

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

ГОЛОВКО АНДРІЙ ІВАНОВИЧ

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ
ОБ'ЄКТІВ**

Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Науковий керівник:

ЧИЧУРА Ігор Іванович

кандидат фізико-математичних наук

Завідувач кафедри

Реєстрація _____
(номер)

« ____ » _____ 2025 р. _____ Людмила ХАБІБУЛІНА
(підпис)

Кваліфікаційна робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

_____ Ігор ЧИЧУРА
(підпис)
к.ф.-м.н., доцент

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____
(підпис) _____ (Ім'я, Прізвище)
_____ (науковий ступінь, вчене звання)

ABSTRACT

Title of the Diploma Project: automated device for precise positioning of objects.

The explanatory note of the qualification work consists of an introduction,

4 sections, conclusions, a list of references and appendices. The total volume of the explanatory note: 47 pages, 5 figures, 12 literary sources, 2 appendices.

The presented diploma project is dedicated to the development of a three-zone parking assistance device based on the Arduino Nano platform and ultrasonic distance sensors. The system aims to improve vehicle maneuvering accuracy in limited space environments by providing real-time distance information to the driver through a visual LCD interface and audible feedback using a buzzer.

The **object of the study** is embedded systems for driver assistance.

The **subject** is the use of ultrasonic sensors for spatial positioning in low-speed automotive applications.

The primary **goal** of the project is to design and implement a cost-effective prototype of a parktronic system capable of detecting obstacles in three directions—left, center, and right—thus increasing the accuracy and safety of parking maneuvers. To achieve this, the following tasks were addressed: review of existing sensor-based positioning technologies, selection of hardware components, development of the electrical and logical structure of the system, implementation of power regulation through a DC-DC buck converter, and simulation and testing in the Proteus environment.

The project leverages the capabilities of the **HC-SR04 ultrasonic module**, which operates on the principle of echolocation to determine the distance to nearby objects. The data obtained is processed by an Arduino Nano microcontroller and output in human-readable form via a 16x2 LCD screen, while the buzzer provides intuitive acoustic alerts corresponding to the detected proximity.

The **methods used** include: analytical review, comparative evaluation of sensor technologies, circuit simulation, embedded programming in Arduino IDE, and prototype testing under various simulated conditions.

The developed system demonstrates that simple and accessible hardware can effectively simulate commercial parking assistant devices. Its modular architecture allows for easy replication and educational application. Additionally, the implementation of a power management unit ensures compatibility with automotive voltage standards, enhancing the practicality of the device.

The diploma work provides a clear demonstration of how low-cost, open-source hardware can be applied in the creation of real-world automation tools, and serves as a valuable prototype for further research or integration in small-scale automotive systems.

Keywords: spatial positioning, ultrasonic sensor, Arduino Nano, parking assistance, embedded systems, HC-SR04, LCD display, buzzer, DC-DC converter.

РЕФЕРАТ

Назва дипломного проекту: автоматизований пристрій для точного позиціонування об'єктів.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилань та додатків. Загальний обсяг пояснювальної записки: 47 сторінки, 5 рисунків, 12 літературних джерел, 2 додатки.

Представлений дипломний проект присвячений розробці тризонного пристрою допомоги при паркуванні на базі платформи Arduino Nano та ультразвукових датчиків відстані. Система спрямована на підвищення точності маневрування автомобіля в умовах обмеженого простору, надаючи водієві інформацію про відстань у реальному часі через візуальний РК-інтерфейс і звуковий зворотний зв'язок за допомогою зумера.

Об'єктом дослідження є вбудовані системи допомоги водієві.

Предметом є використання ультразвукових датчиків для просторового позиціонування в низькошвидкісних автомобільних додатках.

Основною метою проекту є розробка та впровадження економічно ефективного прототипу системи парктроніка, здатної виявляти перешкоди в трьох напрямках — ліворуч, по центру та праворуч — таким чином підвищуючи точність і безпеку паркувальних маневрів. Для досягнення цього було вирішено наступні завдання: огляд існуючих технологій позиціонування на основі датчиків, вибір апаратних компонентів, розробка електричної та логічної структури системи, реалізація регулювання потужності через понижуючий перетворювач DC-DC, а також моделювання та тестування в середовищі Proteus.

У проекті використовуються можливості ультразвукового модуля HC-SR04, який працює за принципом ехолокації для визначення відстані до найближчих об'єктів. Отримані дані обробляються мікроконтролером Arduino Nano та виводяться у зрозумілій людині формі через РК-екран 16x2, тоді як зумер забезпечує інтуїтивно зрозумілі акустичні сповіщення, що відповідають виявленій близькості.

Використовувані методи включають: аналітичний огляд, порівняльну оцінку сенсорних технологій, моделювання схеми, вбудоване програмування в Arduino IDE та тестування прототипу в різних змодельованих умовах.

Розроблена система демонструє, що просте та доступне апаратне забезпечення може ефективно імітувати комерційні пристрої асистента паркування. Його модульна архітектура дозволяє легко тиражувати та навчати застосування. Крім того, впровадження блоку керування живленням забезпечує сумісність з автомобільними стандартами напруги, підвищуючи практичність пристрою.

Дипломна робота забезпечує чітку демонстрацію того, як недороге апаратне забезпечення з відкритим вихідним кодом може бути застосоване для створення реальних інструментів автоматизації, і служить цінним прототипом для подальших досліджень або інтеграції в невеликі автомобільні системи.

