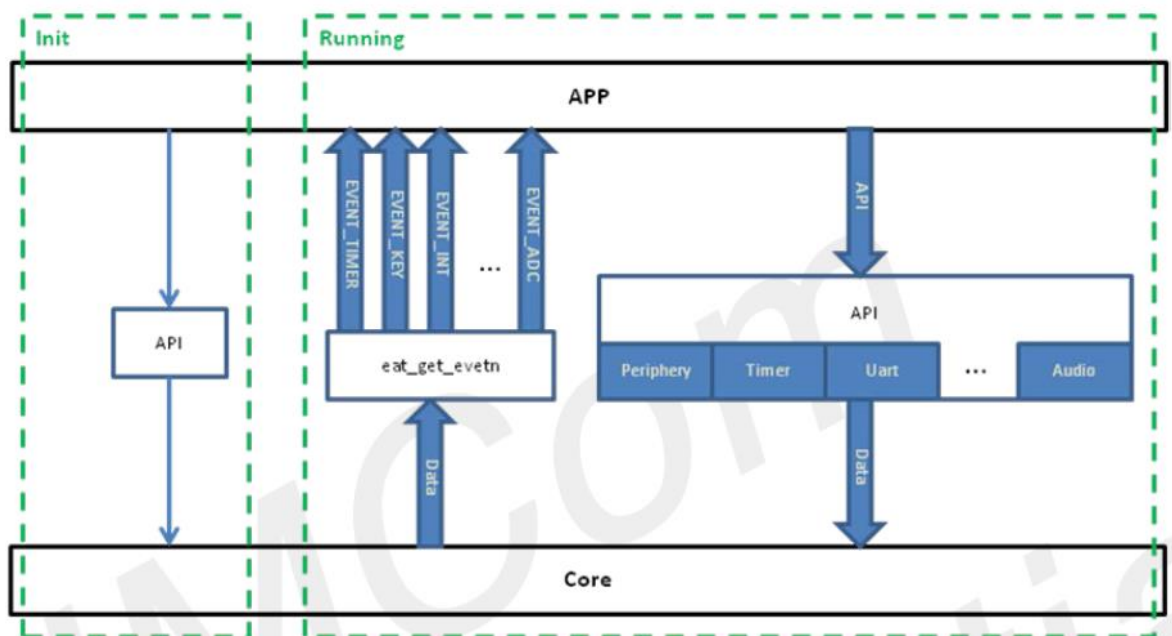


Рисунок 5.1 – Концептуальна модель програмного забезпечення системи [22]

Платформа забезпечує функціонування кількох потоків, та підтримує один основний потік і 8 допоміжних потоків, які в основному використовуються для зв'язку з системою, наприклад, для отримання системної події. Призупинений потік, який має високий пріоритет, буде викликаний раніше, ніж поточний потік, який має низький пріоритет, коли умова спрацьовує. В системі функціонуватимуть наступні потоки, наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Потоки програмного забезпечення системи

Пріоритет	Зміст потоку	APP	Розмір стеку/черги, Кбайт
210	Основна програма функціонування пристрою	app_main	10/80
211	Подія увімкнення / вимкнення пристрою	app_user1	10/50
212	Подія зняття пристрою з об'єкту руху	app_user2	10/50
213	Подія таймеру інтервалу запуску GPS	app_user3	10/50
214	Подія визначення GPS-координат	app_user4	10/50
215	Пошук GSM- зв'язку	app_user5	2/20
216	Поява Bluetooth сигналу	app_user6	2/20

Відповідна структура ініціалізації потоків даних описана в Додатку А.

Розмір стека EAT_USER_0 (EatEntry_st.entry) і розмір черги становлять 10 Кбайт і 80 Кбайт відповідно. EAT_USER_1 – EAT_USER_4 розмір стека та черги становлять 10 Кбайт і 50 Кбайт відповідно. EAT_USER_5 – EAT_USER_8 розмір стеку – 2 Кбайт, розмір черги – 20 Кбайт. Пріоритет поступово зменшується, тобто app_main>app_user1>...>app_user8.

