

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет

імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра комп'ютерної інженерії

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,

д-р техн. наук, проф.

_____ І. М. Журавська

«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Портативний навігатор на базі GSM-GPRS

Arduino Shield

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

123 – КБР.01 – 405.22230502

Студент

_____ І. М. Беспалько

підпис

«__» _____ 2024 р.

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент

_____ С. В. Пузирьов

підпис

«__» _____ 2024 р.

Миколаїв – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____ І. М. Журавська

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи

Видано студенту групи 405 факультету комп'ютерних наук

_____ Беспалько Ігорю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield

Затверджена наказом по ЧНУ ім. Петра Могили від 30.01.2024 № 17.

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи « _____ » _____ 20__ р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні

Очікуваним результатом роботи є апаратне та програмне забезпечення портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

Проаналізувати поточні технології та продукти для портативних навігаторів; розробити концептуальну модель портативного навігатора з використанням GSM-GPRS Arduino Shield; розробити апаратну частину портативного навігатора; розробити програмне забезпечення, яке оброблятиме навігаційні дані та контролюватиме його функції; розробити та провести тестування портативного навігатора.

5. Перелік графічних матеріалів

Зображення використаних компонентів

Зображення схем пінів

Зображення блок-схеми

Зображення макетної схеми, принципової електричної схеми та схеми розміщення на друкованій платі

6. Завдання до спеціальної частини

Описати основні вимоги до портативних навігаторів на базі GSM-GPRS і їх вплив на ефективність та безпеку навігації. Проаналізувати точність і надійність навігаційних рішень у складних умовах. Розглянути енергоспоживання та автономність роботи пристроїв для тривалої експлуатації без підзарядки. Визначити вимоги до апаратного та програмного забезпечення для стабільної роботи.

7. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Макарова О. В. магістр еколог, старший викладач	кафедра екології Медичного інституту ЧНУ імені Петра Могили	Спеціальна частина з охорони праці

Керівник роботи

канд. фіз.-мат. наук, доцент Пузирьов Сергій Володимирович

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання

Беспалько Ігор Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

(підпис)

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20 ____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання кваліфікаційної роботи

Тема: Портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Розробка та затвердження завдання на виконання КР	21.12.2023	22.12.2023	Виконав
2	Огляд літератури за темою роботи	15.01.2024	18.02.2024	Виконав
3	Складання календарного плану КБР	19.02.2024	06.03.2024	Виконав
4	Аналіз предметної області	19.02.2024	04.03.2024	Виконав
5	Розробка проєктних рішень	23.02.2024	09.03.2024	Виконав
6	Моделювання та конструювання АПЗ	20.02.2024	27.02.2024	Виконав
7	Перевірка працездатності, тестування та апробація розробленого АПЗ, аналіз результатів тестування	01.03.2024	04.03.2024	Виконав
8	Відгук керівника КР	09.06.2024	09.06.2024	Виконав
9	Оформлення КБР та презентації	15.05.2024	04.06.2024	Виконав
10	Попередній захист	28.05.2024	04.06.2024	Виконав
11	Рецензування	04.06.2024	10.06.2024	Виконав
12	Завершення оформлення КР та презентації	04.06.2024	10.06.2024	Виконав
13	Захист бакалаврської кваліфікаційної роботи	.06.2024	.06.2024	Виконав

Розробив здобувач ВО Беспалько Ігор Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи доцент кафедри КІ Пузирьов Сергій Володимирович
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)
« ____ » _____ 2024 р.

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи

«Портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield»

Студент 405 гр.: Беспалько Ігор Миколайович

Керівник: канд. фіз.-мат. наук, доцент Пузирьов Сергій Володимирович

Кваліфікаційна бакалаврська робота присвячена розробці портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield для визначення місцезнаходження користувача на основі GSM та A-GPS технологій. Розглянуто наявні в наш час методи та способи проектування систем з використанням мікроконтролера Arduino Uno R3. Практичне значення отриманих результатів полягає у дослідженні особливостей створення та реалізації ефективного навігаційного пристрою на основі Arduino Uno R3, GSM-GPRS модуля SIM900, GPS модуля NEO-6M, а також модулів живлення MT3608 та TP4056, і інтеграції їх з мобільними телефонами для передачі координат.

Пояснювальна записка кваліфікаційної бакалаврської роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі досліджуються різноманітні технології визначення місцезнаходження за допомогою GSM та A-GPS, що є об'єктом дослідження; проводиться аналіз існуючих прототипів і технічних рішень систем з використанням Arduino. У другому розділі наведені дані про підходи до проектування системи та алгоритм її створення. У третьому розділі наведені дані про реалізацію програмно-апаратного комплексу та результати тестування. Четвертий розділ присвячений охороні праці в контексті портативних навігаторів. У висновках наведено аналіз виконаної роботи та отриманих результатів дослідження та розроблення.

У додатку А наведена довідка про унікальність, а в Б наведено програмний код, що використовувався в проєкті. В цілому, кваліфікаційна бакалаврська робота без додатків містить 66 сторінки, 28 рисунків, 10 таблиць, 20 джерел посилання та 2 додатки.

Ключові слова: *портативний навігатор, GSM, GPRS, GPS, Arduino, Shield, C++.*

ABSTRACT

of the Bachelor's Thesis

"Portable navigator based on GSM-GPRS Arduino Shield"

Student: Bepalko Ihor Mykolayovych

Supervisor: candidate physics and mathematics Sciences, associate professor
Puzyryov Serhii Volodymyrovych

The bachelor's thesis is devoted to the development of a portable navigator based on the GSM-GPRS Arduino Shield for determining the user's location based on GSM and A-GPS technologies. The currently available methods and ways of designing systems using the Arduino Uno R3 microcontroller are considered. The practical significance of the obtained results lies in the study of the features of the creation and implementation of an effective navigation device based on the Arduino Uno R3, the SIM900 GSM-GPRS module, the NEO-6M GPS module, as well as the MT3608 and TP4056 power modules, and their integration with mobile phones for coordinate transmission.

The explanatory note of the bachelor thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions and appendices. The introduction determines the relevance of the topic, formulates the goal, object, subject and task of research and development of a bachelor's thesis. The first chapter explores the various technologies for positioning using GSM and A-GPS, which is the subject of the study; analysis of existing prototypes and technical solutions of systems using Arduino is carried out. The second section provides data on approaches to system design and the algorithm for its creation. The third section contains data on the implementation of the hardware and software complex and the results of testing. The fourth chapter is devoted to labor protection in the context of portable navigators. The conclusions provide an analysis of the work performed and the obtained results of research and development.

Appendix A provides a certificate of uniqueness, and B provides the program code used in the project. In general, the bachelor thesis without appendices contains 66 pages, 28 figures, 10 tables, 20 reference, and 2 appendices.

Keywords: *portable navigator, GSM, GPRS, GPS, Arduino, Shield, C++.*

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

EEPROM	– Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
GPRS	– General Packet Radio Service
GPS	– Global Positioning System
GSM	– Global System for Mobile
I2C	– Inter-Integrated Circuit
IoT	– Internet of Things
LAC	– Local Area Code
MCC	– Mobile Country Code
MNC	– Mobile Network Code
PDU	– Protocol Data Unit
PWM	– Pulse-Width Modulation
PWM	– Pulse-Width Modulation
RSSI	– Received Signal Strength Indicator
SIM	– Subscriber Identity Module
SMS	– Short Message Service
SPI	– Serial Peripheral Interface
SRAM	– Static Random Access Memory
TOA	– Time of Arrival
TTF	– Time to First Fix
UART	– Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USB	– Universal Serial Bus
Wi-fi	– Wireless Fidelity

ВСТУП

Актуальність теми: сучасні технології мобільного зв'язку та глобальних навігаційних систем відкривають великий потенціал для розробки портативних пристроїв, які забезпечують високий рівень мобільності та точності навігації. Портативні навігатори є актуальними, оскільки вони можуть надавати точну та надійну навігацію навіть у тих випадках, коли традиційні GPS сигнали відсутні. Це може бути важливо для водіїв, туристів, рятувальників та інших користувачів, які потребують швидкої навігаційної інформації.

Особливо це важливо в умовах, де доступ до стандартних навігаційних засобів обмежений. У таких ситуаціях портативні навігатори на базі GSM-GPRS можуть забезпечити безперервний зв'язок і передачу даних, що є критично важливим для безпеки та ефективності роботи користувачів. Крім того, розвиток технологій Інтернету речей (IoT) та інтеграція навігаційних функцій у компактні пристрої відкриває нові можливості для створення інноваційних рішень, які відповідають сучасним потребам мобільності.

Крім того, портативні навігатори можуть мати широкий спектр застосувань у різних галузях, включаючи логістику, транспорт, рибальство та сільське господарство. Їх універсальність і здатність інтегруватися з іншими технологіями роблять їх незамінними інструментами для багатьох професій і видів діяльності.

Незважаючи на швидкий розвиток технологій, на ринку досі бракує універсальних рішень, які могли б одночасно забезпечити високу точність, надійність і доступність за помірною ціною. Тому дослідження та розробка портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield не тільки заповнить цей пробіл, але й сприятиме подальшому розвитку інтегрованих навігаційних систем. Це дослідження спрямоване на створення практичного та ефективного рішення, яке може використовуватись у різних сферах,

забезпечуючи користувачам необхідну навігаційну підтримку в будь-яких умовах.

Мета: розробка портативного навігатора на базі Arduino Shield GSM-GPRS, використовуючи існуючі технології мобільного зв'язку та глобальну навігаційну систему.

Відповідно до мети визначено такі завдання:

- проаналізувати поточні технології та продукти для портативних навігаторів;
- розробити концептуальну модель портативного навігатора з використанням GSM-GPRS Arduino Shield;
- розробити апаратну частину портативного навігатора;
- розробити програмне забезпечення, яке оброблятиме навігаційні дані та контролюватиме його функції;
- розробити та провести тестування портативного навігатора.

Об'єкт: портативні навігаційні системи, що використовують технології GSM-GPRS та A-GPS для визначення та передачі координат місцезнаходження в реальному часі.

Предмет: портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ

1.1 Актуальність теми

У глобальному світі мобільність і точність навігації є життєво важливими для багатьох видів діяльності, таких як логістика, рятувальні операції, туризм і особиста навігація. Оскільки користувачі очікують більшої точності та надійності, попит на надійні портативні навігаційні системи постійно зростає. В умовах швидкого розвитку міської інфраструктури, частого використання автомобілів та активного відпочинку на природі, виникає необхідність у пристроях, що можуть забезпечити стабільну роботу в будь-яких умовах. Сучасні портативні навігатори повинні бути здатними надавати точну та своєчасну інформацію про місцезнаходження користувача навіть в умовах обмеженого доступу до традиційного GPS сигналу.

Розробка портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield є актуальною через низку факторів [1]:

- зростає потреба в надійній та точній навігації для людей, які часто подорожують або працюють у важкодоступних місцях;
- відсутність на ринку універсальних і економічних рішень що можуть забезпечити стабільну роботу навігатора в міських районах або густих лісах;
- швидкий розвиток технологій Інтернету речей (IoT) і мобільного зв'язку створює нові можливості для інтеграції комунікаційних і навігаційних функцій у компактні пристрої.

Таким чином, створення портативного навігатора може задовольнити зростаючий попит на універсальні, економічні та надійні рішення для навігації. Враховуючи швидкий розвиток технологій та зростаючу потребу в точній навігації, це рішення має потенціал стати важливим інструментом у багатьох сферах життя.

1.1.1 Проблеми традиційних GPS-навігаторів в умовах обмеженого доступу до сигналу. Переваги використання GSM-GPRS та A-GPS технологій

Традиційні GPS-навігатори мають обмеження в містах, густих лісах або гірських районах, де GPS сигнал може бути поганим або відсутнім [2]. Це призводить до втрати точності навігаційного пристрою або його повного припинення роботи. Така втрата сигналу може відбуватися через перешкоди, які є природними або штучними, наприклад, високі будівлі, густа рослинність, погані погодні умови або географічні особливості місцевості. Такі обмеження знижують надійність навігації та можуть призвести до небезпечних ситуацій, особливо якщо користувачі покладаються на точні навігаційні дані. До того ж, коли зв'язок з супутником втрачений, традиційні GPS-навігатори не завжди можуть швидко відновити зв'язок, що погіршує їх ефективність (рис. 1.1).

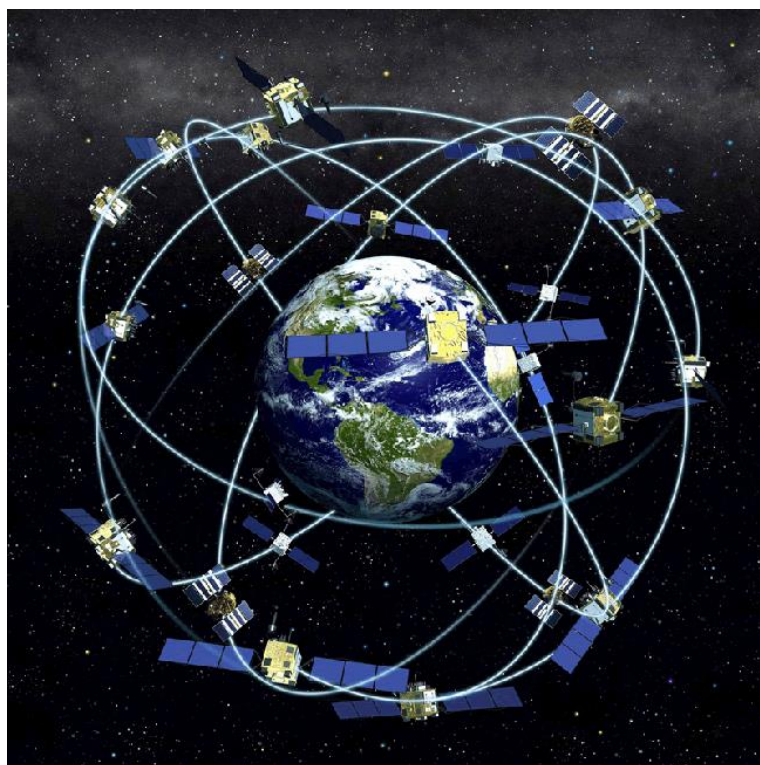


Рисунок 1.1 – Земля оточена навігаційними супутниками.

Крім того, час відновлення сигналу після його втрати може бути значним, що створює додаткові проблеми для користувачів. Наприклад, часта втрата сигналу GPS під час руху в умовах міста може призвести до неправильних маршрутів, затримок і інших проблем. Рятувальники та туристи часто працюють у віддалених і важкодоступних місцях, де точна навігаційна інформація може бути ще важливішою.

Інтеграція GSM-GPRS та A-GPS технологій у портативні навігатори надає значні переваги у порівнянні з традиційними GPS-навігаторами. GSM-GPRS технології дозволяють отримувати навігаційні дані через мобільну мережу, що дозволяє отримувати інформацію про місцезнаходження навіть у місцях, де GPS сигнал слабкий. Це можливо завдяки використанню веж мобільного зв'язку, які покривають більшість населених пунктів і навіть віддалені райони.