Ключові слова: просторове позиціонування, ультразвуковий датчик, Arduino Nano, допомога при паркуванні, вбудовані системи, HC-SR04, РК-дисплей, зумер, DC-DC перетворювач.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 Теоретична частина.....	10
1.1 Історія систем допомоги при паркуванні	10
1.2 Типи сенсорів використаних у системах допомоги в паркуванні.....	11
2 Компонентна база	15
2.1 Вибір технічної платформи	15
2.2 Вибір мікроконтролера	17
2.3 Огляд ультразвукового датчика HC-SR04 та РК-дисплея 16x2.....	21
2.4 Перетворення живлення.....	23
2.5 Середовище моделювання та застосування Proteus.....	25
3. Практична частина	28
3.1 Функціональна блок-схема	28
3.2 Джерело живлення та регулювання напруги	29
3.3 Логіка мікроконтролера та інтеграція датчиків	30
3.4 Механізми зворотного зв'язку.....	30
3.5 Використання EasyEDA для проектування друкованих плат.....	31
4. З'єднання та інтерфейс.....	34
4.1 Огляд компонентів системи.....	34
4.2 Розташування контактів Arduino Nano.....	34
4.3 Підключення компонентів.....	35
4.4 Огляд роботи сенсора.....	37
4.5 Стратегія розробки коду.....	38
4.6 Конфігурація джерела живлення.....	39
4.7 Схема моделювання у Proteus Design Suite.....	40
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	44

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ Пояснювальна записка			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробила		Головко А. І.						У	6	47
Перевірив		Чичура. І.І.						УжНУ, ІТФ,		
Т. контр.								4 курс, денна форма		
Н.Контр.		Чичура. І.І.								

ВСТУП

Точне просторове позиціонування стало ключовим аспектом сучасних автоматизованих, робототехнічних, навігаційних і транспортних систем. Від промислових роботів, що виконують завдання з мікронною точністю, до безпілотних автомобілів, що їздять вулицями міста, здатність визначати та контролювати положення об'єкта в просторі стала невід'ємним елементом сучасних технологій. Системи позиціонування забезпечують інтелектуальну точну взаємодію між машинами та їх середовищем для забезпечення безпеки, функціональності та ефективності У таких сферах, як виробництво та логістика, просторове позиціонування дозволяє роботам збирати складні компоненти або сортувати предмети з неймовірною швидкістю та точністю. У галузі медицини точне керування рухами має вирішальне значення для операцій із залученням роботів-хірургів. Тим часом у світі споживчих технологій все, від смартфонів до дронів, покладається на вбудовані датчики для відстеження місцезнаходження та руху.

Технологія, що лежить в основі, може відрізнятись — від інерціальних вимірювальних пристроїв (IMU) і лазерних сканерів до GPS і систем бачення на основі камер, — але принципи залишаються незмінними: знати, де ви знаходитесь у просторі, важливо для цілеспрямованого руху та безпечної роботи. В автомобільній промисловості просторове позиціонування відіграє ключову роль у розробці інтелектуальних систем допомоги водієві та автономних транспортних засобів. Однією з областей, де просторова точність особливо важлива в різних додатках, є маневри на повільній швидкості, особливо паркування. Паркування у тісному міському просторі – це ситуація високого ризику, де кілька сантиметрів можуть означати різницю між безпекою та зіткненням. Водіям може бути надзвичайно складно точно оцінити ці відстані (часто без повної видимості).

Це проклало шлях для розробки систем допомоги при паркуванні, широко відомих як датчики паркування. Ці системи являють собою практичну та доступну реалізацію технології просторової локалізації, розробленої для зворотнього зв'язку

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в реальному часі в обмежених середовищах. На відміну від повнорозмірних навігаційних систем, датчики паркування фокусуються на оточенні автомобіля, допомагаючи водієві виявляти перешкоди та точніше позиціонувати автомобіль. Принцип більшості паркувальних датчиків простий: використання датчиків, щоб контролювати відстань між транспортним засобом і потенційною перешкодою та негайно сповістити водія про це. Залежно від типу та складності системи цей зворотній зв'язок може мати форму звукових сигналів, візуальних індикаторів або навіть повного відео накладення. Незалежно від підходу, основна ідея залишається сумісною з ширшою метою просторового усвідомлення.

Цей дипломний проект зосереджений на створенні тризонної автоматизованої системи позиціонування, яка виступає як базова, але робоча модель парктроніка. Розроблена на основі мікроконтролера Arduino Nano та ультразвукових датчиків для вимірювання відстані, система створена слідкувати за наявністю перешкод у трьох основних зонах: лівій, центральній та правій задній частинах автомобіля. Дані візуалізуються на рідкокристалічному дисплеї та супроводжуються звуковими сигналами зумера, надаючи водієві миттєву інформацію про ситуацію навколо авто.

Відмінною рисою цього проекту є його орієнтація на простоту, модульність та освітнє значення. Завдяки використанню легкодоступного обладнання та компонентів з відкритим кодом, прототип не тільки імітує функціональність реальних пристроїв, а й є ефективним інструментом для навчання.

По суті, цей проект ліквідує прірву між розгалуженими системами визначення розташування в просторі та невибагливими практичними застосуваннями, на кшталт асистента паркування. Він демонструє, яким чином навіть недорогі технологічні рішення здатні істотно покращити взаємодію користувача з навколишнім світом, збільшити безпеку та послабити когнітивне навантаження. Завдяки цьому дослідженню робота сприяє глибшому усвідомленню того, як просторове орієнтування незалежно від способу реалізації може зробити взаємодію між людиною та машиною ефективнішою.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						8
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У наступних розділах розглядається історія та класифікація систем допомоги при паркуванні, аналізуються технічні компоненти та особливості втілення проекту. Кінцева мета полягає в тому, щоб показати, як невеликі та економічно вигідні пристрої можуть реалізовувати принципи точного просторового позиціонування у спосіб, що є значущим, масштабованим та пізнавальним.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Історія систем допомоги при паркуванні