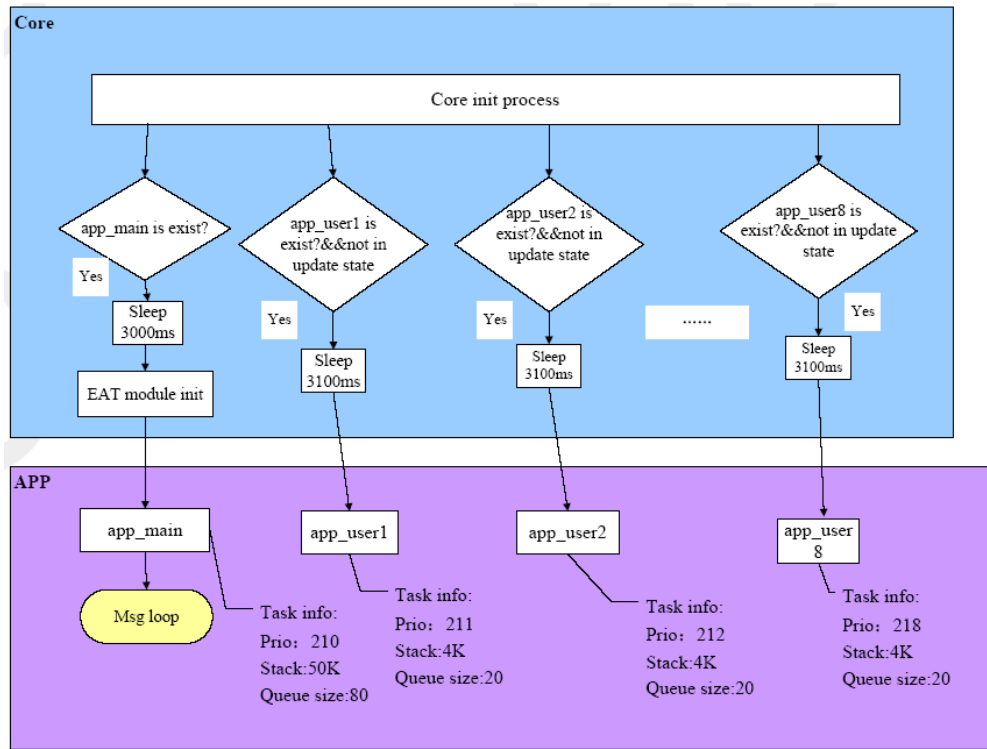


Рисунок 5.2 – Схема ініціалізації потоків [22]

API EAT_SLEEP_ENABLE дозволяє ввімкнути або вимкнути сплячий режим системи, що дозволяє працювати модулю у режимі економного електроспоживання. Дозволити системі перейти в режим сну можливо командою EAT_SLEEP_ENABLE (EAT_TRUE). Вимкнути систему для переходу в сплячий режим можна командою EAT_SLEEP_ENABLE (EAT_FALSE). Під час сплячого режиму модуль буде регулярно і автоматично прокидатися під час мережевої перевірки стану пристрою. Лише подія від ключів, переривання GPIO, таймеру, вхідного SMS або дзвінку може «розбудити» модуль і вивести із сплячого режиму.

Розподіл Flash-пам'яті стандартної версії EAT показано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розподіл FLASH пам'яті

Сектор	Початок	Кінець	Розмір (Byte)
Modem	10000000	102FFFFFF	3М (0x300000)
APP	90300000	9037FFFF	512K (0x80000)
FS	10380000	103FE000-1	504K (0x7E000)

RAM	F0380000	F03EFFFF	448K (0x70000)
-----	----------	----------	----------------

Значення APP в таблиці 5.2 – код програми клієнта та ROM-простір;

FS – простір файлової системи, включає системні параметри, параметри калібрування тощо. Простір файлової системи, наданий замовнику, також міститься в цьому просторі.

Система займає 200 КБ, тому розмір простору, який може використовувати клієнт, дорівнює розміру файлової системи за винятком 200КБ. Клієнт має різні вимоги до різних платформ, тому конфігурація адреси розміру Flash та RAM також може відрізнятись.

Програму можна оновити під час роботи модуля. Якщо процес був перерваний в середині, після наступного перезавантаження процес оновлення програми продовжиться з самого початку.