Технологія A-GPS (Assisted GPS) прискорює процес визначення місцезнаходження за допомогою даних, отриманих від мобільних мереж [3]. Це досягається за допомогою даних про розташування супутників, які були попередньо завантажені, що дозволяє швидше обчислити поточне місцезнаходження пристрою.

Завдяки цим технологіям портативні навігатори на базі GSM-GPRS та A-GPS можуть забезпечувати більш точну навігацію. Навіть у найскладніших умовах вони працюють безперервно, оскільки мають здатність швидко відновити навігаційні дані, якщо зникає сигнал. Крім того, завдяки цим технологіям можна додати додаткові функції до навігатора, такі як передача даних у реальному часі, оновлення картографічної інформації, відстеження маршрутів та інші сервіси, що підвищують його функціональність і привабливість для користувача.

1.2 Огляд існуючих рішень системи, що розробляється

1.2.1 Огляд сучасних технологій навігації на базі GSM-GPRS та A-GPS

GSM-GPRS (Global System for Mobile Communications - General Packet Radio Service) [5]: багато портативних навігаційних систем використовують GSM-GPRS для передавання даних. Ця технологія дозволяє навігатору працювати в зонах покриття мобільних мереж, навіть коли сигнал GPS недоступний або слабкий. Навігація за допомогою GSM-GPRS має кілька важливих переваг:

- широке покриття – мобільні мережі GSM доступні в багатьох місцях, що дозволяє використовувати навігатор практично всюди, де є мобільний зв'язок;
- реальний час – передача даних у реальному часі забезпечує оновлення місцезнаходження, що важливо для навігаційних завдань;
- низька ціна – порівняно низька вартість GSM-GPRS робить цю технологію вигідною для навігаторів.

A-GPS є модифікацією традиційного GPS, яка використовує допоміжні дані від мобільних мереж для підвищення точності позиціонування та скорочення часу визначення місцезнаходження (TTFF – Time to First Fix). Переваги A-GPS включають такі речі:

- швидкість визначення координат – A-GPS значно скорочує час визначення координат. Це особливо корисно, коли пристрій запускається вперше або коли втрачає сигнал;
- підвищена точність – точніше місцезнаходження можна визначити за допомогою додаткових даних від мобільних мереж;
- надійність – A-GPS покращує роботу навігатора, дозволяючи отримувати координати коли сигнал GPS слабкий або нестабільний.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця GSM і GPRS

Характеристика	GSM	GPRS
Частотні діапазони	900 MHz і 1800 MHz	850, 900, 1800 і 1900 MHz
Тип трафіку	Комутований по каналу	Пакетний
Концепція області	Область місцезнаходження	Область маршрутизації
Час підключення до мережі	Довше, симетричний режим	Швидше, асиметричний режим (до 114 kbps)
Інтернет-послуги	Інтернет-послуги не надаються, комунікація здійснюється через повідомлення або дзвінки [4]	Інтернет-послуги надаються через бездротові системи
Інтеграція	GSM не включає GPRS, що спрощує комунікацію	GPRS включає GSM, дозволяючи використовувати послуги GSM навіть при використанні GPRS
Покриття	Майже всі країни та віддалені райони	Не всі країни та віддалені райони
Тайм-слоти	Один тайм-слот на користувача	Кілька тайм-слотів на користувача, що дозволяє використовувати різні застосунки одночасно

Порівнюючи GSM та GPRS за основними характеристиками, видно що GSM краще підходить для комутації каналів і підтримки дзвінків і повідомлень, тоді як GPRS краще підходить для пакетної передачі даних і доступу до Інтернету (табл. 1.1). GPRS забезпечує більш швидке підключення

та можливість одночасного використання кількох додатків, а GSM має ширше покриття, навіть в віддалених районах.

1.2.2 Аналіз апаратних платформ для розробки портативних навігаторів

Для створення портативних навігаторів можна використовувати різні апаратні платформи, такі як Arduino, Raspberry Pi, ESP32 та інші мікроконтролери, але кожна платформа має свої переваги та недоліки, які впливають на те, яку платформу вибрати для свого проєкту.

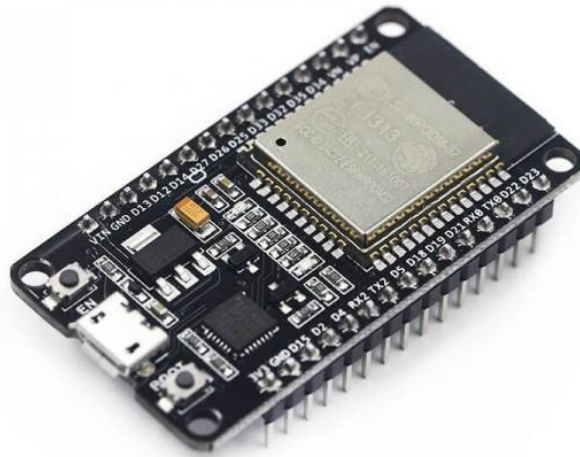


Рисунок 1.2 – плата ESP32

Опис Arduino та подібних платформ:

– Arduino – це одна з найпопулярніших платформ для розробки портативних електронних пристроїв. Arduino пропонує широкий вибір додаткових модулів і щитів (shields), включаючи GSM-GPRS Shield, який полегшує інтеграцію функцій мобільного зв'язку та навігації. Arduino ідеально підходить для проєктів початкового та середнього рівня складності, оскільки він легко програмується та має велику спільноту розробників. Обмежена

обчислювальна потужність і пам'ять є недоліком, який може бути важливим для деяких застосувань;

– Raspberry Pi ця платформа пропонує більше обчислювальної потужності та функціональності в порівнянні з Arduino. Raspberry Pi має здатність запускати повноцінні операційні системи, такі як Raspbian, яка базується на Linux, і дозволяє використовувати широкий спектр програмних і бібліотечних програм. Raspberry Pi ідеально підходить для більш складних проєктів, у яких потрібно виконувати складні алгоритми або обробляти великі обсяги даних. З іншого боку, це може бути недоліком для портативних пристроїв, оскільки Raspberry Pi менш компактний і споживає більше енергії, ніж Arduino.

– ESP32 є чудовою платформою, оскільки має вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth (рис. 1.2). Завдяки яким ESP32 пропонує можливості бездротового зв'язку без додаткових модулів. Ця платформа також має високу енергоефективність, потужний мікропроцесор, та велику кількість периферійних інтерфейсів.

Таблиця 1.2 – Таблиця порівняння характеристик платформ

Характеристика	Arduino	Raspberry Pi	ESP32
Обчислювальна потужність	Низька	Висока	Середня
Модулі та розширення	Широкий вибір Shield	Широкий спектр модулів	Вбудовані модулі
Програмування	Легке	Середнє	Легке
Енергоефективність	Висока	Низька	Висока
Компактність	Висока	Висока	Висока
Інтегровані комунікації	Немає	Wi-Fi, Bluetooth	Wi-Fi, Bluetooth
Ціна	Низька	Середня	Низька

Характеристика	Arduino	Raspberry Pi	ESP32
Підходить для...	Початковий та середній рівень проєктів	Складні проєкти, які потребують ОС	Проєкти з бездротовою комунікацією

Згідно з даними в таблиці, Arduino зазвичай використовується для простих і середніх проєктів, де важлива простота програмування та доступність широкого спектру додаткових модулів (табл. 1.2). Raspberry Pi розширює можливості для складних проєктів, які вимагають великої обчислювальної потужності, і дозволяє використовувати повноцінні операційні системи. ESP32 корисний для проєктів, які потребують бездротового зв'язку, високої енергоефективності, та Wi-Fi з Bluetooth.

Входячи з завдання проєкту, використовуватися буде Arduino для можливості використання Shield GSM-GPRS.

1.2.3 Порівняння існуючих навігаційних рішень на ринку

Для аналізу наявних навігаційних варіантів на ринку розглянуто звичайні GPS-навігатори та спеціалізовані портативні навігатори, які працюють за допомогою GSM-GPRS [6]. Це дозволить визначити їхні найважливіші переваги та недоліки.

Традиційні GPS-навігатори.

1) Garmin eTrex 30x – це ручний GPS-навігатор з трьома осями компаса, барометричним альтиметром і кольоровим дисплеєм. Використовується для піших подорожей, туризму та геокешингу (табл. 1.3).

2) Magellan eXplorist 310 – це GPS-навігатор з базовими картами світу та можливістю завантаження додаткових карт, а також має антибліковий екран.

Таблиця 1.3 – Порівняння характеристик GPS-навігаторів

Характеристика	Garmin eTrex 30x	Magellan eXplorist 310
Дисплей	2.2 дюйма, 240x320 пікселів	2.2 дюйма, 240x320 пікселів
GPS	WAAS, HotFix, GLONASS	WAAS, EGNOS
Пам'ять	3.7 ГБ, слот для microSD	2 ГБ
Живлення	2 батареї AA, до 25 годин	2 батареї AA, до 18 годин
Водонепроникність	IPX7	IPX7
Вартість, грн	9100	6970

Спеціалізовані портативні навігатори з використанням GSM-GPRS.

1) Queclink GL300 – це портативний трекер призначений для відстеження в реальному часі та персонального моніторингу (табл. 1.4).

2) Trackimo 3G Universal Tracker – це портативний трекер, який може відстежувати місцезнаходження по всьому світу завдяки мобільній мережі та GPS [8].

Таблиця 1.4 – Порівняння характеристик спеціалізовані портативних навігаторів

Характеристика	Queclink GL300	Trackimo 3G Universal Tracker
GSM/GPRS	Quad-band 850/900/1800/1900 MHz	Quad-band 850/900/1800/1900 MHz, 3G
GPS	A-GPS	A-GPS
Інтерфейси	Mini USB	Micro USB
Розмір	73 x 54 x 21.5 мм	47 x 40 x 17 мм

Характеристика	Queclink GL300	Trackimo 3G Universal Tracker
Живлення	1300 мАг, до 320 годин у режимі очікування	600 мАг, до 48 годин у режимі очікування
Водонепроникність	IPX5	IP65
Вартість, грн	4350	2282

З огляду на наведені дані з таблиць видно, що традиційні GPS-навігатори зосереджені на забезпеченні високої точності навігації та тривалості роботи. В той час як спеціалізовані навігатори мають А-GPS для швидкого і точного визначення місцезнаходження та можливості GSM-GPRS для передачі даних, що робить їх корисними для особистого моніторингу та відстеження в реальному часі [7].

1.3 Формування вимог до апаратно-програмного забезпечення

1.3.1 Визначення функціональних та нефункціональних вимог

Функціональні вимоги визначають, що саме система повинна виконувати. Для портативного навігатора на базі GSM-GPRS основними функціональними вимогами є:

- визначення місцезнаходження: за допомогою технологій GSM-GPRS пристрій повинен визначати географічне місцезнаходження користувача;
- обмін даними в реальному часі: через GSM-GPRS навігатор повинен надсилати дані про місцезнаходження у режимі реального часу;
- енергозбереження: пристрій повинен мати функції енергозбереження, щоб збільшити тривалість роботи батареї. Режими низького споживання енергії та автоматичне відключення неактивних модулів можуть допомогти в цьому;

- аварійні сповіщення: пристрій повинен бути в змозі надсилати аварійні сповіщення, які містять точні координати місцезнаходження;
- інтерфейс користувача: простий у використанні інтерфейс для налаштування та моніторингу навігатора.

Нефункціональні вимоги описують характеристики системи, які не пов'язані з конкретними функціями, але впливають на її загальну продуктивність і зручність використання. До них належать:

- продуктивність: навігатор повинен швидко обробляти дані та надавати місцезнаходження без значних затримок.;
- надійність: система повинна бути стійкою до збоїв і працювати добре в різних умовах, включаючи надзвичайні погодні умови;
- безпека: сучасні методи шифрування та автентифікації повинні захистити дані користувача, включаючи геолокаційні дані;
- сумісність: навігатор повинен працювати з мобільними програмами та програмним забезпеченням, які використовуються для моніторингу та аналізу даних, такими як серверні системи та мобільні додатки.

Дотримання цих функціональних вимог забезпечить ефективну роботу навігатора та задовольнить потреби користувачів у надійній та точній навігації, а виконання нефункціональних вимог гарантує високу продуктивність, надійність і безпеку навігатора, а також його зручність і сумісність з іншими системами.

1.3.2 Специфікація вимог до апаратного та програмного забезпечення

Щоб забезпечити ефективну роботу портативного навігатора на базі технологій GSM-GPRS та задовольнити потреби користувачів, необхідно чітко визначити вимоги до програмного та апаратного забезпечення.

Для апаратного забезпечення необхідно використовувати мікроконтролер, наприклад такий як Arduino Uno R3, який має достатню

продуктивність для обробки даних та виконання алгоритмів навігації (рис. 1.3). Він повинен мати достатню флеш-пам'ять для зберігання прошивки та оперативної пам'яті для обробки даних у реальному часі, а також мати достатню кількість цифрових та аналогових виводів для підключення сенсорів та модулів. Живлення пристрою має забезпечуватися від акумулятора для автономної роботи.

Модуль GSM-GPRS повинен підтримувати глобальні частотні діапазони, щоб забезпечити зв'язок у будь-якій точці світу. Крім того, він може виконувати функції SMS, голосових дзвінків і передачі даних через GPRS, що дозволяє надсилати координати та обмінюватися інформацією. Він повинен легко підключити до мікроконтролера за допомогою стандартних інтерфейсів, таких як UART або SPI. Для оптимального прийому сигналу вбудована або зовнішня GSM антена повинна бути розташована найкращим чином.



Рисунок 1.3 – Arduino Uno

Акумулятор пристрою повинен мати достатню ємність, щоб він міг працювати довго. Крім того, він повинен мати можливість заряджатися через USB або спеціальний зарядний пристрій. Корпус пристрою повинен бути виготовлений з міцного та водонепроникного матеріалу, щоб захистити

пристрій від різних умов експлуатації, а також зробити пристрій компактним і зручним для транспортування.

Програмне забезпечення повинно максимізувати функціональність навігатора, враховуючи особливості GSM-GPRS технологій. Це включає базове програмне забезпечення з зручним середовищем для написання, компіляції та завантаження коду, а також спеціалізовані бібліотеки для роботи з GSM-модулями, які полегшують інтеграцію та використання функцій передачі даних. Локалізаційний алгоритм повинен знайти координати за допомогою методу визначення місцезнаходження, який базується на Cell-ID та A-GPS, а потім оптимізувати його для підвищення точності. Інтерфейс має бути простим і зручним для використання, а стан пристрою має відображатися за допомогою світлодіодів і кнопок.

Крім того, програмне забезпечення повинно підтримувати передачу даних на сервер або мобільний додаток через GPRS, щоб можна було отримувати відображення на карті. Системні вимоги включають інтеграцію з сервером для передачі даних, сумісність з мобільними додатками для відображення координат у реальному часі та шифрування даних для захисту від несанкціонованого доступу.