Історія систем допомоги при паркуванні тісно пов'язана з розвитком автоматизації транспортних засобів і зростаючою потребою у підвищенні обізнаності водія. Ідея допомоги водіям у безпечному маневруванні транспортними засобами, особливо у вузьких або людних місцях, виникла з ростом урбанізації та поширенням автомобілів у другій половині 20 століття. Спочатку спроби покращити оглядовість паркування включали прості механічні пристрої, такі як опуклі дзеркала. Однак, оскільки електронні компоненти стають дешевшими та компактнішими, концепція автоматизованої допомоги стає все більш популярною. Перші електронні системи паркування були представлені наприкінці 1970-х і на початку 1980-х років, переважно для автомобілів високого класу. Ці системи покладаються на базові датчики та базові механізми попередження, такі як фари чи зумери, щоб попередити водія про перешкоди поблизу. З роками технологічний прогрес призвів до широкого впровадження більш складних рішень. На початку 2000-х років датчики паркування стали стандартною функцією багатьох автомобілів середнього класу, і вони продовжують розвиватися і по сьогодні. Сучасні системи допомоги при паркуванні можна розділити на три основні типи: ультразвукові, електромагнітні та системи на основі зору. Кожен із цих типів використовує різні фізичні принципи та сенсорні технології для виконання подібних функцій — виявлення об'єктів поблизу та попередження водія в режимі реального часу.

Ультразвукові датчики в даний час є найпоширенішими і широко використовуваними датчиками через їх доступність і надійність. Ці датчики випромінюють високочастотні звукові хвилі, які відбиваються від сусідніх об'єктів. Вимірюючи інтервал часу між відправленням і отриманням звукового імпульсу, система обчислює відстань до об'єкта. Їх головною перевагою є точність на коротких відстанях, що робить їх ідеальними для маневрів на повільній швидкості, таких як паркування.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електромагнітні системи працюють інакше. Замість того, щоб генерувати звукові хвилі, вони створюють електромагнітні поля низької інтенсивності навколо автомобіля. Коли об'єкт потрапляє в це поле, він викликає порушення, які виявляє система. Електромагнітні датчики зазвичай встановлюються за бампером автомобіля, і на них менше впливають фактори навколишнього середовища, такі як пил або дощ. Однак, як правило, вони дорожчі і складніші в установці.

Системи на основі зору набули значної популярності в останні роки. Ці системи використовують камери, встановлені навколо автомобіля, щоб надавати водієві відеозворотний зв'язок у реальному часі. Багато сучасних систем зору містять алгоритми обробки зображень, здатні виявляти та виділяти перешкоди. Хоча системи зору надають більш детальну інформацію, вони сильно залежать від умов освітлення та можуть бути менш надійними в тумані, темряві чи сильному дощі.

1.2 Типи сенсорів використаних у системах допомоги в паркуванні

У світі автомобільної автоматизації сенсори слугують очима та вухами машин. Вони відповідають за інтерпретацію фізичного світу та перетворення його на цифрові сигнали, які можуть бути зрозумілі та оброблені мікроконтролерами та вбудованими системами. Точність, надійність та ефективність систем допомоги при паркуванні, таких як парктроніки, значною мірою залежать від типу та конфігурації використовуваних сенсорів. Повне розуміння різних доступних сенсорних технологій є важливим для розробки ефективної та чуйної системи позиціонування.

1) Ультразвукові сенсори: Ультразвукові сенсори є найпоширенішим типом у базових системах паркування. Вони функціонують, застосовуючи ехолокацію: випромінюють високочастотні звукові хвилі (зазвичай приблизно 40 кГц) та визначають час, потрібний для повернення відбитого сигналу після зіткнення з об'єктом. Знаючи швидкість звуку, система обчислює дистанцію до об'єкта, виходячи з затримки у часі. Головні позитивні якості ультразвукових сенсорів — це доступність, просте встановлення та стабільна робота на невеликих відстанях. Вони оптимально підходять для сценаріїв з повільним рухом автомобіля та вимогою до точності в декілька сантиметрів. Проте можуть виникати проблеми з

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						11
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

м'якими чи кутовими поверхнями, що поглинають або розсіюють звукові хвилі, а також із впливом зовнішніх чинників, наприклад, вітру чи сильного дощу.

2) Інфрачервоні (ІЧ) сенсори: Інфрачервоні сенсори застосовують промені інфрачервоного світла задля виявлення об'єктів та вимірювання відстані. На відміну від ультразвукових сенсорів, ІЧ сенсори спираються на відбивну здатність об'єкта, аби визначити, скільки інфрачервоного світла вертається до приймача. Ці сенсори більш поширені в системах попередження про наближення, ніж у повних системах допомоги при паркуванні. Хоча ІЧ сенсори забезпечують швидкий час реагування і можуть бути відносно недорогими, вони дуже чутливі до перешкод від джерел навколишнього освітлення, зокрема прямого сонячного світла. Це обмежує їх надійність на відкритому повітрі. Окрім того, точність ІЧ сенсорів зменшується з відстанню та матеріалом об'єкта, що робить їх менш придатними для автомобільних застосувань, де неможливо гарантувати стабільні умови довкілля.

3) Електромагнітні сенсори: Електромагнітні сенсори паркування формують електромагнітне поле низької інтенсивності навколо периметра автомобіля, переважно використовуючи клейку стрічку, що встановлена за пластиковими бамперами. Коли предмет потрапляє в це поле, він порушує електромагнітні хвилі, які виявляються системою. Однією з ключових переваг електромагнітних систем є те, що вони невидимі та не потребують свердління дірок в бампері, зберігаючи вигляд авто. Вони також менш сприйнятливі до бруду, грязі та вологи. Проте ці системи можуть бути дорожчими та важчими в монтажі, вимагаючи точного калібрування. Їх діапазон виявлення теж може бути меншим, ніж у ультразвукових систем.