Таким чином, цей захист дозволить відновити модуль із ненормального стану. В кінці процесу модуль перезавантажує додаток і передає параметр в app_main.

Потік оновлення програми описано в Додатку Б.

Конфігурація адреси може відрізнятись залежно від вимог клієнта. Базову адресу та розмір програми можна отримати за допомогою інтерфейсів EAT_GET_APP_BASE_ADDR() і EAT_GET_APP_SPACE().

EAT надає деякі функції API для роботи з периферійними інтерфейсами:

- клавіша живлення, інтерфейс керування світлодіодами;
- інтерфейс зчитування АЦП;
- інтерфейс керування виходом ШІМ;
- аналоговий інтерфейс SPI;
- інтерфейс конфігурації переривань;
- інтерфейс керування читанням/записом GPIO.

У трекері, що проєктується, буде використано інтерфейс клавіши живлення, конфігурації переривань та керування читанням/записом GPIO.

					IA81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Командою EAT_POWEROFF_KEY_SW забезпечується інтерфейс керування PowerKey. Якщо цю функцію не увімкнено, то вимкнення модуля за допомогою клавіші вимикання здійснюється за замовчуванням. В разі отримання сигналу зняття пристрою з міста встановлення, подається команда програмного вимкнення пристрою EAT_KPLED_SW (EAT_FALSE).

У додатку В наведено визначення перерахування PIN-коду SIM868.

Якщо використовується режим переривання, викликаного рівнем, і режим переривання EVENT, клієнт повинен перевірити поточний стан контакту перед налаштуванням і налаштувати інший статус.

Наприклад, поточний статус контакту зняття з об'єкту руху LOW_LEVEL, тоді рівень тригера слід налаштувати на HIGH_LEVEL. Інакше ядро отримуватиме звіт про безперервні переривання, що може спричинити завантаження модуля. Або клієнт може спробувати інтерфейс eat_int_setup_ext і налаштувати останній параметр як протилежний рівень.

EAT підтримує ряд API-операцій для реалізації функції GPS, включаючи:

- вмикання та вимкнення живлення GPS;
- режим запуску: холодний запуск, теплий запуск та гарячий запуск;
- налаштування виходу NMEA (підтримувані режими: GPS+ГЛОНАСС, тільки GPS, GPS+BEIDOU), режим сну GPRS, геозона GPS.

Щоб реалізувати інтерфейс eat_gps_power_req, на платі виводи PIN-код gps_en та PIN57 слід об'єднати разом, інакше GPS не може бути активований.

Перелік AT-команд для реалізації перелічених операцій наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні команди інтерфейсу GPS

Function	Interface Function
eat_gps_power_req	Вимикнути & увімкнути GPS
eat_gps_power_status	Отримати GPS стан живлення
eat_gps_start_mode_get	Отримати GPS стартовий режим
eat_gps_start_mode_set	Встановити GPS стартовий режим

eat_gps_nmea_info_output	Встановити nmea тип вихідної інформації
eat_gps_sleep_set	Встановити GPS сплячий режим
eat_gps_sleep_read	Отримати GPS статус сплячого режиму
eat_gps_status_get	Отримати GPS поточний режим
eat_gps_geo_fence_set	Встановити GPS гео дані
eat_gps_geo_fence_read	Отримати параметри GPS гео даних

Функції API послідовного порту можуть виконувати наступні роботи:

- Передача даних через UART;
- Налаштувати режим UART;

Необхідно зарезервувати 2 порти для програми, будь-який з них можна вказати як порт AT або порт налагодження.

Основні повідомлення, що використовуються.

– EAT_EVENT_MDM_READY_RD – під час процесу надсилання модемом даних до EAT виконує зміну стану буфера TX з порожнього стану на непорожній, що призведе до повідомлення EAT. Розмір цього буфера TX становить 5Кбайт.

– EAT_EVENT_MDM_READY_WR – під час отримання модемом даних від EAT виконується зміна буфера RX з повного стану на неповний, що ініціює повідомлення для EAT. Розмір цього буфера RX становить 5Кбайт.