1.3.3 Визначення процедур перевірки та тестування АПЗ

Для створення навігатора необхідно чітко визначити процедури перевірки та тестування апаратно-програмного забезпечення (АПЗ), щоб переконатися, що пристрій працює ефективно та без проблем. Кожен із цих процесів складається з кількох етапів і призначений для перевірки різних елементів функціональності, продуктивності та безпеки системи.

На першому етапі перевіряються апаратні частини навігатора. Це включає тестування мікроконтролера, модуля GSM-GPRS, антени, акумулятора та інших компонентів (рис. 1.4). А також включає перевірку стабільності зв'язку GSM-GPRS модуля, тестування живлення, споживання енергії та перевірку коректності з'єднань.

Наступним кроком є тестування програмного забезпечення. Цей процес перевіряє коректність алгоритмів визначення місцезнаходження, обробки даних, взаємодії між апаратними компонентами та зручність інтерфейсу.

Після перевірки окремих компонентів проводиться інтеграційне тестування. Його мета полягає в тому, щоб знайти проблеми, пов'язані з взаємодією різних компонентів системи. Перевірка взаємодії апаратних і програмних компонентів, передача даних через GSM-GPRS і тестування системи в реальних умовах експлуатації є частиною цього пакету. Основні функції навігатора, такі як визначення місцезнаходження, відправка координат і робота екстрених сповіщень, перевіряються під час функціонального тестування.

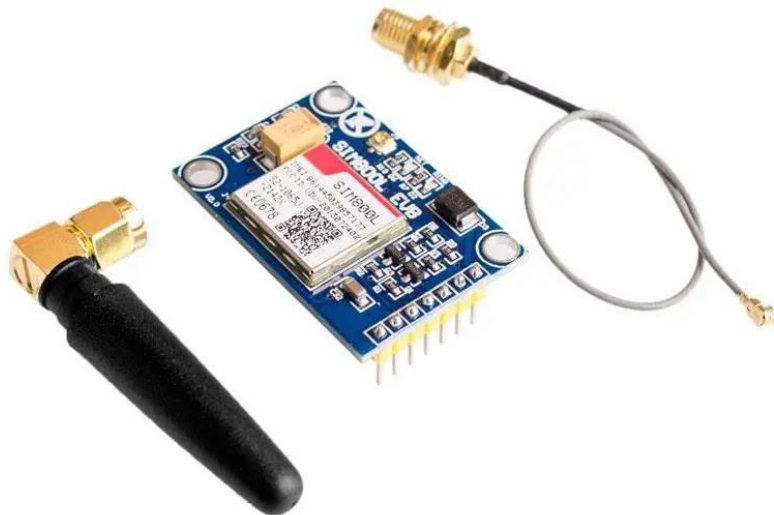


Рисунок 1.4 – GSM GPRS Модуль SIM800L

Нефункціональне тестування включає перевірку надійності та стійкості до збоїв, випробування в різних умовах, а також оцінку споживання енергії та автономності роботи від акумулятора. Окремо проводяться тестування безпеки системи, щоб захистити дані та запобігти несанкціонованому доступу. Перевірка шифрування даних і тестування на вразливість є прикладами таких тестів.

На останньому етапі здійснюється підсумкова перевірка всієї системи. Це включає повне тестування всіх функцій і компонентів, перевірку відповідності специфікаціям і останнє тестування в реальних умовах експлуатації. Все тестування повинні бути детально задокументовано, а результати перевірки ретельно проаналізовані, щоб знайти та вирішити потенційні проблеми.

Висновки до розділу 1

У першому розділі представлено огляд сучасних технологій навігації на базі GSM-GPRS та A-GPS, аналіз апаратних платформ для розробки портативних навігаторів, порівняння існуючих навігаційних продуктів на ринку, визначення вимог до апаратно-програмного забезпечення та опис процедур перевірки та тестування.

Було досліджено, що традиційні GPS-навігатори, такі як Garmin eTrex 30x і Magellan eXplorist 310, пропонують високу точність навігації та довгий час автономної роботи, але мають деякі недоліки, коли мова йде про слабкий сигнал. Специфічні навігатори GSM-GPRS, такі як Queclink GL300 і Trackimo 3G Universal Tracker, мають A-GPS і можливість передавати дані через мобільні мережі, що робить їх ідеальними для особистого моніторингу та відстеження в реальному часі.

Також було проаналізовано, що для забезпечення ефективної роботи портативного навігатора на базі технологій GSM-GPRS необхідно використовувати мікроконтролер Arduino Uno R3 і модуль GSM-GPRS, які підтримують глобальні частотні діапазони та функції передачі даних. Живлення має забезпечуватися від акумулятора, а корпус повинен бути виготовлений з міцного та водонепроникного матеріалу. Програмне забезпечення має враховувати особливості GSM-GPRS технологій, включати спеціалізовані бібліотеки для роботи з GSM-модулями, зручний інтерфейс користувача та підтримувати передачу даних на сервер або мобільний додаток через GPRS.

У цьому розділі також описано процедури перевірки та тестування апаратно-програмного забезпечення. Це включає тестування апаратних компонентів, таких як модуль GSM-GPRS, антена, акумулятор і мікроконтролер, а також програмного забезпечення, включаючи алгоритми визначення місцезнаходження, обробки даних і інтерфейсу користувача. Нефункціональне тестування перевіряє надійність, стійкість до збоїв і безпеку системи, тоді як інтеграційне тестування перевіряє взаємодію різних компонентів системи. Підсумкова перевірка включає повне тестування всіх компонентів і функцій у реальних умовах роботи. Завдяки документуванню та аналізу результатів тестування можна виявити та вирішити потенційні проблеми, що гарантує ефективну та надійну роботу навігатора.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ

2.1 Алгоритм визначення місцезнаходження за допомогою GSM

Алгоритм визначення місцезнаходження за допомогою GSM базується на використанні інформації, що надходить від базових станцій мобільного зв'язку. Використання GSM для визначення місцезнаходження складається з кількох основних етапів:

- 1) збір даних про базові станції:
 - gprs-модуль пристрою отримує сигнали від найближчої базової станції та визначає її ідентифікатор, також відомий як ідентифікатор мобільного пристрою (Cell-ID). Модуль також може зчитувати ідентифікатори багатьох близьких базових станцій, щоб підвищити точність визначення місцезнаходження;
 - окрім Cell-ID, збираються додаткові параметри, такі як рівень сигналу (RSSI), мобільний код країни (MCC), мобільний мережевий код (MNC) і локальний код області (LAC);
- 2) доступ до бази даних базових станцій:
 - кожна базова станція має відомі координати, які зберігаються в базі даних мобільного оператора або в публічних базах даних, таких як OpenCellID. Усі параметри, включаючи Cell-ID, можна використовувати для отримання координат базової станції;
- 3) простий метод визначення місцезнаходження (Cell-ID):
 - у найпростішому випадку місце розташування пристрою порівнюється з місцем найближчої базової станції. Оскільки радіус дії базової станції може сягати кількох кілометрів, цей метод не дуже точний;
- 4) покращений метод (Трилатерація):

- для покращення точності використовується трилатерація, що включає вимірювання часу проходження сигналу (TOA) або рівня сигналу (RSSI) від декількох базових станцій;

- відстані до кожної базової станції визначаються на основі рівня сигналу або часу проходження сигналу. Система рівнянь складається з як мінімум трьох базових станцій. Кожне рівняння представляє коло з центром у базовій станції та радіусом, що дорівнює обчисленій відстані;

- координати пристрою визначаються точкою перетину цих кіл. Тим не менш, щоб знайти найкраще наближення, використовуються алгоритми оптимізації, такі як метод найменших квадратів. Це тому, що в реальних умовах перетин може бути неправильним через рефракцію сигналу та шум;

5) використання зваженого середнього:

- враховуючи рівень сигналу кожної базової станції, пристрої можуть використовувати зважене середнє значення координат. При обчисленні координат сильніший сигнал має більшу вагу;

б) фільтрація та обробка даних:

- для згладжування даних і зменшення випадкових похибок використовуються методи фільтрації, такі як фільтр Калмана. Це особливо важливо, коли сигнал нестабільний;

- для прогнозування поточного місцезнаходження пристрою використовуються історичні дані про його переміщення;

7) оцінка точності та калібрування:

- після того, як координати обчислюються, проводиться оцінка їх точності. Пристрій може запитувати додаткові дані або використовувати інші методи визначення місцезнаходження, такі як Wi-Fi або Bluetooth, якщо точність недостатня;

- підтримка високої точності визначення координат досягається за допомогою регулярного калібрування пристрою;

8) захист даних та безпека:

– під час передачі даних про місцезнаходження до серверів або мобільних додатків використовується шифрування для захисту від несанкціонованого доступу. Це забезпечує конфіденційність користувача та захист його особистих даних.



Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму визначення місцезнаходження

Ця блок-схема включає перевірку стану модуля, обробку помилок, аналіз рівня сигналу, інтеграція з A-GPS та перевірка точності координат (рис. 2.1). Вона забезпечує більш детальний і надійний підхід до визначення місцезнаходження за допомогою GSM.

2.2 Методи проектування системи та процес її розробки

Використання керуючих пристроїв, таких як мікроконтролери, є важливим етапом у розробці сучасного апаратно-програмного модуля. Вони виконують функцію зв'язку між системою та користувачем.

Мікроконтролери служать керуючими пристроями для логіки роботи портативних навігаторів. Мікроконтролер дозволяє програмному забезпеченню та апаратній частині ефективно взаємодіяти, що дозволяє системі точно визначати місцезнаходження користувача.

2.2.1 Вибір апаратної платформи

Одним із найважливіших етапів у розробці навігатора є вибір апаратної платформи. На загальну продуктивність системи, її стабільність та ефективність впливає правильний вибір платформи. Для цього завдання обрано платформу Arduino Uno R3, оскільки вона пропонує низку переваг, необхідних для ефективної реалізації навігатора.

Arduino UNO R3

Однією з найбільш поширених платформ у сфері електроніки та програмування є Arduino Uno R3. Він побудований на мікроконтролері ATmega328P і має такі характеристики:

- простота у використанні: Arduino Uno R3 має просту архітектуру, яка полегшує програмування та підключення різних модулів. Це особливо важливо для швидкої розробки навчальних проєктів і прототипів;
- широка підтримка спільноти: велика спільнота розробників Arduino створює багато бібліотек і документації. Оскільки багато функцій вже

реалізовані та доступні для використання, це значно полегшує процес розробки;

- гнучкість та розширюваність: Arduino Uno R3 підтримує різні щити (shields) і модулі, що дозволяє легко додавати нові функції. У даному проєкті це особливо важливо для інтеграції GSM-GPRS модуля;
- доступність: платформа Arduino Uno R3 є доступною за ціною, що робить її привабливою для проєктів з обмеженим бюджетом.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Arduino Uno R3

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (межі)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з яких 6 PWM)
Аналогові входи	6
Ток на I/O пін	40 мА
Ток на 3.3 В пін	50 мА
Флеш пам'ять	32 КБ (ATmega328P) з яких 0.5 КБ використовується для завантажувача
SRAM	2 КБ (ATmega328P)
EEPROM	1 КБ (ATmega328P)
Частота тактового генератора	16 МГц
Розміри	68.6 мм x 53.4 мм
Вага	25 г

У таблиці надані ключові технічні характеристики платформи Arduino Uno R3 (табл. 2.1). Вона включає інформацію про мікроконтролер, робоча напруга, вхідна напруга, кількість цифрових і аналогових входів і виходів, максимальний струм, що може протікати через пін, обсяг флеш-пам'яті,

SRAM, EEPROM, частота тактового генератора, розміри та вага. Ці характеристики показують, що Arduino Uno R3 є універсальною та потужною платформою, яка може забезпечити стабільну роботу портативного навігатора. Зокрема, велика кількість цифрових і аналогових пінів і достатній обсяг флеш-пам'яті та SRAM дозволяють зберігати та обробляти дані, необхідні для функціонування навігатора, а також дозволяють підключати різні сенсори та модулі.

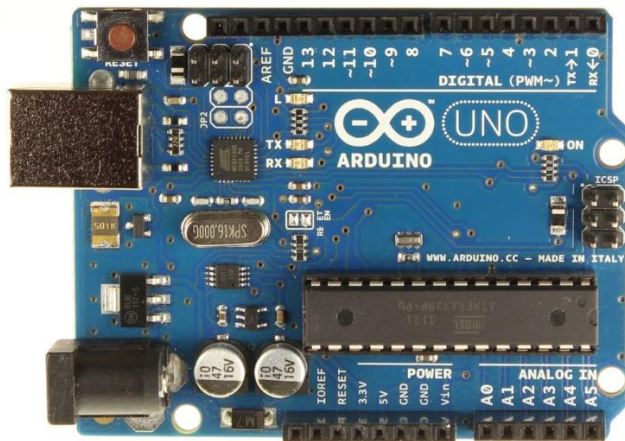


Рисунок 2.2 – Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 був обраний для реалізації проекту портативного навігатора завдяки його численним перевагам, таким як простота у використанні, широка підтримка спільноти, гнучкість та розширюваність, а також доступність за ціною (рис. 2.2). Ця платформа пропонує ресурси, необхідні для роботи з GSM-GPRS та GPS модулями, що дозволить створити ефективний і надійний навігатор. В майбутньому Arduino Uno R3 дозволяє легко оновлювати та розширювати систему, додаючи нові функції або оптимізуючи існуючі. Arduino Uno R3 ідеально підходить для проекту портативного навігатора, який використовує технологію GSM-GPRS для виявлення місцезнаходження.

2.3 Вибір GSM-GPRS Shield

Вибір правильного GSM-GPRS модуля є важливим кроком у створенні портативного навігатора. Для цього проекту обрано GSM GPRS SIM900 SHIELD, який має багато особливостей, які гарантують, що навігатор буде надійно та ефективно працювати.



Рисунок 2.3 – GSM GPRS SIM900 SHIELD

GSM GPRS SIM900 SHIELD – це модуль, який підтримує функції GSM і GPRS (рис. 2.3). Використовуючи його, пристрій може виконувати передачу даних, SMS, голосові дзвінки та інші функції мобільного зв'язку. Основні переваги SIM900 SHIELD:

- SIM900 SHIELD легко інтегрується з платформами на базі мікроконтролерів, такими як Arduino. Це забезпечує простоту підключення та налаштування;
- модуль підтримує глобальні частотні діапазони що дозволяє використовувати модуль у будь-якій точці світ;
- модуль може передавати дані в режимі реального часу через GPRS, що дозволяє отримувати постійні дані про місцезнаходження;
- у SIM900 SHIELD є кілька режимів збереження енергії, що сприяє тривалій роботі пристрою.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики GSM GPRS SIM900 SHIELD

Характеристика	Значення
Частотні діапазони	850/900/1800/1900 МГц
Напруга живлення	5 В
Робоча температура	-40°C до +85°C
Споживана потужність	< 1.5 мА (сплячий режим)
Максимальна потужність передавача	2 Вт при 850/900 МГц, 1 Вт при 1800/1900 МГц
Підтримка SMS	Режими тексту та PDU
Інтерфейси	UART, USB, SPI, I2C
Швидкість передачі даних	Максимум 85.6 Кбіт/с
Голосові функції	Підтримка голосових дзвінків, DTMF, Echo Cancellation

У таблиці надані ключові технічні характеристики модуля GSM GPRS SIM900 SHIELD (табл. 2.2). У ній міститься інформація про підтримувані частотні діапазони, напругу живлення, робочу температуру, споживану потужність, максимальну потужність передавача, підтримку SMS, швидкість передачі даних та інтерфейси.