4) Візуальні системи на базі камер: Системи на базі камер забезпечують зоровий зворотний зв'язок, захоплюючи зображення чи відео в реальному часі навколишнього середовища автомобіля. Ці системи здебільшого використовують ширококутні об'єктиви, встановлені спереду, ззаду й з боків автомобіля. Візуальні дані обробляються та показуються на екрані, часто доповнюються цифровими накладками, які показують лінії траєкторії або зони перешкод. Основною перевагою систем камер є їх здатність надавати детальну та інтуїтивно зрозумілу інформацію. Вони безцінні в ситуаціях, коли користувачам потрібно оцінити не

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						12
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лише наявність, а й характер та ідентичність навколишніх об'єктів. Однак ці системи залежать від чітких умов освітлення і можуть бути пошкоджені туманом, темрявою або брудом на лінзах. Окрім того, вони вимагають більшої обчислювальної потужності та вносять більшу складність системи.

5) LIDAR (Light Detection and Ranging): Хоча менш типові в традиційних системах парктроніків, сенсори LIDAR все частіше застосовуються в технологіях автономного водіння. Системи LIDAR випромінюють лазерні імпульси та вимірюють час, потрібний для відбиття світла від поверхонь. Це дає їм змогу формувати докладні 3D-карти оточення. LIDAR забезпечує виняткову точність і дальність, проте має значну фінансову та обчислювальну вартість. Він зрідка використовується в бюджетних або споживчих системах паркування через їхню складність та необхідність у високошвидкісному процесорному устаткуванні.

б) Радарні сенсори: Радарні сенсори, чи то Radio Detection and Ranging, використовують радіохвилі для виявлення об'єктів. Ці системи спроможні функціонувати в умовах поганої видимості, на кшталт туману, дощу чи пилу. Радар особливо корисний для виявлення великих чи швидко рухомих об'єктів і часто застосовується в системах попередження зіткнень та адаптивному круїз-контролі. У контексті допомоги при паркуванні радар може бути додатковим сенсором для збільшення надійності виявлення. Проте через його більшу вартість і відносно низьку роздільну здатність на малих відстанях він, як правило, не використовується в базових реалізаціях парктроніків. Висновок Вибір сенсорної технології значно впливає на продуктивність, ціну та складність системи допомоги при паркуванні. У той час як ультразвукові датчики домінують у просторі початкового рівня та освітніх закладах через їхню простоту та ефективність, більш досконалі системи можуть отримати вигоду від інтеграції технологій зору, радара або навіть LIDAR.

Кожен різновид датчиків має особливі сильні та слабкі аспекти, а ідеальна конфігурація залежить від запланованого середовища, бюджету та потрібної функціональності. В контексті цього дипломного проєкту ультразвукові сенсори були обрані як найкраще рішення. Їх фінансова ефективність, простота застосування та широка документація роблять їх особливо прийнятними для освітніх цілей, прототипування та автомобільних застосувань початкового рівня.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						13
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через їх впровадження проєкт має за мету продемонструвати основні принципи просторової обізнаності та зворотного зв'язку в реальному часі в автомобільних системах позиціювання.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КОМПОНЕНТНА БАЗА

2.1 Вибір технічної платформи

Розробка та впровадження багатозонної системи допомоги при паркуванні потребує ретельного добору апаратних складників, які є економічно вигідними та здатними забезпечувати надійну роботу. У цьому розділі детально обговорюється обґрунтування вибору конкретних компонентів, таких як платформа мікроконтролера, сенсори, індикатори та системи управління живленням. Також надається порівняння з наявними альтернативами, щоб обґрунтувати вибір, зроблений під час розробки цього проєкту.

Серцем цієї системи є Arduino Nano, невеличка та універсальна плата мікроконтролера на основі ATmega328P. Nano було обрано насамперед через його розмір, простоту та широку підтримку ентузіастів. Він пропонує 14 цифрових входів/виходів, 8 аналогових входів, тактову частоту 16 МГц і досить флеш-пам'яті для мікропрограми проєкту. Ці специфікації роблять його дуже придатним для вбудованих систем, де простір обмежено, а споживання електроенергії слід мінімізувати. У порівнянні з більшими платами, такими як Arduino Mega, підходить краще для складних додатків із багатьма периферійними пристроями, Nano забезпечує збалансоване поєднання функціональності та площі.

Ультразвуковий сенсор HC-SR04 є основним механізмом виявлення системи. Цей модуль широко застосовується в робототехніці й автоматизації завдяки своїй доступності та точності вимірювання дистанцій від 2 см до 400 см з похибкою приблизно 3 мм. Він функціонує, випромінюючи високочастотну звукову хвилю та вимірюючи час, необхідний для повернення сигналу після удару в об'єкт. Це вимірювання відстані на основі часу є простим у застосуванні та дуже ефективним на невеликій відстані, що робить його ідеальним для сценаріїв паркування. Альтернативні сенсори, як-от інфрачервоні сенсори дистанції Sharp або модулі LiDAR, забезпечують більшу точність чи триваліший радіус дії, але за значно вищих витрат і складності, що менш вигідно в навчальному прототипі з обмеженим бюджетом.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для відображення виявлених відстаней було обрано РК-дисплей на 16x2 символів. Такий тип дисплея дозволяє виводити інформацію у два рядки по 16 символів, що достатньо для відображення інформації з усіх трьох зон. Він підключається до Arduino за допомогою цифрових виводів і управляється за допомогою бібліотеки LiquidCrystal. Хоча графічні дисплеї, такі як екрани OLED або TFT, надають кращу якість зображення, вони також вимагають більше ресурсів, є дорогими та ускладнюють підключення й програмування. Таким чином, РК-дисплей 16x2 забезпечує ідеальний баланс між функціональністю та простотою.

Важливим елементом контуру зворотного зв'язку є зумер, котрий працює механізмом звукового сповіщення. Зумер управляється сигналами ШІМ від Arduino та випромінює звуки з різною частотою залежно від відстані до виявленого об'єкта. Цей елемент недорогий, простий в реалізації та інтуїтивно зрозумілий для юзерів. У комерційних системах можна застосовувати більш досконалі звукові модулі або мікросхеми синтезу мови, але для середовища створення прототипів досить і ефективно використовувати стандартний п'єзозумер.