– EAT_EVENT_UART_READY_RD – коли UART отримує дані, відбувається зміна буфера RX з порожнього стану на непорожній спричинить це повідомлення до EAT. Розмір цього буфера RX становить 2Кбайт.

– EAT_EVENT_UART_READY_WR – коли UART надсилає дані, відбувається зміна буфера TX з повного стану на неповний спричинить це повідомлення до EAT. Цей буфер TX становить 2Кбайт.

– EAT_EVENT_UART_SEND_COMPLETE – коли UART надсилає дані, буфер TX змінюється з непорожнього статусу на порожній, а порожній статус DMA FIFO ініціює це повідомлення.

Трекер може надсилати, читати та видаляти повідомлення за допомогою АТ-команд, які перераховано в Додатку Д.

Виконання вказаних команд є необхідним для коректної роботи схеми та пристрою, адже переповнення пам'яті пристрою унеможливить подальшу його роботу або дуже сильно погіршить її продуктивність, що в свою чергу негативно відобразиться на досвіді користувача.

Швидкість каналу модема визначається пристроєм, який діє як DCE (Data Communication Equipment). Пристрій, підключений до нього, діє в ролі DTE (Data Terminal Equipment), тобто маршрутизатору, який дізнається про швидкість каналу від DCE. У пристрої активований автоматичний вибір швидкості передачі, налаштування зберігається в енергонезалежній флеш-пам'яті. Дане налаштування є дуже важливим, оскільки при встановленні різних швидкостей передачі виникне помилка та процес буде зупинений.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Оперативна інформація про місцезнаходження транспортного засобу необхідна як для приватних власників транспортних засобів, так і для бізнесменів, які бажає контролювати роботу свого транспорту. Для вирішення цього завдання на даний час виробниками пропонуються різні системи відстеження з рідними функціональними можливостями – від мінімальних (відстеження геолокації) до багатофункціональних (з контролем та дистанційним управлінням роботою транспортного засобу). Від виробника та обсягу функцій системи залежить і її цінова категорія.

У даній дипломній роботі вирішено завдання проєктування підсистеми відстеження місцезнаходження транспортного засобу, яка не тільки дозволяє здійснювати моніторинг руху групи транспортних засобів, а і сигналізувати події зняття трекеру з транспортного засобу, що відстежується. Така додаткова функція корисна тим, що запобігає випадкам шахрайства з боку водіїв, які забажають на деякий час припинити слідкування за їх переміщенням на транспортному засобі власника автівки.

Для вирішення поставленого завдання було проаналізовано актуальні системи навігації, представлені на ринку, та способи відстеження об'єктів руху; розглянуто технології віддаленої навігації транспортних засобів та сучасні мікропроцесори, які підтримують всі необхідні функції для надання можливості вирішення завдання геолокації за допомогою бездротового зв'язку на території, де присутнє покриття мережею.

Розроблено структурну та функціональну схеми підсистеми відстеження транспортного засобу відстеження, які відображають головні логічні елементи пристрою, які необхідні для вирішення поставлених завдань.

Було побудовано алгоритм роботи пристрою, який враховує стани трекеру та спрямований на оптимізацію використання електроенергії для

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

економії заряду батареї, що в свою чергу дозволяє подовжити термін роботи від однієї батареї.

Базовим елементом трекеру обрано модуль SIM868, зроблений на чипсеті MediaTek, який надає широкі можливості для виробників M2M обладнання: підтримку Bluetooth BR/ED та низьке енергоспоживання, покращену стабільність та якість роботи навігаційної частини. Наявність функціональності RAIM робить цей модуль одним із найпривабливіших з пристроїв, де потрібні компактні розміри та широка функціональність.

На базі модуля SIM868 розроблена схема електрична принципова пристрою трекеру та програма його функціонування.

Для моніторингу місцезнаходження та стану трекерів, встановлених на транспортних засобах, використовується веб-платформа яка є підсистемою сповіщення користувача. Інформація зрозуміло представлена на мапі або у вигляді повідомлень.

Розроблений трекер побудована на багатфункціональному модулі SIM868, що дозволяє розширювати функціональні можливості системи шляхом додання у програмний код додаткових модулів та розширення діючого інтерфейсу.