Для того, щоб зрозуміти, чому SIM900 SHIELD був обраний для цього проєкту, було розглянуто його порівняння з іншими популярними моделями GSM-GPRS модулів.

Таблиця 2.3 – Порівняння з іншими моделями GSM-GPRS SHIELD

Характеристик	SIM900 SHIELD	SIM800 SHIELD	SIM908 SHIELD
а			
Частотні діапазони	850/900/1800/1900 МГц	850/900/1800/1900 МГц	850/900/1800/1900 МГц

Характеристик а	SIM900 SHIELD	SIM800 SHIELD	SIM908 SHIELD
Напруга живлення	5 В	3.4-4.4 В	3.2-4.8 В
Робоча температура	-40°C до +85°C	-40°C до +85°C	-40°C до +85°C
Споживана потужність	< 1.5 мА (сплячий режим)	< 1 мА (сплячий режим)	< 1 мА (сплячий режим)
Максимальна потужність передавача	2 Вт при 850/900 МГц, 1 Вт при 1800/1900 МГц	2 Вт при 850/900 МГц, 1 Вт при 1800/1900 МГц	2 Вт при 850/900 МГц, 1 Вт при 1800/1900 МГц
Підтримка SMS	Режими тексту та PDU	Режими тексту та PDU	Режими тексту та PDU
Інтерфейси	UART, USB, SPI, I2C	UART, USB, SPI, I2C	UART, USB, SPI, I2C
Швидкість передачі даних	Максимум 85.6 Кбіт/с	Максимум 85.6 Кбіт/с	Максимум 85.6 Кбіт/с
Голосові функції	Підтримка голосових дзвінків, DTMF, Echo Cancellation	Підтримка голосових дзвінків, DTMF, Echo Cancellation	Підтримка голосових дзвінків, DTMF, Echo Cancellation
Додаткові функції	–	Bluetooth	GPS

Таблиця порівняння показує основні відмінності між трьома популярними модулями SIM800 SHIELD, SIM900 SHIELD і SIM908 SHIELD (табл. 2.3). Усі модулі підтримують однакові температурні режими та частотні діапазони, а також підтримують сплячий режим та SMS. Основними відмінностями є додаткові функції та напруга живлення. SIM800 підтримує Bluetooth і використовує меншу кількість живлення, що покращує його

енергоєфективність і пропонує додаткові можливості для бездротового зв'язку. SIM908 має GPS та також використовує меншу кількість живлення ніж SIM900.

Модуль GSM GPRS SIM900 SHIELD був обраний для реалізації проєкту портативного навігатора, завдяки його численним перевагам. Він підтримує передачу даних, SMS і голосові дзвінки, що робить його ідеальним для навігаційних завдань. Інтеграція модуля з платформою Arduino полегшує створення та налаштування системи. Навігатор може працювати в будь-якій країні світу завдяки підтримці глобальних частотних діапазонів, що робить його надзвичайно зручним і мобільним.

Режими енергозбереження модуля SIM900 SHIELD гарантують, що навігатор працює довго, що важливо для портативних пристроїв. Крім того, модуль може передавати дані з високою швидкістю через GPRS, що дозволяє оновлювати інформацію про місцезнаходження в реальному часі.

Порівняно з попередніми моделями SIM900 SHIELD, такими як SIM800 і SIM908, SIM900 пропонує ідеальний баланс між функціональністю, енергоспоживанням і простотою інтеграції. Хоч SIM800 підтримує Bluetooth і має нижчу напругу живлення, SIM900 працює краще при стандартній напрузі 5 В. SIM908 має функцію GPS, але він не потрібен для цього проєкту, оскільки використовується технологія A-GPS для покращення точності координат. Таким чином, GSM GPRS SIM900 SHIELD є ідеальним варіантом для проєкту.

2.4 Вибір GPS-модуля для використання A-GPS

Для цього проєкту було обрано GPS-модуль NEO-6M, який забезпечує ефективну та точну роботу завдяки використанню технології A-GPS (рис. 2.4).

Завдяки своїй надійності, точності та доступності NEO-6M є одним із найпопулярніших GPS-модулів.

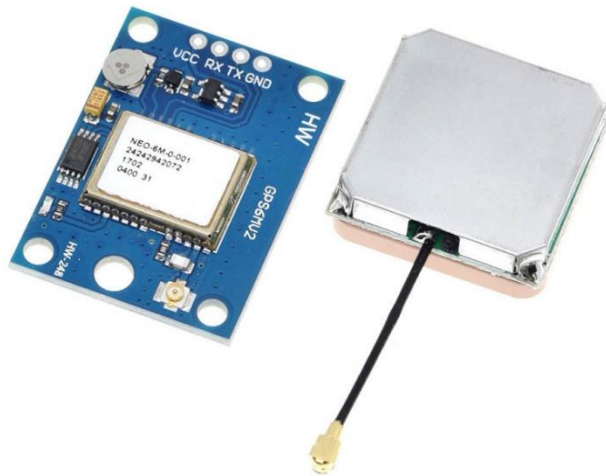


Рисунок 2.4 – NEO-6M

Він працює з технологією A-GPS, яка покращує точність визначення місцезнаходження та значно зменшує час першого визначення координат.

Основні переваги NEO-6M:

- висока точність: NEO-6M забезпечує точність визначення місцезнаходження до 2,5 метрів, що є достатнім для більшості навігаційних завдань;
- швидкий TTFF: навіть у складних умовах модуль може швидко визначити перші координати завдяки підтримці A-GPS;
- енергозбереження: NEO-6M має низьке енергоспоживання, що сприяє тривалій автономній роботі пристрою;
- гнучкість у використанні: модуль легко інтегрується з різними платформами, включаючи Arduino, і підтримує інтерфейси UART та I2C.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики GPS-модуля NEO-6M

Характеристика	Значення
Час першого визначення координат (TTFF)	1 с (гарячий старт), 30 с (холодний старт)

Характеристика	Значення
Точність визначення координат	До 2.5 м
Напруга живлення	3.3-5 В
Робоча температура	-40°C до +85°C
Споживана потужність	45 мА
Інтерфейси	UART, I2C
Швидкість оновлення даних	До 5 Гц
Підтримка А-GPS	Так
Вбудована антена	Ні (зовнішня антена)

Ключові технічні характеристики GPS-модуля NEO-6М представлені в таблиці вище (табл. 2.4). Вона містить інформацію про точність визначення координат, час першого визначення координат (TTFF), напругу живлення, робочу температуру, споживану потужність, інтерфейси, швидкість оновлення даних і підтримку А-GPS. Крім того, зазначено, що для підвищення точності модуль використовує зовнішню антену.

Для того, щоб краще зрозуміти, чому саме NEO-6М був обраний для цього проєкту, було розглянуто порівняння з іншими популярними моделями GPS-модулів серії NEO.

Таблиця 2.5 – Порівняння з іншими моделями NEO

Характеристика	NEO-6М	NEO-7М	NEO-8М
Час першого визначення координат (TTFF)	1 с (гарячий старт), 30 с (холодний старт)	1 с (гарячий старт), 29 с (холодний старт)	1 с (гарячий старт), 25 с (холодний старт)
Точність визначення координат	До 2.5 м	До 2 м	До 1.5 м

Характеристика	NEO-6M	NEO-7M	NEO-8M
Напруга живлення	3.3-5 В	3.3-5 В	3.3-5 В
Робоча температура	-40°C до +85°C	-40°C до +85°C	-40°C до +85°C
Споживана потужність	45 мА	40 мА	30 мА
Інтерфейси	UART, I2C	UART, I2C	UART, I2C
Швидкість оновлення даних	До 5 Гц	До 10 Гц	До 10 Гц
Підтримка А-GPS	Так	Так	Так
Вбудована антена	Ні (зовнішня антена)	Ні (зовнішня антена)	Ні (зовнішня антена)

Усі модулі підтримують А-GPS і мають ідентичні температурні режими та інтерфейси (табл. 2.5). Точність визначення координат, TTFF, споживана потужність і швидкість оновлення даних є основними відмінностями. NEO-8M має найвищу точність, найменший час TTFF і найменше споживання енергії.

Завдяки багатьом перевагам GPS-модуль NEO-6M був обраний для реалізації проекту портативного навігатора. Висока точність визначення координат становить до 2,5 метрів, що достатньо для більшості навігаційних завдань. Завдяки підтримці А-GPS модуль значно скорочує час першого визначення координат, навіть у складних умовах, що дозволяє навігатору працювати швидше та точніше.

Порівняно з іншими моделями, такими як NEO-7M та NEO-8M, NEO-6M забезпечує оптимальний баланс між точністю, енергоспоживанням та вартістю. Хоча NEO-8M має вищу точність та швидкість оновлення даних,

NEO-6M є більш доступним варіантом з точки зору вартості та достатньої точності для навігаційних задач.

2.5 Живлення пристрою та його загальні енерговитрати

Одним з ключових аспектів є забезпечення ефективного живлення пристрою та оптимізація його енергоспоживання. Це важливо для забезпечення тривалої автономної роботи та надійного функціонування в умовах обмеженого доступу до джерел енергії.

Для портативних пристроїв, найбільш поширеними джерелами живлення є акумуляторні батареї. Вибір відповідного типу акумулятора залежить від кількох факторів, включаючи енергоспоживання компонентів, тривалість автономної роботи, розміри і вагу акумулятора, а також умови експлуатації пристрою.

Літій-іонні (Li-Ion) та літій-полімерні (Li-Po) акумулятори є найбільш популярними виборами завдяки їх високій енергетичній щільності, тривалому терміну служби та можливості багаторазової зарядки (рис. 2.5). Вони також забезпечують стабільне живлення та мають відносно невелику вагу.

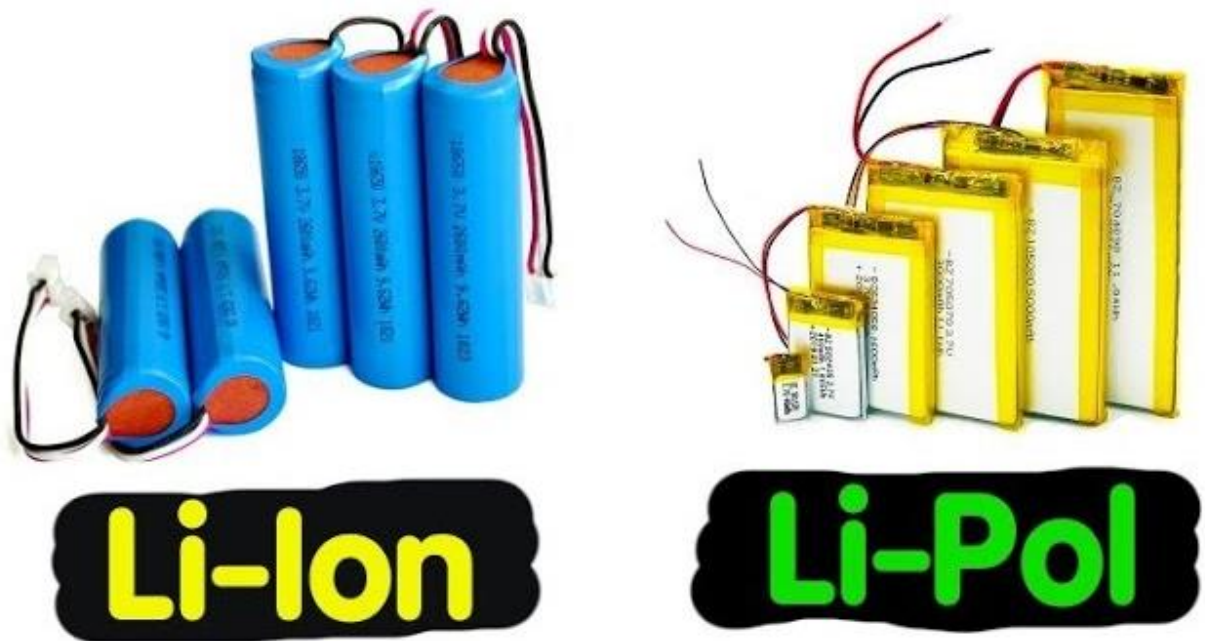


Рисунок 2.5 – Літій-іонний та літій-полімерний акумулятори

Енергоспоживання пристрою залежить від енергоспоживання всіх його компонентів. Це включає GSM-GPRS-модуль (SIM900 Shield), GPS-модуль (NEO-6M) і мікроконтролер (Arduino Uno R3). Кожен з цих компонентів має свої власні характеристики споживання енергії, які необхідно враховувати при проектуванні системи живлення.

Оцінка енергоспоживання компонентів:

- Arduino Uno R3: Споживає в середньому близько 50 мА при напрузі 5 В. Це досить низьке енергоспоживання, що робить його придатним для портативних пристроїв;
- GSM-GPRS SIM900 Shield: Під час передачі даних цей модуль може споживати до 2 А, що є досить значним енергоспоживанням. Однак у режимі очікування споживання знижується до 20 мА;
- GPS-модуль NEO-6M: Споживає близько 45 мА при напрузі 3.3 В. Це помірне енергоспоживання для навігаційних модулів.

Загальне енергоспоживання.

Для оцінки загального енергоспоживання пристрою потрібно враховувати середнє енергоспоживання кожної частини пристрою в різних режимах роботи. Наприклад, споживання буде значно знижуватися в режимах очікування та економії енергії, а під час активної роботи з передачею даних і визначенням координат воно буде максимальним.

Для забезпечення тривалої автономної роботи навігатора необхідно застосовувати методи оптимізації енергоспоживання:

- режими сну та енергозбереження: використання режимів низького енергоспоживання для мікроконтролера та інших компонентів під час простою. Arduino Uno R3 підтримує кілька режимів сну, що дозволяє значно знизити споживання енергії;
- динамічне керування живленням: вмикання та вимикання компонентів залежно від потреби в їх використанні. Наприклад, GSM-GPRS модуль можна вмикати лише під час передачі даних;

– ефективне програмне забезпечення: оптимізація коду для зменшення часу роботи мікроконтролера в активному режимі. Це включає мінімізацію часу обробки даних та використання енергоефективних алгоритмів.

Важливо також реалізувати систему моніторингу рівня заряду акумулятора та управління енергоспоживанням. Це може включати:

- індикація рівня заряду: використання світлодіодів або дисплея для візуального відображення рівня заряду акумулятора;
- попередження про низький заряд: генерація сигналів або повідомлень, коли рівень заряду акумулятора досягає критичного рівня;
- автоматичне вимикання: автоматичне вимкнення пристрою або переведення його в режим сну при досягненні певного рівня заряду для запобігання повному розрядженню акумулятора.

А також для забезпечення тривалої автономної роботи необхідно передбачити можливість підзарядки акумулятора. Це можна зробити за допомогою USB-порту або спеціальних зарядних пристроїв. Також варто розглянути можливість використання сонячних панелей або інших альтернативних джерел енергії для підзарядки у віддалених місцях.