Живлення системи від електричної мережі транспортного засобу викликає деякі складнощі. Більшість автомобільних акумуляторів і ліній електропередач живлять 12 вольт постійного струму, тоді як Arduino Nano та інші складники функціонують від 5 вольт. Щоб подолати цей пробіл, в систему впроваджено понижувальний перетворювач DC-DC. Цей перетворювач знижує вхід 12 В до стабільного вихідного сигналу 5 В, що підходить для живлення мікроконтролера та периферійних приладів. Було обрано перетворювач від прикурювачу куплений онлайн, в більшості таких пристроїв вже вбудований перетворювач і тому потрібно буде менше махінацій проводити з системою. Підключення за допомогою такого пристрою має бути в рази простішим.

Іншим чинником під час вибору платформи була наявність компонентів і підтримка спільноти. Компоненти, сумісні з Arduino, є широко доступними та мають перевагу від величезної онлайн-документації, навчальних посібників і форумів з виправлення проблем. Це не тільки скорочує час розробки, але й гарантує, що систему можливо легко відтворити, протестувати та вдосконалити іншими учнями або аматорами.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						16
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У порівнянні з іншими платформами вбудованих систем, такими як Raspberry Pi, STM32 або ESP32, Arduino Nano зберігає свою перевагу щодо легкої логіки керування та інтеграції датчиків. Незважаючи на те, що Raspberry Pi пропонує можливості на базі Linux та підтримує мультимедіа, він занадто професійний для проекту такого характеру та збільшує енергоспоживання та час запуску. Мікроконтролери STM32 пропонують кращу продуктивність на ват, але мають важчу криву навчання та менш зручну підтримку для новачків. Плати ESP32, незважаючи на те, що вони компактні та підтримують Wi-Fi, створюють зайву складність і вартість для програми, яка не потребує бездротового підключення.

Процес ухвалення рішень, отже, передбачивши баланс продуктивності, ціни, простоти й освітньої користі. Кожен компонент був обраний не тільки на основі технічних переваг, але й на те, наскільки добре він відповідає ширшим цілям дипломного проекту: розробити функціональний, доступний і педагогічно значущий прототип.

Підсумовуючи, можливо зазначити, що технічна база даної системи асистента при паркуванні спирається на деталі, що підтвердили свою надійність і практичність в учбовому середовищі та розробці прототипів. Поєднання Arduino Nano, сенсорів HC-SR04, РК-дисплея, зумера й знижувального перетворювача не тільки відповідає функціональним потребам, але й забезпечує легкість застосування та тиражування. Цей підрозділ закладає основу для подальших розділів, що заглиблюються в системну інтеграцію, моделювання та випробування.

2.2 Вибір мікроконтролера

У розробці вбудованих систем вибір відповідної платформи мікроконтролера є важливим рішенням, яке впливає на успіх, продуктивність та масштабованість кінцевого дизайну. Для цього дипломного проекту, котрий зосереджується на створенні тризонної системи допомоги при паркуванні, обрано платформу Arduino Nano. У цьому розділі міститься детальне обговорення платформи Arduino загалом, з наголосом на варіанті Nano, включаючи його технічні можливості, переваги та обґрунтування його вибору порівняно з іншими наявними альтернативами.

1. Огляд платформи Arduino

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino — це електронна платформа з відкритим кодом, заснована на легкому у використанні апаратному та програмному забезпеченні. Спочатку презентований у 2005 році командою розробників з Італії, Arduino був створений як інструмент для студентів і аматорів створювати інтерактивні проекти без потреби у глибоких знаннях електроніки чи програмування. З часу створення Arduino перетворилася на одну з найбільш розповсюджених платформ для створення прототипів у світі, яка забезпечує різноманітні проекти від простих систем домашньої автоматизації до складних роботизованих архітектур.

Що відрізняє Arduino від звичайних систем мікроконтролерів, так це його характер з відкритим кодом, підтримка спільноти та легкість використання. Апаратне забезпечення збудовано навколо мікроконтролерів Atmel (нині Microchip), а програмне забезпечення складається зі спрощеного інтегрованого середовища розробки (IDE), яке застосовує зручну для користувача підмножину мови програмування C/C++. Arduino IDE містить чимало вбудованих бібліотек та прикладів, що робить його особливо доступним для початківців.

З роками екосистема Arduino розширилася, включивши різні зразки плат, кожна з яких адаптована для конкретних варіантів використання. Серед популярних варіантів Arduino Uno, Mega, Leonardo, Due та Nano. Кожна з цих моделей має різну кількість вхідних/вихідних контактів, об'єм пам'яті та підтримку периферійних пристроїв.

2. Технічні характеристики Arduino Nano

Arduino Nano — це компактна та універсальна плата, що пропонує велику кількість обчислювальної сили в маленькому форм-факторі. Вона побудована на основі мікроконтролера ATmega328P і містить такі важливі риси:

Мікроконтролер: ATmega328P

Робоча напруга: 5В

Вхідна напруга (рекомендована): 7–12 В

Цифрові контакти вводу/виводу: 14 (6 виходів ШІМ)

Контакти аналогового входу: 8

Флеш-пам'ять: 32 КБ (з них 2 КБ використовуються завантажувачем)

SRAM: 2 КБ

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

EEPROM: 1 КБ

Тактова частота: 16 МГц

Підтримка USB: Mini-USB (чіп CH340 або FT232)

Розмір: приблизно 45 мм x 18 мм

Завдяки компактному розміру та малому споживанню енергії Nano чудово підходить для застосування з обмеженим місцем і портативних систем. Його здатність живитися через USB або зовнішнє джерело живлення робить його універсальним для інтеграції в різні середовища, включаючи автомобільні системи, де регулювання напруги є суттєвим.

3. Причини вибору Arduino Nano

Рішення використати Arduino Nano у цьому проєкті ґрунтувалося на низці технічних та практичних міркувань:

Компактний розмір: невеличка площа Nano робить його ідеальним для вбудованих додатків, таких як помічник при паркуванні, який мусить поміститися в обмежений фізичний простір приладової панелі автомобіля чи модуля бампера.