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GPS трекер. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zGIRL-k8BpU>
(останнє звернення: 02.06.2022)
2. Як сконструювати GPS-трекер. URL: <https://brymes.tingcu.pp.ua/limma/gps-treker-zrobiti-samomu.html> (останнє звернення: 05.06.2022)
3. Функції GPS трекера. URL: <https://www.thetrackr.com/features/> (останнє звернення: 05.06.2022)
4. Samsung Galaxy Smart Tag. URL: Samsung Galaxy Smart Tag. URL: <https://www.samsung.com/ua/mobile-accessories/galaxy-smarttag-black-ei-t5300bbegru/> (останнє звернення: 05.06.2022)
5. Baseus GPS Tracker. URL: <https://www.baseusonlinestore.com/baseus-wireless-smart-tracker-anti-lost-alarm-tracker-key-finder-child-bag-wallet-finder-app-gps-record-anti-lost-alarm-tag/> (останнє звернення: 05.06.2022)
6. Apple Smart Tag. URL: <https://www.apple.com/ua/airtag/>
7. З'єднання з бездротовими мережами. URL: <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardNano> (останнє звернення: 06.06.2022)
8. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / К. Легат, М. Візер; ред.: О. Є. Смолінська. — Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2006. — 449 с (останнє звернення: 06.06.2022)
9. Огляд STM32. URL: <https://evo.net.ua/obzor-serii-stm32-nucleo-boards> (останнє звернення: 07.06.2022)
10. Огляд мікросхем виконаних на архітектурі ARM. URL: <https://www.arm.com/> (останнє звернення: 07.06.2022)
11. Огляд мікросхем, що підтримують Bluetooth <https://articles.greenchip.com.ua/1-0-0-1.html> (останнє звернення: 08.06.2022)

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

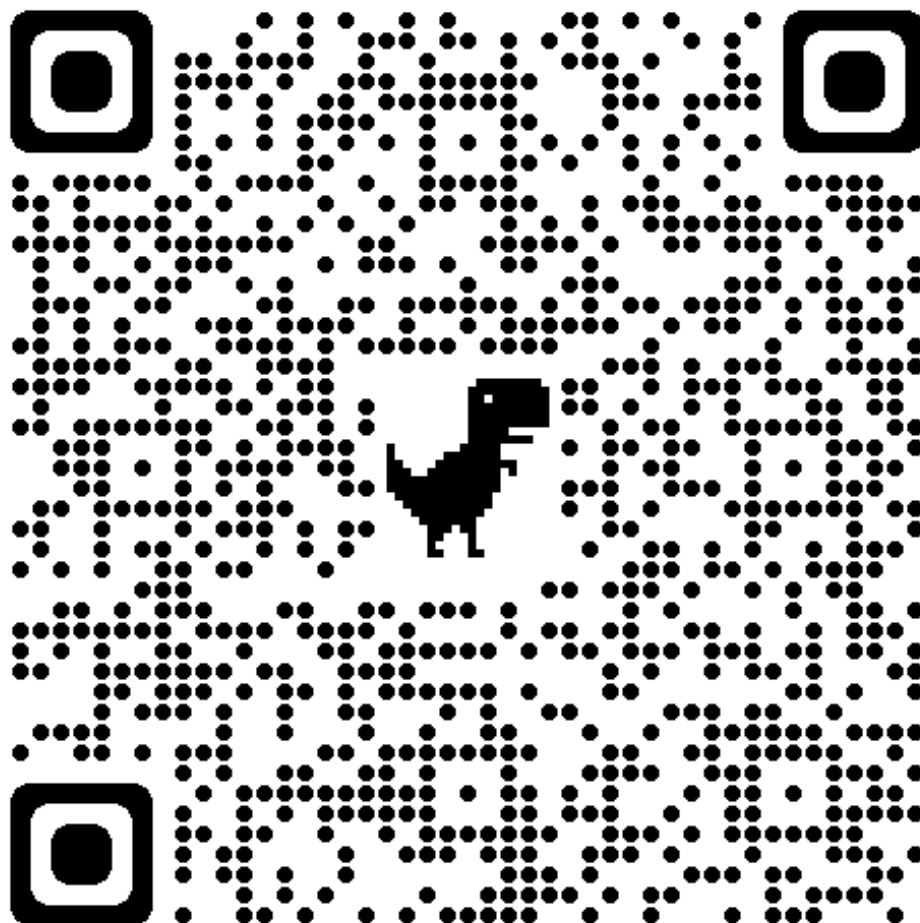
12. Інтегрування мікросхем в системи відстеження. URL: <https://www.microchip.com> (останнє звернення: 08.06.2022)
13. Приклади використання мікроконтролера ESP32. URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/> (останнє звернення: 08.06.2022)
14. Ознайомлення з особливостями ESP32// URL: https://www.youtube.com/watch?v=xPIN_Tk3VLQ (останнє звернення: 10.06.2022)
15. Огляд мікропроцесорів сім'ї ESP32. URL: <https://www.espressif.com/en> (останнє звернення: 10.06.2022)
16. GSM модуль на SIM800L. URL: <https://arduino.ua/prod1665-gsm-modul-na-sim800l> (останнє звернення: 10.06.2022)
17. Інструкція роботи з SIM 868. URL: https://www.waveshare.com/wiki/File:SIM868_GNSS_Application_Note_V1.00.pdf (останнє звернення: 11.06.2022)
18. Команди, що використовуються з SIM868. URL: https://www.waveshare.com/wiki/File:SIM868_RF_Design_Application_Note_V1.00.pdf (останнє звернення: 11.06.2022)
19. Робота з Bluetooth частиною SIM868. URL: https://www.waveshare.com/wiki/File:SIM800_Series_Bluetooth_Application_Note (останнє звернення: 11.06.2022)
20. Загальні відомості про сімейство мікропроцесорів SIM. URL: www.simcomm2m.com (останнє звернення: 11.06.2022)
21. Специфікації Bluetooth. URL: www.bluetooth.com/specifications/gatt (останнє звернення: 12.06.2022)
22. Програмування модуля SIM. URL: www.simcom.com (останнє звернення: 12.06.2022)