2.6 Опис бібліотек

Використання великої кількості програмних бібліотек полегшує інтеграцію та управління апаратними компонентами, а також ефективність обробки даних. Для цього проєкту будуть використані такі бібліотеки: SoftwareSerial, TinyGPS++, Adafruit_FONA, Wire та EEPROM. Кожна з цих бібліотек виконує певні завдання, необхідні для правильної роботи навігатора. Нижче наведено повний опис кожної бібліотеки.

SoftwareSerial

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє створити додаткові послідовні порти на мікроконтролерах, таких як Arduino. Вона особливо корисна для проєктів,

у яких вже використовується стандартний апаратний послідовний порт (UART), наприклад, для зв'язку з комп'ютером або іншими пристроями.

Основні функції бібліотеки – це створення додаткових програмних послідовних портів, передача та прийом даних через ці порти.

SoftwareSerial спрощує роботу з кількома пристроями, які використовують послідовне з'єднання, наприклад, GPS та GSM модулі.

TinyGPS++

Бібліотека TinyGPS++ призначена для роботи з GPS-модулями. Вона дозволяє легко отримувати і обробляти дані про місцезнаходження з GPS-модуля, такі як широта, довгота, висота, час, швидкість та інші параметри.

Основні функції – це парсинг NMEA речень, отриманих від GPS-модуля, та перетворення їх на зручні для використання змінні.

TinyGPS++ забезпечує простий інтерфейс для отримання точної інформації про місцезнаходження з мінімальними зусиллями.

Adafruit_FONA

Бібліотека Adafruit_FONA призначена для роботи з модулями GSM/GPRS, такими як SIM900. Вона забезпечує широкий набір функцій для управління GSM/GPRS модулем, включаючи ініціалізацію, відправлення і прийом SMS, здійснення дзвінків, передача даних через GPRS, та багато іншого.

До основних функцій належить управління GSM/GPRS модулем, відправка та прийом SMS, здійснення дзвінків, передача даних через GPRS.

Adafruit_FONA надає потужний інструментарій для повного контролю над GSM/GPRS модулем з простим інтерфейсом.

Wire

Бібліотека Wire використовується для реалізації I2C (Inter-Integrated Circuit) зв'язку, який є двопровідним протоколом для обміну даними між мікроконтролерами та іншими периферійними пристроями. Вона полегшує підключення та використання датчиків, дисплеїв та інших модулів, що підтримують протокол I2C.

Основні функції: ініціалізація I2C з'єднання, передача та прийом даних через I2C шину.

Переваги: забезпечує надійний та простий спосіб комунікації з широким спектром периферійних пристроїв.

EEPROM

Бібліотека EEPROM дозволяє зберігати дані в енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. Це особливо корисно для зберігання налаштувань конфігурації, даних про останнє місцезнаходження та інших важливих параметрів, які повинні зберігатися навіть після вимкнення живлення. Це особливо корисно для зберігання налаштувань конфігурації, даних про останнє місцезнаходження та інших важливих параметрів, які повинні зберігатися навіть після вимкнення живлення.

До основних функцій належить читання та запис даних в EEPROM, управління енергонезалежною пам'яттю.

Бібліотека EEPROM Дозволяє зберігати важливі дані між перезавантаженнями пристрою, забезпечуючи стабільну роботу навігатора.

Таблиця 2.6 – Таблиця використовуваних бібліотек

Бібліотека	Призначення	Основні функції	Переваги
SoftwareSerial	Створення додаткових послідовних портів	Передача та прийом даних через програмні порти	Спрощує роботу з кількома послідовними пристроями
TinyGPS++	Обробка даних від GPS-модуля	Парсинг NMEA речень, отримання даних про місцезнаходження	Легкий доступ до даних про місцезнаходження

Бібліотека	Призначення	Основні функції	Переваги
Adafruit_FON A	Управління GSM/GPRS модулем	Відправка/прийм ом SMS, здійснення дзвінків, передача даних	Повний контроль над GSM/GPRS модулем
Wire	Реалізація I2C зв'язку	Ініціалізація I2C, передача та прийом даних	Надійна комунікація з I2C пристроями
EEPROM	Збереження даних в енергонезалежні й пам'яті	Читання та запис даних в EEPROM	Збереження важливих даних між перезавантаження м

Таблиця містить інформацію про основні бібліотеки, які будуть використані в проєкті портативного навігатора (табл. 2.6). В ній описано назви бібліотек, їхнє призначення, основні завдання та переваги. Бібліотеки були обрані з огляду на їх функціональні можливості та відповідність вимогам проєкту.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було досліджено алгоритм визначення місцезнаходження за допомогою GSM, що включає збір даних про базові станції, використання методів трилатерації та фільтрацію даних для підвищення точності. Було також розглянуто аспекти захисту інформації та регулярного калібрування для забезпечення стабільної та надійної роботи системи в реальних умовах.

Також було проаналізовано вибір апаратної платформи Arduino Uno R3 завдяки її простоті у використанні, гнучкості, доступності за ціною та

можливості інтеграції різних модулів, таких як GSM-GPRS та GPS. Це дозволяє створити ефективну та надійну систему визначення місцезнаходження, яка може бути легко розширена та оновлена в майбутньому.

У цьому розділі також описано, вибір правильного GSM-GPRS (SIM900 SHIELD) і GPS (NEO-6M) модулів, які забезпечують високу точність, низьке енергоспоживання та простоту інтеграції. Цей вибір модулів був зумовлений їхньою здатністю забезпечити ефективну та надійну роботу навігатора.

Було проведено дослідження методів енергозбереження та використання літій-іонних акумуляторів для оптимізації енергоспоживання та забезпечення ефективного живлення пристрою. У цьому розділі також розглядається використання програмних бібліотек (SoftwareSerial, TinyGPS++, Adafruit_FONA, Wire та EEPROM) для управління та інтеграції апаратних компонентів, що є важливим для успішного завершення проєкту портативного навігатора.

3 АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ

3.1 Загальна структура системи

Загальна структура системи портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield включає кілька ключових компонентів, кожен з яких виконує певні функції для забезпечення коректної та надійної роботи навігатора. Основні компоненти системи включають апаратні елементи, програмне забезпечення, живлення та комунікаційні модулі. У цьому розділі ми детально розглянемо їх взаємодію.

Апаратні елементи

Мікроконтролер Arduino Uno R3 є основним пристроєм системи та керує іншими компонентами. Він є чудовим вибором через те, що він простий у використанні та має велику кількість бібліотек і модулів, які роблять інтеграцію додаткових функцій простішою.

Другим важливим апаратним компонентом є GSM-GPRS модуль SIM900 Shield. Він забезпечує комунікацію з мережею мобільного зв'язку. Завдяки цьому модулю навігатор може здійснювати дзвінки, відправляти та приймати SMS і передавати дані через GPRS. Ці функції є важливими для віддаленого спостереження та передачі координат.

Для визначення місцезнаходження використовується GPS-модуль NEO-6M. Цей модуль забезпечує високу точність визначення координат і є енергоефективним, що важливо для портативних пристроїв. Модуль NEO-6M отримує дані від супутників GPS і передає їх до Arduino для обробки.

Програмне забезпечення

Програмне забезпечення навігатора складається з двох частин: бібліотеки, які полегшують роботу з апаратними компонентами, і програмний код, який виконується на мікроконтролері Arduino.

Основний код написаний на мові програмування C++ і завантажується на Arduino через середовище розробки Arduino IDE. Цей код містить

алгоритми для запуску та керування GPS і GSM-GPRS модулями, обробки даних про місцезнаходження та передачі їх через GSM мережу.

Використовуються такі бібліотеки, як SoftwareSerial для створення додаткових послідовних портів, TinyGPS++ для обробки даних від GPS-модуля, Adafruit_FONA для управління GSM-GPRS модулем, Wire для I2C зв'язку і EEPROM для збереження налаштувань та важливих даних.

Живлення

Оскільки навігатор є портативним пристроєм, особлива увага приділяється системі живлення. Для забезпечення автономної роботи використовується літій-полімерний акумулятор, який підключений до Arduino через спеціальний модуль зарядки і управління живленням.

Функція зарядки акумулятора покладається на модуль TP4056 (рис. 3.1). Це популярний модуль для зарядки акумуляторів, який забезпечує захист від перезаряду, перевантаження і короткого замикання. Він дозволяє безпечно заряджати акумулятор від USB-порту або іншого джерела живлення.

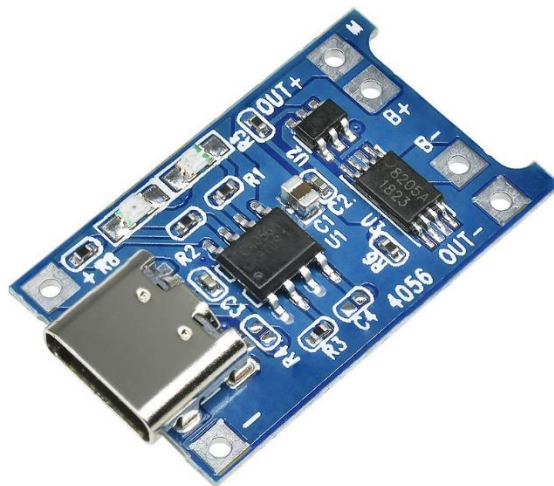


Рисунок 3.1 – Зарядний пристрій, модуль TP4056 з Type-C

Також для підвищення напруги від акумулятора до необхідного рівня для живлення всіх компонентів системи використовується підвищувальний

перетворювач MT3608 (рис. 3.2). MT3608 може підвищувати напругу до 28В і забезпечує стабільне живлення для навігатора, навіть коли заряд акумулятора знижується.



Рисунок 3.2 – Підвищувальний перетворювач живлення, модуль
MT3608

Комунікаційні модулі

Комунікаційні можливості системи забезпечуються за рахунок GSM-GPRS модуля SIM900 Shield. Цей модуль дозволяє навігатору відправляти і отримувати текстові повідомлення, здійснювати дзвінки та передавати дані через мережу Інтернет.

GPS-модуль NEO-6M підтримує A-GPS, що дозволяє отримувати допоміжні дані через GSM мережу для прискорення та покращення точності визначення координат.

Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача в даній системі реалізується через відправку і прийом SMS повідомлень. Користувач може надсилати запити на отримання поточних координат навігатора, а пристрій відправляє повідомлення з відповідною інформацією. Це забезпечує простий і зручний спосіб взаємодії з навігатором без необхідності використання додаткових кнопок або дисплеїв.

Схема інтеграції

Кожен елемент виконує певну функцію в системі, яка складається з усіх компонентів, описаних вище. Мікроконтролер Arduino служить центральним вузлом, який об'єднує всі компоненти та контролює, як вони взаємодіють один з одним. Програмне забезпечення на Arduino гарантує, що всі модулі працюють однаково і виконує основні функції навігатора.

GPS-модуль передає координатні дані в режимі реального часу через послідовний інтерфейс до Arduino. Крім того, GSM-GPRS модуль можна підключити до Arduino за допомогою програмного послідовного порту, що дозволяє здійснювати комунікацію з мережею мобільного зв'язку.

Акумулятор підключений до модуля живлення TP4056, який забезпечує його зарядку і захист. Перетворювач напруги MT3608 використовується для стабілізації живлення всіх компонентів, забезпечуючи стабільну роботу системи.

3.2 З'єднання компонентів пристрою

Процес з'єднання компонентів для створення портативного навігатора. Основними компонентами є Arduino Uno R3, GSM-GPRS модуль SIM900 Shield, GPS-модуль NEO-6M для A-GPS, модуль живлення TP4056 та MT3608, а також літій-полімерний акумулятор. У цьому розділі детально описано, як ці компоненти з'єднуються між собою та чому саме так.

Спочатку підключаються модуль живлення. Літій-полімерний акумулятор підключається до модуля заряду TP4056. Він забезпечує безпечну зарядку акумулятора та захист від перевантаження, перезаряду і короткого замикання.

Необхідно підключити V+ і V- на TP4056 до відповідних контактів літій-полімерного акумулятора. Потім підключити OUT+ і OUT- на TP4056 до IN+ і IN- на MT3608. Дали підключаються OUT+ і OUT- на MT3608 до відповідних шин на Breadboard (VCC і GND). Це розподіляє стабільну напругу до інших компонентів через Breadboard. Перетворювач напруги MT3608 підвищує

напругу від акумулятора до необхідного рівня для живлення всіх компонентів системи. MT3608 має регульований вихід, що дозволяє встановити потрібну напругу.

Наступним кроком відбувається підключення Arduino Uno R3 (рис. 3.3). Arduino Uno R3 є центральним керуючим пристроєм і підключається до Breadboard для отримання живлення від MT3608. Підключення VCC на Arduino до VCC на Breadboard, щоб забезпечити живлення для мікроконтролера та підключення GND на Arduino до GND на Breadboard, що забезпечує заземлення системи.

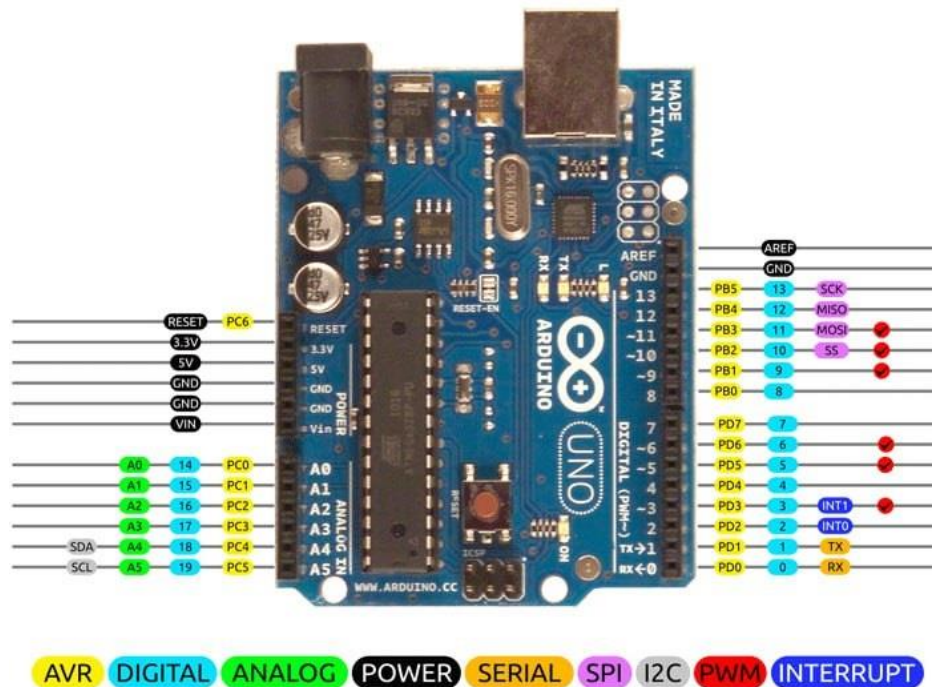


Рисунок 3.3 – Розташування та призначення пінів на Arduino UNO R3

Далі GSM-GPRS модуль SIM900 Shield підключається до Arduino Uno R3 через послідовний інтерфейс, а також до Breadboard для отримання живлення (рис. 3.4). VCC на SIM900 до VCC на Breadboard підключається, щоб модуль отримував живлення. GND на SIM900 до GND на Breadboard підключається для забезпечення заземлення. TX, RX на SIM900 до RX, TX на

Arduino (цифрові піни 0 та 1), щоб дані від модуля передавалися на мікроконтролер та навпаки.