Достатні можливості вводу/виводу: Завдяки 14 цифровим контактам вводу/виводу та 8 аналоговим входам Nano пропонує достатню кількість можливостей підключення для інтеграції декількох ультразвукових датчиків, РК-дисплея, зумера та схеми регулювання потужності.

Доступність: плати Arduino Nano, особливо ті, що використовують послідовний USB-чіп CH340, є вельми рентабельними, що робить їх придатними для академічних проєктів та великомасштабного прототипування без бюджетних обмежень.

Підтримка спільноти та бібліотеки: однією з найбільших переваг Arduino є її велика онлайн-спільнота та розгалужена екосистема бібліотек. Nano цілком сумісний з бібліотеками для ультразвукових датчиків (наприклад, NewPing), РК-дисплеїв (наприклад, LiquidCrystal) і зумерів, що значно скорочує час розробки.

Простота програмування та налагодження: за допомогою Arduino IDE Nano можна легко запрограмувати через USB. Платформа підтримує послідовне налагодження, що спрощує моніторинг показань датчиків і усунення несправностей системи.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергоефективність: Nano ефективно функціонує при низькій напрузі та здатний працювати від регульованої напруги 5 В, що подається від перетворювача постійного струму. Це робить його безпечним та практичним для використання в автомобільних середовищах, де живлення 12 В є стандартним.

Освітнє значення: враховуючи освітній характер проекту, Arduino Nano пропонує доступну криву навчання для студентів. Він забезпечує чудову платформу для розуміння концепцій вбудованих систем, включаючи інтерфейс введення/виведення, синхронізацію та інтеграцію датчиків.

4. Зіставлення з альтернативними платформами

Перш ніж обрати Arduino Nano, були розглянуті альтернативні варіанти мікроконтролерів. До них відносяться:

Arduino Uno: пропонує схожі можливості, але фізично більший, що робить його менш прийнятним для вбудованих транспортних засобів.

ESP32: забезпечує з'єднання Wi-Fi та Bluetooth, швидшу обробку й більше пам'яті. Проте це додає непотрібну складність для системи, яка не потребує бездротового зв'язку.

STM32 (Blue Pill): пропонує більше потужності та периферійних параметрів, але має стрімкішу криву навчання та менш доступні інструменти розробки у порівнянні з Arduino.

Raspberry Pi Pico: базується на чіпі RP2040, він пропонує більше функцій за аналогічною вартістю, але потребує складнішого налаштування та іншого підходу до програмування (наприклад, MicroPython чи C SDK).

Кожна з цих альтернатив має переваги, але для масштабів цього проекту, котрий віддає перевагу простоті, надійності, економічній ефективності та легкості інтеграції, Arduino Nano представляє оптимальний баланс.

Висновок

Отже, Arduino Nano виявляється ідеальним вибором для розробки цієї тризонної системи допомоги при паркуванні. Компактний дизайн, достатні можливості введення/виведення, низькі вимоги до енергоспоживання та потужна підтримка спільноти роблять його особливо придатним для вбудованих застосувань у обмежених середовищах. Сумісність плати з широко

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуваними компонентами та бібліотеками полегшує процес розробки апаратного та програмного забезпечення, дозволяючи швидко створювати прототипи та тестувати. Ці атрибути ідеально узгоджуються з освітніми та практичними цілями цього дипломного проекту, демонструючи, як доступні технології можна використати для вирішення реальних проблем в автомобільній автоматизації.

2.3 Огляд ультразвукового датчика HC-SR04 та РК-дисплея 16x2

У системі допомоги при паркуванні на базі Arduino Nano два важливі компоненти працюють разом, щоб виявляти об'єкти та передавати дані користувачеві в реальному часі: ультразвуковий датчик HC-SR04 і буквено-цифровий РК-дисплей 16x2. Разом ці модулі забезпечують точне сприйняття навколишнього середовища та чіткий візуальний зворотний зв'язок, що має вирішальне значення для покращення просторового розуміння під час маневрування автомобіля.

Датчик HC-SR04 призначений для вимірювання відстані до найближчої перешкоди за допомогою звукових хвиль з частотою, що перевищує людський слух. Він посилає короткі ультразвукові імпульси через передавальний елемент, і якщо імпульс потрапляє на об'єкт, звук відбивається назад і вловлюється приймальним елементом. Потім датчик обчислює, скільки часу потрібно, щоб відлуння повернулося. Аналізуючи тривалість цієї подорожі, мікроконтролер Arduino може оцінити відстань до об'єкта. Цей процес забезпечує швидке безконтактне виявлення та особливо підходить для динамічних середовищ, таких як автомобільні системи.

Для зв'язку з Arduino датчик використовує два цифрові контакти: один для надсилання тригерного сигналу, а інший для отримання відлуння. Короткий високий сигнал на контакті запуску ініціює процес, тоді як ехо-контакт забезпечує затриману відповідь, яка інтерпретується мікроконтролером. Система періодично повторює це вимірювання, надаючи актуальну інформацію про наближення. HC-SR04 працює від 5 вольт і має діапазон виявлення від кількох сантиметрів до приблизно чотирьох метрів, що робить його ідеальним для таких програм, як датчики паркування.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						21
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані вимірювань не приносять користі, якщо вони не представлені користувачеві в зрозумілій та читабельній формі. Саме тут РК-дисплей 16x2 відіграє вирішальну роль. Це простий, але ефективний пристрій виведення тексту, який відображав символи у двох рядках із шістнадцятьма позиціями в кожному рядку. Він працює за допомогою вбудованого контролера та спілкується з Arduino через паралельний інтерфейс.

Щоб оптимізувати використання контактів на мікроконтролері, дисплей часто налаштований у 4-бітному режимі, який вимагає менше з'єднань, зберігаючи повну функціональність.