					ІА81.070БАК.003 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

ДОДАТОК А

Ініціалізація потоків даних

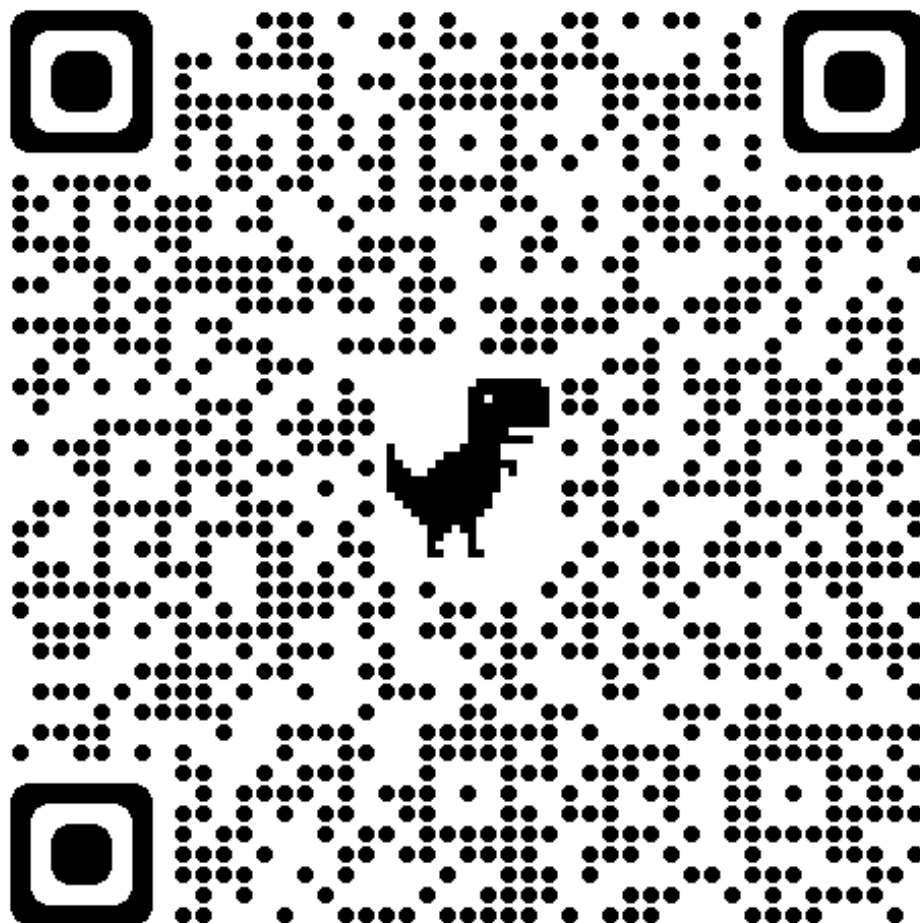
<https://github.com/DmGrt/Vehicle-theft-alert-system.-Tracking-subsystem/blob/main/DataFlowInit.c>