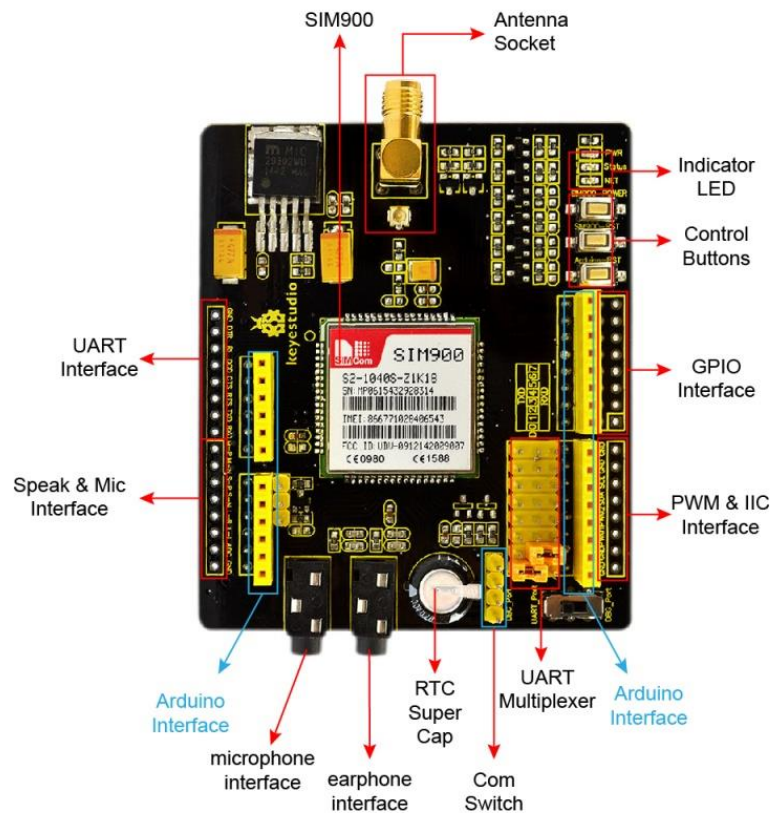


Рисунок 3.4 – Розташування та призначення пінів на GSM GPRS
SIM900 Shield

Breadboard служить для розподілу живлення від MT3608 до всіх компонентів. Всі компоненти (окрім TP4056, який підключається до MT3608) підключаються до Breadboard наступним чином:

- VCC кожного компонента підключається до VCC на Breadboard;
- GND кожного компонента підключається до GND на Breadboard.

Наступним кроком відбувається підключення GPS-модуль NEO-6M.

Модуль підключається до Arduino Uno R3 через послідовний інтерфейс:

- VCC на NEO-6M підключається до VCC на Breadboard, щоб модуль отримував живлення;
- GND на NEO-6M підключається до GND на Breadboard для забезпечення заземлення;

– TX та RX на NEO-6M до цифрових пінів (наприклад, 4,5) на Arduino, щоб дані від GPS модуля передавалися на мікроконтролер та навпаки, щоб дані від мікроконтролера передавалися на модуль.

Ці з'єднання забезпечують живлення NEO-6M та його комунікацію з Arduino, що дозволяє мікроконтролеру отримувати дані про координати.

Після підключення всіх компонентів необхідно переконатися, що всі з'єднання виконані правильно і надійно, а також що всі компоненти отримують живлення.

3.2.1 Схеми з'єднання пристрою

Схеми з'єднання для портативного навігатора побудовані за допомогою програмного забезпечення Fritzing. Fritzing – це інструмент для розробки електронних схем і створення прототипів, що дозволяє легко моделювати та документувати проекти на основі популярних платформ, таких як Arduino.

Fritzing забезпечує зручний графічний інтерфейс, який дозволяє перетягувати і розміщувати компоненти на віртуальній макетній платі (breadboard). Це допомагає зрозуміти, як фізично з'єднати всі елементи схеми, а також мінімізує ймовірність помилок у процесі монтажу. Використання Fritzing дозволяє створити візуальні схеми з'єднань, якими можна легко слідувати при збиранні реального пристрою.

Окрім макетної плати, Fritzing також дозволяє створювати схеми друкованих плат (PCB) та генерувати Gerber-файли для виготовлення плат. Це може бути корисним для майбутніх версій проекту, де можлива інтеграція всіх компонентів на одній платі, що підвищує компактність і надійність пристрою.

Крім того, велика бібліотека компонентів Fritzing дозволяє швидко знайти та додати потрібні елементи до схеми. Якщо користувачі не знайдуть потрібних компонентів у вбудованій бібліотеці, вони також можуть створювати власні компоненти.

На схемі створеній у Fritzing вказано підключення компонентів які описані у розділі 3.2 (рис. 3.5).

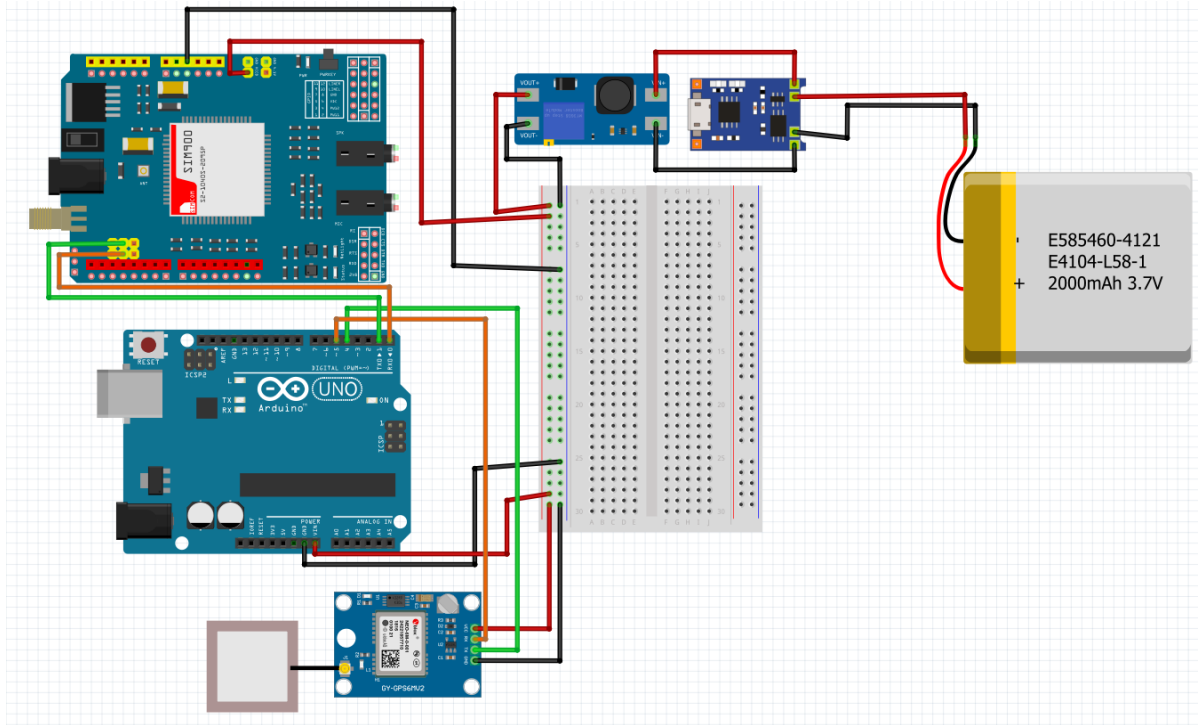


Рисунок 3.5 – Макетна схема портативного навігатора

Для аналізу та перевірки правильності електричних з'єднань використовується принципова електрична схема, яка показує логічні зв'язки між усіма компонентами навігатора (рис. 3.6).

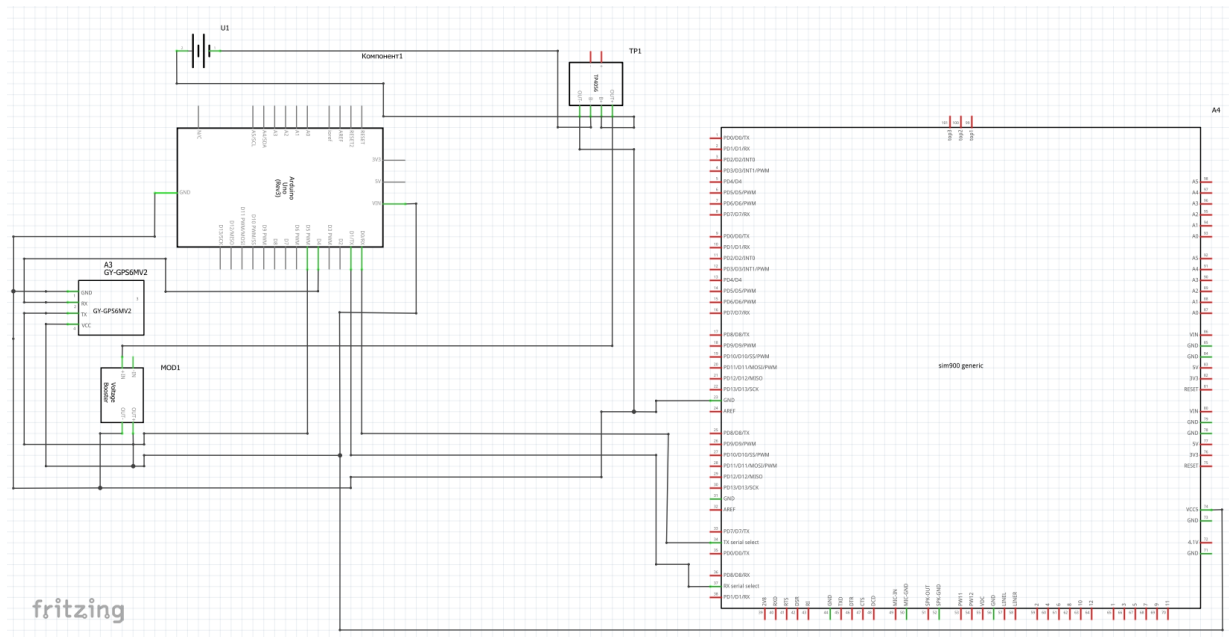


Рисунок 3.6 – Принципова електрична схема

Схема розміщення компонентів на друкованій платі (рис. 3.7). Це етап проектування, який дозволяє підготувати пристрій до виробництва та переконатися, що всі компоненти правильно з'єднані фізично.

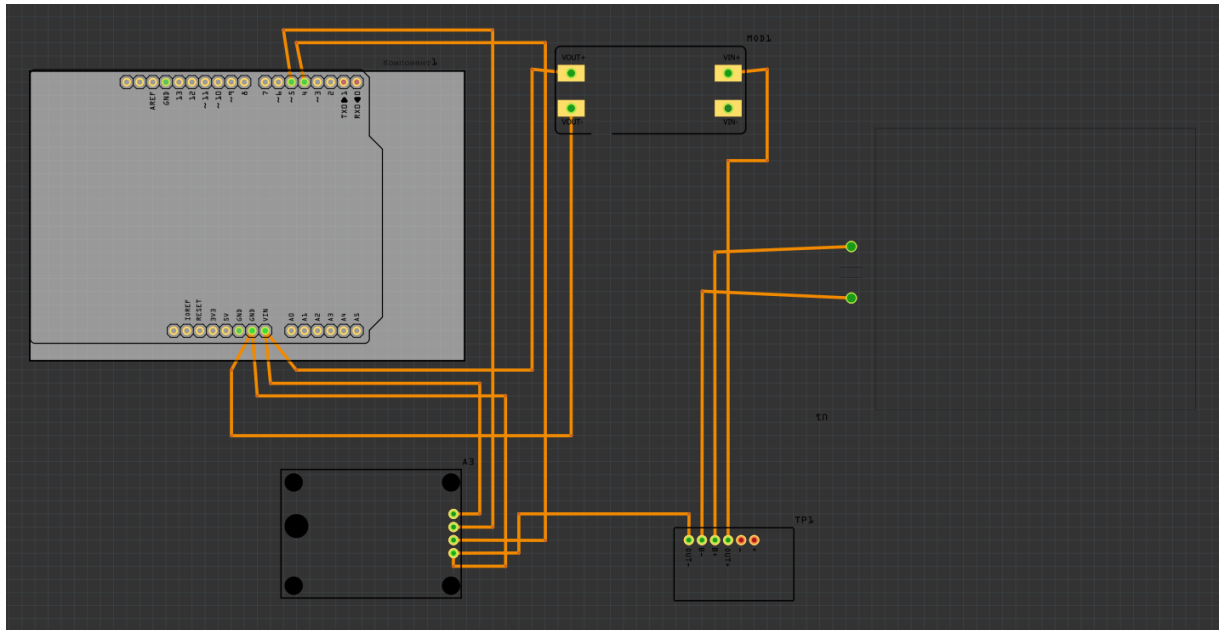


Рисунок 3.7 – Друкована плата

Схема відображає детальне підключення всіх компонентів:

- живлення подається через MT3608, який підключений до акумулятора через TP4056;
- Arduino отримує живлення від загальної шини на платі і обробляє сигнали з GSM і GPS модулів.
- з'єднання між модулями реалізовані за допомогою відповідних TX і RX пінів для забезпечення серійного зв'язку.

Правильне розміщення компонентів та їхнє фізичне з'єднання забезпечують стабільну роботу пристрою та його готовність до виробництва. Це важливий етап, що впливає на надійність та ефективність роботи навігатора.

3.3 Налаштування Arduino IDE та Встановлення необхідних бібліотек

Для успішної роботи з проєктом портативного необхідно правильно налаштувати Arduino IDE та встановити необхідні бібліотеки [9]. З офіційного сайту Arduino завантажити останню версію Arduino IDE, яка відповідає потрібній операційній системі (Windows, macOS, Linux). Встановити та запустити.

Після цього буде представлено інтерфейс з основним вікном редактора коду, меню та панеллю інструментів (рис. 3.8).