РК-модуль живиться від того самого джерела напруги 5 В, що й решта системи, а контакт керування контрастністю підключено до змінного резистора для регулювання видимості символів. Arduino надсилає дані на дисплей у структурованій послідовності: команди та символи розбиваються на дві частини і передаються одна за одною разом із керуючими сигналами. Зазвичай використовувані бібліотеки спрощують цей процес, абстрагуючись від обробки сигналу нижчого рівня.

У системі допомоги при паркуванні РК-дисплей використовується для відображення значення відстані, отриманого від ультразвукового датчика. Дисплей постійно оновлюється для відображення останніх показань, що дозволяє користувачеві швидко визначати взаємне розташування навколишніх об'єктів.

Наприклад, відстані ліворуч, посередині та праворуч можуть відображатися в режимі реального часу, пропонуючи повний огляд задньої зони автомобіля.

З точки зору системи, інтеграція HC-SR04 і РК-дисплея 16x2 формує компактний і чутливий контур зворотного зв'язку. Датчики збирають необроблені просторові дані, а дисплей миттєво перетворює їх на значущу для користувача інформацію. Ця комбінація мінімізує когнітивне навантаження водія, оскільки йому не потрібно покладатися виключно на слухові підказки, щоб зрозуміти оточення. Крім того, оскільки обидва компоненти сумісні з логічними рівнями 5 В і підтримуються бібліотеками з відкритим кодом, їх можна легко інтегрувати в схеми на базі Arduino.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, рішення використовувати в цьому проекті ультразвуковий датчик HC-SR04 і РК-дисплей 16x2 було прийнято через їхню надійність, простоту, економічність та ефективність. Їх узгоджена функція гарантує, що система залишається економічно ефективною та функціонально надійною, забезпечуючи чіткий, безперервний і своєчасний зворотний зв'язок щодо відстані, підвищуючи обізнаність водія та підтримуючи безпечне паркування.

2.4 Перетворення живлення

У вбудованих електронних системах, особливо інтегрованих в автомобільне середовище, керування живленням є критично важливим компонентом для забезпечення стабільної та безпечної роботи системи. У той час як автомобілі зазвичай працюють від номінальної напруги живлення 12 В, яка підходить для таких компонентів, як фари, схеми запалювання та інших систем, більшість мікроконтролерів і малопотужних цифрових пристроїв, включаючи Arduino Nano та його периферійні пристрої, потребують стабільного входу 5 В для належної роботи.

Щоб подолати цю невідповідність напруги, використовується понижуючий перетворювач DC-DC. Він знижує напругу живлення 12 В від автомобільного акумулятора до безпечного та стабільного вихідного сигналу 5 В для мікроелектронних компонентів. Понижуючий перетворювач на основі MP1584EN (рис 2.1) був обраний для цього проекту через його невеликі розміри, стабільний вихід, високу ефективність і перевірену надійність в умовах, схожих на автомобільні.

MP1584EN — це синхронний понижуючий перетворювач, здатний видавати безперервний струм до 3 А, що робить його ідеальним для живлення Arduino Nano, трьох ультразвукових датчиків, зумера та РК-дисплея 16x2 без створення теплового навантаження. Він підтримує вхідну напругу до 28 В, що важливо в автомобільних системах, оскільки стрибки напруги, викликані шумом генератора або запуском двигуна, можуть перевищувати типові 12-14,4 В. Функціонально цей понижуючий перетворювач працює за допомогою високошвидкісних перемикаючих MOSFET-транзисторів разом із котушкою індуктивності, діодом і конденсатором. Транзистор швидко включається і вимикається, подаючи

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імпульсний струм на котушку індуктивності. Індуктор протистоїть раптовим змінам струму, тимчасово накопичуючи енергію в магнітному полі. Коли перемикач замкнутий, енергія вивільняється через діод, а вихідний конденсатор згладжує напругу, що забезпечує стабільне живлення 5 В.

Однією з ключових переваг MP1584EN є його ефективність перемикання, яка зазвичай перевищує 90%, мінімізуючи споживання тепла та електроенергії. Це особливо корисно в автомобільних конструкціях, де керування температурою обмежене, а енергія надходить безпосередньо від обмеженого джерела живлення, автомобільного акумулятора.

Крім того, модуль має вбудовані механізми захисту, включаючи захист від перевантаження по струму, теплове відключення та захист від перенапруги, які є критичними в середовищах із частими електричними шумами та перехідними процесами. У цій програмі діод TVS (P6KE30A) додано до вхідного каскаду для придушення стрибків напруги, а конденсатори (100 мкФ електролітичні + 0,1 мкФ керамічні) розміщені на вході та виході для стабілізації напруги та фільтрації пульсацій, принципова схема показана на рисунку 2.1

Регульований вихід 5 В MP1584EN може безпосередньо живити Arduino Nano, а також ультразвуковий датчик HC-SR04, РК-дисплей і зумер. Завдяки вбудованому потенціометру для регулювання вихідного сигналу перетворювач можна точно налаштувати відповідно до вимог схеми та уникнути пошкодження через перенапругу.