ДОДАТОК Б

Ініціалізація сховища даних

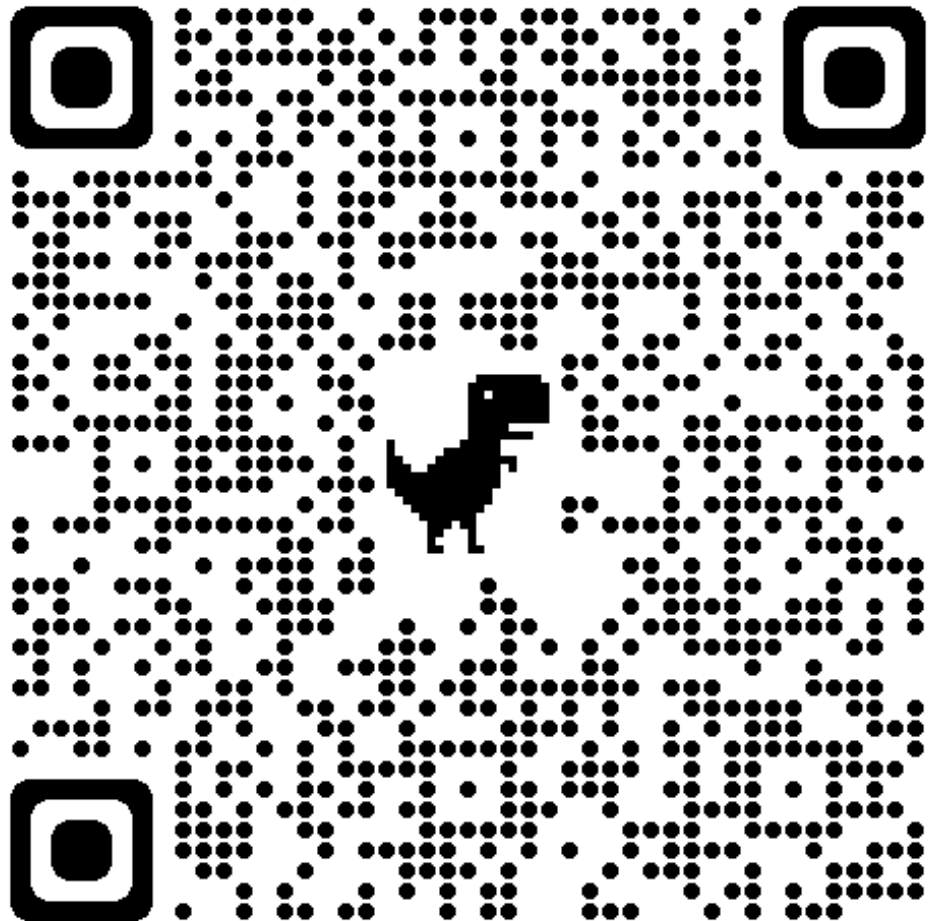
<https://github.com/DmGrt/Vehicle-theft-alert-system.-Tracking-subsystem/blob/main/DataStorageInit.c>



ДОДАТОК В

Визначення та обробка подій

<https://github.com/DmGrt/Vehicle-theft-alert-system.-Tracking-subsystem/blob/main/EventRecognitionAndProcessing.c>



ДОДАТОК Д
Конфігурація портів

<https://github.com/DmGrt/Vehicle-theft-alert-system.-Tracking-subsystem/blob/main/PortsConfig.c>