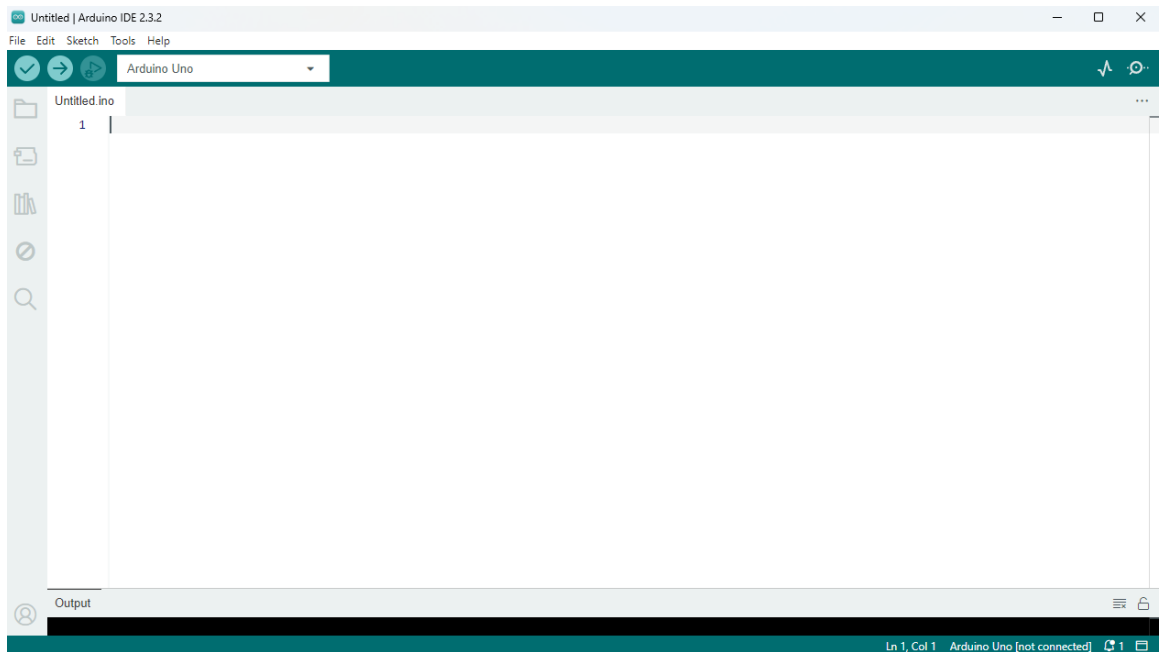


Рисунок 3.8 – Вікно Arduino IDE

Arduino Core для пристроїв AVR попередньо встановлено разом із IDE, тому для початку роботи додаткова установка не потрібна. Щоб використати версію, відмінну від останньої, необхідно відкрити «Board Manager» у меню зліва (рис. 3.9). Знайти AVR та встановити потрібну версію.

Далі необхідно підключити плату Uno R3 до комп'ютера через USB-кабель. В Arduino IDE перейти до меню Tools -> Board -> Arduino Uno (рис. 3.10). У меню Tools -> Port вибрати COM-порт, до якого підключена плата. Зазвичай це єдиний доступний порт.

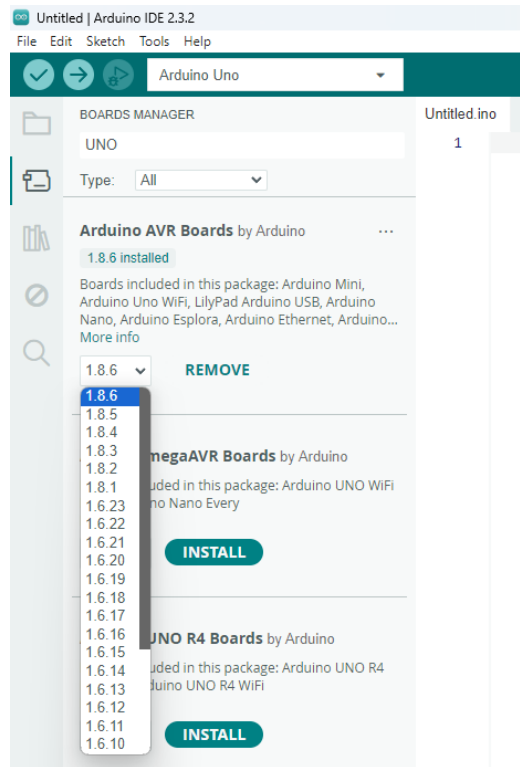


Рисунок 3.9 – Board Manager

Для роботи з GSM-GPRS модулем, GPS модулем та іншими компонентами необхідно встановити відповідні бібліотеки.

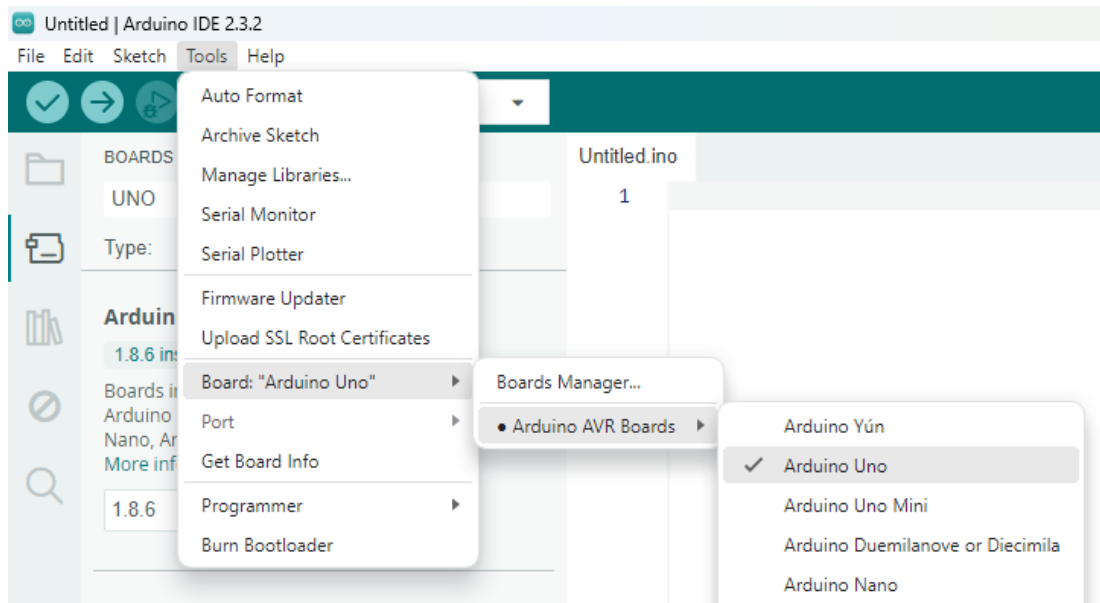


Рисунок 3.10 – Підключення плати

Бібліотека SoftwareSerial зазвичай встановлена за замовчуванням у Arduino IDE. Вона використовується для створення додаткових серійних

портів на Arduino. Якщо бібліотека не встановлена, необхідно перейти до меню Sketch -> Include Library -> Manage Libraries, у вікні пошуку ввести «SoftwareSerial» та натиснути кнопку Install поруч з назвою бібліотеки. Теж саме необхідно зробити з іншими бібліотеками TinyGPS++, Adafruit FONA Library, та іншими(рис. 3.11).

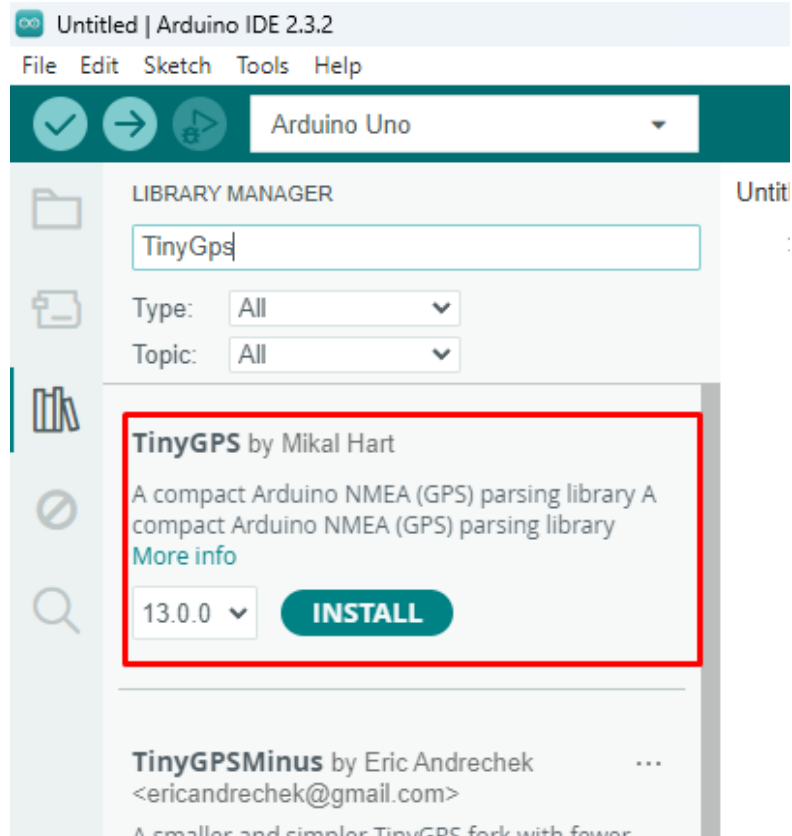


Рисунок 3.11 – Встановлення бібліотеки TinyGPS++

Після встановлення Arduino IDE та виконання усіх необхідних налаштування, можна починати працювати з платою.

3.4 Програмна частина

Розробка програмного забезпечення для портативного навігатора, який визначає місцезнаходження на основі GSM і A-GPS, вимагає створення алгоритмів для зчитування та передачі координат, а також забезпечення належного функціонування всіх компонентів.

Код написаний на мові програмування C++ за допомогою Arduino IDE. C++ є однією з найпоширеніших і ефективних мов програмування. Можна ефективно працювати з апаратними ресурсами Arduino Uno R3 за допомогою C++, що гарантує високий рівень продуктивності. Arduino IDE використовує спрощений синтаксис C++, що дозволяє створювати програми для взаємодії з різними модулями та сенсорами, наприклад GSM-GPRS модулем SIM900 і GPS модулем NEO-6M.

Програма повинна здійснювати періодичні запити до GSM мережі для отримання даних про місцезнаходження (Cell ID та LAC), використовуючи A-GPS для підвищення точності визначення координат, а також надсилати отримані координати через SMS на телефон.

Опис програмної частини:

```
#include <SoftwareSerial.h>  
#include <TinyGPS++.h>
```

Рисунок 3.12 – Встановлення бібліотек

Спочатку підключаємо необхідні бібліотеки, а саме SoftwareSerial.h яка дозволяє спілкуватися з кількома серійними пристроями, та TinyGPS++ для обробки даних з GPS-модуля (рис. 3.12).

```
#define RX_PIN 7  
#define TX_PIN 8
```

Рисунок 3.13 – RX_PIN та TX_PIN

RX_PIN та TX_PIN – пін-коди для з'єднання з GSM-GPRS модулем SIM900 (рис. 3.13).

```
SoftwareSerial SIM900(RX_PIN, TX_PIN);
```

Рисунок 3.14 – об'єкт серійного з'єднання

Далі відбувається створення об'єкта серійного з'єднання для GSM-GPRS модуля (рис. 3.14).

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  SIM900.begin(9600);  
  delay(1000);  
  SIM900.println("AT");  
  delay(1000);  
  SIM900.println("AT+CGATT=1");  
  delay(1000);  
  SIM900.println("AT+CSCS=\"GSM\"");  
  delay(1000);  
  SIM900.println("AT+CSMP=17,167,0,0");  
  delay(1000);  
  SIM900.println("AT+CMGF=1");  
  delay(1000);  
}
```

Рисунок 3.15 – Ініціалізація у функції setup()

Наступний крок це ініціалізація серійних з'єднань для відлагодження та для GSM-GPRS модуля (рис. 3.15). А також виконання послідовності AT-команд для перевірки з'єднання, активації GPRS, встановлення набору символів та параметрів SMS, а також текстового режиму SMS.

```
void loop() {  
  String location = getGSMCoordinates();  
  if (location != "") {  
    sendSMSToPhone(location);  
  }  
  delay(60000);  
}
```

Рисунок 3.16 – Головний цикл у функції loop():

Наступним кроком є головний цикл програми (рис. 3.16):

- виклик функції для отримання координат через GSM;
- перевірка, чи були отримані координати;
- виклик функції для надсилання координат через SMS;
- затримка на 1 хвилину перед наступним визначенням координат.

```
String getGSMCoordinates() {
    SIM900.println("AT+CENG=1,1");
    delay(1000);
    SIM900.println("AT+CENG?");
    delay(1000);

    String response = "";
    while (SIM900.available()) {
        response += (char)SIM900.read();
    }

    // Парсинг відповіді для отримання Cell ID та LAC
    String cellID = getValue(response, ',', 8);
    String LAC = getValue(response, ',', 7);

    if (cellID != "" && LAC != "") {
        return "Cell ID: " + cellID + ", LAC: " + LAC;
    } else {
        return "";
    }
}
```

Рисунок 3.17 – Функція для отримання координат через GSM:

Наступна частина коду – це функція для отримання координат через GSM (рис. 3.17). Спочатку відбувається увімкнення послуги вимірювання рівня сигналу. Потім отримання інформації про сусідні базові станції. Парсинг відповіді для отримання Cell ID та LAC. Отримання Cell ID та LAC з відповіді. Повернення рядка з координатами у вигляді Cell ID та LAC або порожнього рядка, якщо дані не були отримані.

```
String getValue(String data, char separator, int index) {
    int found = 0;
    int strIndex[] = {0, -1};
    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}
```

Рисунок 3.18 – Функція String getValue для отримання значення з рядка

Після отримання координат відбувається функція для отримання значення з рядка на основі індексу та роздільника (рис. 3.18).

```
void sendSMSToPhone(String location) {  
  String phone_number = "+1234567890"; // Номер телефону отримувача  
  String message = "Location: " + location;  
  
  SIM900.print("AT+CMGS=\");  
  SIM900.print(phone_number);  
  SIM900.println("\");  
  delay(1000);  
  SIM900.print(message);  
  delay(100);  
  SIM900.write(26); // Ctrl+Z для відправлення SMS  
  delay(1000);  
}
```

Рисунок 3.19 – Функція для надсилання SMS

На фінальному етапі виконується Функція для надсилання SMS (рис. 3.19):

- номер телефону отримувача SMS;
- формування повідомлення з координатами;
- підготовка до відправлення SMS на вказаний номер;
- відправлення тексту повідомлення;
- відправлення команди завершення введення тексту (Ctrl+Z).

Підбиваючи підсумок роботи програми можна побачити що програма визначає координати пристрою на основі GSM Cell ID та LAC даних, використовуючи модуль SIM900. Після визначення координат вони надсилаються на вказаний номер телефону у вигляді SMS повідомлення.

Код регулярно оновлює інформацію про місцезнаходження через певний інтервал часу (1 хвилина).

Ця програма дозволяє відслідковувати місцезнаходження пристрою та передавати цю інформацію, що забезпечує зручний і практичний спосіб моніторингу місцезнаходження.

3.5 Завантаження коду на Arduino Uno R3

Останнім кроком проекту буде завантаження коду на плату Arduino Uno R3. На цьому етапі перевіряється коректність написаного коду та його взаємодія з апаратними компонентами. Завантаження коду здійснюється через Arduino IDE.

Перед завантаженням коду необхідно переконатися, що всі компоненти підключені правильно і що плата Arduino підключена до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Після цього слід виконати кілька кроків у середовищі Arduino IDE:

- відкрити Arduino IDE і обрати плату Arduino Uno R3 у меню Tools > Board > Arduino Uno. Далі вибрати відповідний COM порт у меню Tools > Port. Це дозволить IDE знати, на яку плату і через який порт потрібно завантажити код;

- перед завантаженням коду рекомендується виконати його компіляцію, щоб переконатися у відсутності синтаксичних помилок. Для цього необхідно натиснути на кнопку Verify (позначена галочкою) у верхній частині вікна IDE. Якщо компіляція пройшла успішно, буде повідомлення Done compiling у нижній частині вікна;

- після успішної компіляції необхідно натиснути на кнопку Upload (позначена стрілкою вправо). Arduino IDE автоматично почне завантаження коду на плату. З'явиться індикатор завантаження та повідомлення Uploading... у нижній частині вікна IDE. Після завершення завантаження з'явиться повідомлення Done uploading;

- після завантаження коду на плату можна використовувати Serial Monitor для відстеження виводу з Arduino. Це дозволить переконатися, що дані від модулів GSM-GPRS SIM900 та GPS NEO-6M передаються і обробляються коректно. Необхідно відкрити Serial Monitor у меню Tools > Serial Monitor або натиснути на іконку у верхньому правому куті IDE. У вікні Serial Monitor можна побачите дані, які надсилаються з плати Arduino;

– після завантаження коду на плату та налаштування Serial Monitor починається тестування роботи пристрою. Потрібно перевірити чи отримує плата дані від GSM-GPRS модуля SIM900 та GPS модуля NEO-6M, і чи надсилаються координати на мобільний телефон. Також необхідно переконатися, що всі компоненти працюють стабільно та без збоїв;

– у процесі тестування можуть виникнути різні проблеми, такі як відсутність зв'язку з модулями, некоректні дані або проблеми з живленням. У такому разі слід перевірити правильність підключення всіх компонентів, налаштування коду та параметри живлення. Часто проблема може бути вирішена шляхом перевірки сполучних дротів, перезавантаження плати або коригуванням налаштувань у коді.

Завантаження коду на Arduino Uno R3 є завершальним і важливим кроком у розробці портативного навігатора. Це дозволяє перевірити функціональність всього проекту, виявити можливі помилки та внести необхідні корективи для досягнення стабільної роботи пристрою. Після успішного завантаження та тестування пристрій готовий до експлуатації, забезпечуючи точне визначення місцезнаходження та передаючи координати на мобільний телефон користувача.

Висновки до розділу 3

Третій розділ включає загальну структуру, з'єднання компонентів, налаштування програмного забезпечення та розробку програмної частини для портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield. Було детально розглянуто основні апаратні елементи, такі як мікроконтролер Arduino Uno R3, GSM-GPRS модуль SIM900 Shield, GPS-модуль NEO-6M, а також модулі живлення TP4056 і MT3608. Програмне забезпечення, зокрема Arduino IDE та необхідні бібліотеки, забезпечують коректну роботу навігатора та взаємодію з апаратними компонентами.

У розділі розглянуто схеми з'єднання компонентів, створені за допомогою Fritzing, що дозволяє легко моделювати і документувати проект.

Описано систему живлення, яка забезпечує автономну роботу пристрою, та комунікаційні модулі, що дозволяють передавати дані і здійснювати зв'язок із мережею мобільного зв'язку. Було підкреслено важливість правильного з'єднання всіх компонентів і налаштування програмного середовища для стабільної та надійної роботи навігатора.

Також у розділі було розглянуто розробку програмного забезпечення на мові програмування C++ у середовищі Arduino IDE. Програмна частина включає алгоритми для зчитування та передачі координат через SMS на основі даних GSM і A-GPS. Основний код програми здійснює періодичні запити до GSM мережі для отримання даних про місцезнаходження (Cell ID та LAC), а також надсилає отримані координати через SMS на телефон. Завантаження коду на плату Arduino Uno R3 є завершальним етапом, що дозволяє перевірити функціональність всього проекту та забезпечити стабільну роботу пристрою.

Таким чином, у розділі було продемонстровано, що портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield є комплексним проектом, що включає апаратне та програмне забезпечення, і може бути ефективно реалізований завдяки чітким схемам з'єднань і налаштувань. Він забезпечує точне визначення місцезнаходження та передачу координат, що забезпечує зручний і практичний спосіб моніторингу місцезнаходження.

ВИСНОВКИ

Основною метою моєї кваліфікаційної бакалаврської роботи було розробити портативний навігатор на базі Arduino Shield GSM-GPRS, використовуючи сучасні технології мобільного зв'язку та глобальну навігаційну систему. Для досягнення цієї мети було виконано такі завдання: проведено аналіз поточних технологій та продуктів для портативних навігаторів, розроблено концептуальну модель портативного навігатора, створено апаратну частину, програмне забезпечення та проведено тестування портативного навігатора.

Під час аналізу схожих пристроїв було виявлено, що навігатори, оснащені A-GPS здатні передавати дані через мобільні мережі, та є ідеальними для особистого моніторингу та відстеження в реальному часі.

Під час аналізу алгоритму визначення місцезнаходження за допомогою GSM, стало зрозуміло що алгоритм включає в себе збір даних про базові станції, методи трилатерації та фільтрацію даних для підвищення точності. Вибір апаратної платформи Arduino Uno R3 обґрунтований її простотою у використанні, гнучкістю, доступністю за ціною та можливістю інтеграції різних модулів, таких як GSM-GPRS та GPS. Для забезпечення ефективної роботи навігатора було використано модулі GSM-GPRS (SIM900 SHIELD) та GPS (NEO-6M), що забезпечують високу точність, низьке енергоспоживання та простоту інтеграції.

Особлива увага приділена методам енергозбереження та використанню літій-полімерних акумуляторів для оптимізації енергоспоживання та забезпечення ефективного живлення пристрою. Програмне забезпечення, розроблене на мові програмування C++ у середовищі Arduino IDE, включає алгоритми для зчитування та передачі координат через SMS на основі даних GSM і A-GPS. Завантаження коду на плату Arduino Uno R3 дозволило перевірити функціональність проекту та забезпечити стабільну роботу пристрою.

Таким чином, розробка портативного навігатора на базі GSM-GPRS Arduino Shield є успішним проектом, що включає апаратне та програмне забезпечення. Результатом є ефективний та надійний портативний навігатор, який забезпечує точне визначення місцезнаходження та передачу координат у реальному часі. Проведені дослідження та тестування підтвердили, що розроблений навігатор є надійним та ефективним рішенням для користувачів, які потребують точних навігаційних даних у будь-яких умовах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. PORTABLE NAVIGATOR : patent 219474643 China : G01C 21/26. Applied on 10.03.2023 ; published on 04.08.2023. URL: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN406014354&_cid=P10-LXHZE0-26497-1 (Last accessed: 20.05.2024).
2. NAVIGATION SYSTEM, ON-VEHICLE NAVIGATOR AND PORTABLE NAVIGATOR : patent 1995253327 Japan : G01C 21/00, G01S 5/14, G08G 1/0969, G09B 29/00. Applied on 15.03.1994 ; published on 03.10.1995. URL: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=JP266643225&_cid=P10-LXHZE0-26497-1 (Last accessed: 21.05. 2024).
3. FLEXIBLE A-GPS LOCATOR : patent 20070293243 United States : H04Q 7/20, G01S 19/05, G01S 19/06, G01S 19/07, G01S 19/25, G08B 1/08. Applied on 06.04.2006 ; published on 20.12.2007. URL: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US41913607&_cid=P10-LXHZVN-35507-1 (Last accessed: 21.05. 2024).
4. IUIĂ A.-M., ALEXANDRU M. MAKING A VOICE CALL USING ARDUINO UNO R3 AND GSM GPRS SHIELD A-GSM v2.68. Review of the Air Force Academy. 2016. Vol. 14, no. 2. P. 133–136. DOI: <https://doi.org/10.19062/1842-9238.2016.14.2.16> (Last accessed: 29.05.2024).
5. Ghribi B., Logrippio L. Understanding GPRS: the GSM packet radio service. Computer Networks. 2000. Vol. 34, no. 5. P. 763–779. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1389-1286\(00\)00127-4](https://doi.org/10.1016/s1389-1286(00)00127-4) (Last accessed: 27.05.2024).
6. Lou R. M., Lu C. Development and Application of GPS Navigator in Ship. Advanced Materials Research. 2011. Vol. 268-270. P. 1275–1282. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.268-270.1275> (Last accessed: 27.05.2024).
7. GPS Tracking System. URL: https://www.researchgate.net/publication/364811231_GPS_Tracking_System (Last accessed: 21.05.2024).

8. Portable GPS Tracker with Arduino. URL: <https://medium.com/@joshhrisko/portable-gps-tracker-with-arduino-3affe7ba12> (Last accessed: 22.05.2024).
9. Arduino Documentation. URL: <https://docs.arduino.cc/> (last accessed: 20.05.2024).
10. Dan-azumi M. M. An Arduino security alarm system with a PIR motion sensor and a GSM module 1. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/380185140_An_Arduino_security_alarm_system_with_a_PIR_motion_sensor_and_a_GSM_module_1 (Last accessed: 21.05.2024).
11. Morallo N. T. Vehicle tracker system design based on GSM and GPS interface using arduino as platform. 2021. Vol. 23, no. 1. P. 258–264. URL: https://www.researchgate.net/publication/353486818_Vehicle_tracker_system_design_based_on_GSM_and_GPS_interface_using_arduino_as_platform (Last accessed: 21.05.2024).
12. Giwa A. B. Development of a GSM-RC Automated Device for Measuring Mobile Communication Signal Strength and Meteorological Parameters. 2024. Vol. 9, no. 1. P. 149–164. URL: https://www.researchgate.net/publication/378566823_Development_of_a_GSM-RC_Automated_Device_for_Measuring_Mobile_Communication_Signal_Strength_and_Meteorological_Parameters (Last accessed: 21.05.2024).
13. Kanani P., Padole M. Real-time Location Tracker for Critical Health Patient using Arduino, GPS Neo6m and GSM Sim800L in Health Care. 2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 13–15 May 2020. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/iciccs48265.2020.9121128> (Last accessed: 25.05. 2024).
14. 200+ Arduino Projects. URL: <https://www.instructables.com/Arduino-42/> (Last accessed: 22.05.2024).

15. Arduino Coding Guide. URL: https://manual.eg.poly.edu/index.php/Arduino_Coding_Guide (Last accessed: 22.05.2024).
16. Guide to NEO-6M GPS Module with Arduino. URL: <https://randomnerdtutorials.com/guide-to-neo-6m-gps-module-with-arduino/> (Last accessed: 22.05.2024).
17. Guide to SIM900 GSM GPRS Shield with Arduino. URL: <https://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/> (Last accessed: 23.05.2024).
18. Arduino: 39 Free Guides for Sensors and Modules. URL: <https://randomnerdtutorials.com/arduino-free-guides-sensors-modules/> (Last accessed: 23.05.2024).
19. Enhancing Security Using GPS-GSM Motorcycle Tracking System URL: https://www.researchgate.net/publication/379829396_Enhancing_Security_Using_GPS-GSM_Motorcycle_Tracking_System (Last accessed: 23.05.2024).
20. SDR-Based Portable Open-Source GSM/GPRS Network for Emergency Scenarios / C. Parra et al. 2019 Sixth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), Quito, Ecuador, 24–26 April 2019. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/icedeg.2019.8734427> (Last accessed: 28.05.2024).

ДОДАТОК А

Довідка про перевірку на унікальність пояснювальної записки

бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему:
«Портативний навігатор на базі GSM-GPRS Arduino Shield»

студента спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», 405 групи
Беспалько Ігор Миколайович
прізвище, ім'я, по-батькові

Перевірку тексту здійснено сервісом: онлайн-сервіс Unicheck

Результат перевірки тексту бакалаврської кваліфікаційної роботи: схожість складає 2,91 %.

UNICHECK
by Turnitin

User name: **Сергій Пузирьов** Check ID: **1016370004**
Check date: **17.06.2024 23:17:27 EEST** Check type: **Doc vs Internet + Library**
Report date: **18.06.2024 00:40:20 EEST** User ID: **100000135**

File name: **405_Беспалько_БР_2024**
Page count: **48** Word count: **10601** Character count: **80137** File size: **100.16 KB** File ID: **1016176943**

2.91% Matches
Highest match: **0.4%** with Internet source (https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42308/2/Ihor_Fedoriv.pdf)

2.5% Internet sources 309 Page 50
1.15% Library sources 97 Page 51

0% Quotes
Exclusion of quotes is off
Exclusion of references is off

0% Exclusions
No exclusions

Modifind
Text modifications detected. Find more details in the online report.
Replaced characters 6

Здобувач:

_____ І. М. Беспалько
підпис ініціали, прізвище

Керівник:

канд. фіз.-мат. наук, доцент

_____ С. В. Пузирьов
підпис ініціали, прізвище

Дата: «__» _____ 2024 р.

ДОДАТОК Б

Лістинг коду для портативного навігатору на базі GSM-GPRS Arduino Shield

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS++.h>
#define RX_PIN 7
#define TX_PIN 8
SoftwareSerial SIM900(RX_PIN, TX_PIN);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SIM900.begin(9600);
  delay(1000);
  SIM900.println("AT"); // Перевірка з'єднання
  delay(1000);
  SIM900.println("AT+CGATT=1"); // Активація GPRS
  delay(1000);
  SIM900.println("AT+CSCS=\"GSM\""); // Встановлення набору
СИМВОЛІВ
  delay(1000);
  SIM900.println("AT+CSMP=17,167,0,0"); // Встановлення параметрів
SMS
  delay(1000);
  SIM900.println("AT+CMGF=1"); // Встановлення текстового режиму
SMS
  delay(1000);
}

void loop() {
```



```
String location = getGSMCoordinates();
if (location != "") {
    sendSMSToPhone(location);
}
delay(60000); // Очікування 1 хвилини перед наступним визначенням
координат
}

String getGSMCoordinates() {
    SIM900.println("AT+CENG=1,1"); // Увімкнути послугу вимірювання
рівня сигналу
    delay(1000);
    SIM900.println("AT+CENG?"); // Отримати інформацію про сусідні
базові станції
    delay(1000);

    String response = "";
    while (SIM900.available()) {
        response += (char)SIM900.read();
    }

    // Парсинг відповіді для отримання Cell ID та LAC
    String cellID = getValue(response, ',', 8);
    String LAC = getValue(response, ',', 7);

    if (cellID != "" && LAC != "") {
        return "Cell ID: " + cellID + ", LAC: " + LAC;
    } else {
        return "";
    }
}
```

```
}

String getValue(String data, char separator, int index) {
    int found = 0;
    int strIndex[] = {0, -1};
    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

void sendSMSToPhone(String location) {
    String phone_number = "+1234567890"; // Номер телефону отримувача
    String message = "Location: " + location;

    SIM900.print("AT+CMGS=\");
    SIM900.print(phone_number);
    SIM900.println("\");
    delay(1000);
    SIM900.print(message);
    delay(100);
    SIM900.write(26); // Ctrl+Z для відправлення SMS
    delay(1000);
}
```