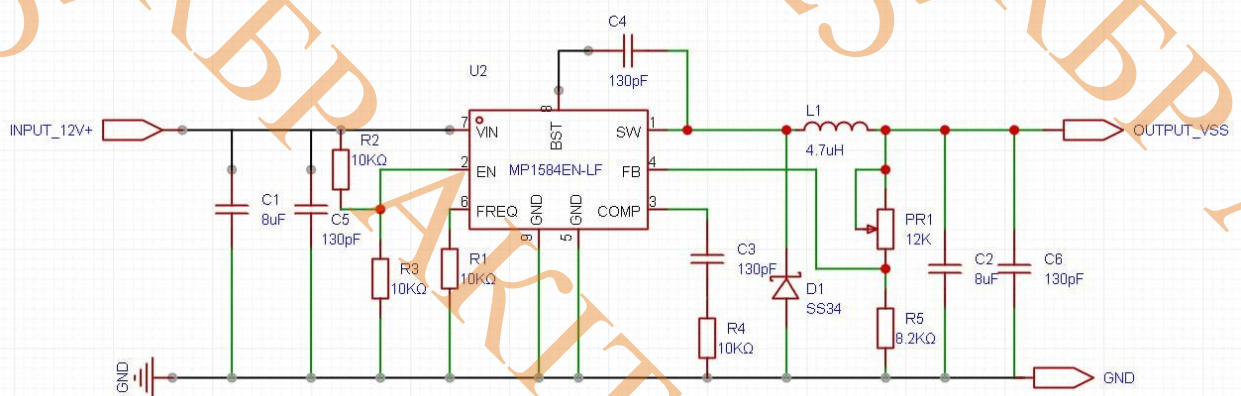


Рисунок 2.1— принципова схема MP1584EN

Інтегруючи цей перетворювач постійного струму в постійний, конструкція забезпечує не тільки функціональне регулювання напруги, але й фізичну

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк. 24
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компактність і підвищує безпеку системи. На відміну від громіздких лінійних регуляторів, MP1584EN залишається холодним під навантаженням і гарантує, що чутливі логічні компоненти захищені від нестабільності, шуму або перенапруги від шини живлення автомобіля.

Таким чином, вибір MP1584EN для регулювання потужності відіграє важливу роль в архітектурі системи допомоги при паркуванні. Він забезпечує стабільне живлення всіх модулів, буферизує вплив коливань в електроніці автомобіля та закладає надійну основу для тривалої роботи системи. Його впровадження підкреслює важливість перетворення електроенергії як основного елемента сучасної вбудованої та автомобільної електроніки.

2.5 Середовище моделювання та застосування Proteus

Для перевірки функціональності та логіки системи паркувального помічника перед впровадженням апаратного забезпечення моделювання відіграє важливу роль. Одним з найпопулярніших інструментів для моделювання систем на основі мікроконтролерів є Proteus Design Suite. У цьому розділі окреслено можливості середовища Proteus та обґрунтовано його використання на етапі розробки та тестування цього проекту.

Proteus – це професійний інструмент автоматизації електронного проектування (EDA), розроблений Labcenter Electronics. Він пропонує інтегровані середовища для захоплення схем, проектування розмітки друкованих плат та, що найважливіше для розробників вбудованих систем, моделювання мікроконтролера в реальному часі. Завдяки підтримці чисельних мікроконтролерів, включаючи AT mega328P (використовується в Arduino Nano), Proteus дозволяє користувачам одночасно моделювати як апаратну конфігурацію, так і фактичний вбудований код. У Proteus користувачі можуть розробляти цілі схеми, застосовуючи віртуальні складові, такі як мікроконтролери, датчики, дисплеї та пасивні елементи. Ці складові потім можна поєднувати з програмними файлами, як-от файли .hex чи .elf, згенеровані в середовищі розробки Arduino IDE, що дозволяє користувачам спостерігати за роботою системи в реальному часі, немов вона функціонує у фізичному світі.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вирішення застосовувати Proteus для цього дипломного проєкту впливає з його спроможності:

Точно імітувати поведінку Arduino Nano, що дозволяє виконувати прошивку паркувального асистента в реальному часі.

Візуалізувати дані датчиків та виходи РК-дисплея під час фаз тестування, допомагаючи перевірити, чи механізми зворотного зв'язку системи функціонують як слід.

Перевіряти потік сигналів і час між компонентами, як-от ультразвукові датчики та зумери.

Швидко виявляти та виправляти проблеми перед розгортанням проєкту на фізичному обладнанні.

Моделювати поведінку джерела живлення, включаючи регулювання напруги та цілісність з'єднання, що особливо актуально в автомобільних системах.

Окрім того, Proteus пропонує зрозумілий графічний інтерфейс, де всі елементи проєкту — датчики, дроти, дисплей та плата Arduino — можуть бути організовані подібно до реального прототипу. Це значно сприяє документуванню, розумінню та подальшому тиражуванню іншими користувачами.

З академічної точки зору використання Proteus є особливо вигідним. Він усуває розрив між теоретичним проєктуванням схем і практичною реалізацією. Студенти можуть швидко змінювати варіанти дизайну, змінювати проводку, тестувати альтернативні розташування датчиків і імітувати взаємодію кнопок — і все це без ризику пошкодження фізичних компонентів. Наприклад, функціональність кнопки ручного ввімкнення/вимкнення та поведінки пам'яті EEPROM можна перевірити за різних умов запуску.

Крім того, Proteus сприяє глибшому розумінню часу, синхронізації сигналів та розподілу живлення, які є важливими темами в проєктуванні вбудованих систем. Це дає змогу проводити контрольовані експерименти та створює впевненість перед переходом до реального обладнання.

Висновок

Proteus слугує потужним та практичним інструментом для моделювання системи паркувального асистента в контрольованому віртуальному середовищі.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						26
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Його здатність емулювати як схему, так і вбудований код робить його безцінним для перевірки функціональності, оптимізації продуктивності та навчання користувачів. Завдяки застосуванню Proteus цей проєкт отримав переваги від скорочення часу розробки, раннього виявлення проблем і покращення якості документації.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						27
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практичне втілення автоматизованої тризонної системи допомоги при паркуванні розпочинається з розробки зрозумілої та логічної структури системи. Для забезпечення надійної роботи всі апаратні складники мають працювати злагоджено під управлінням мікроконтролера, з належним регулюванням живленням та потоком даних між модулями. У цьому розділі представлено функціональну блок-схему пристрою, а також докладний опис взаємодій та логіки роботи системи.

3.1 Функціональна блок-схема

Основну структуру системи можна представити такими логічними блоками:

Блок живлення (вхід 12 В постійного струму)

Понижувальний перетворювач постійного струму (12 В на 5 В)

Блок мікроконтролера (Arduino Nano)

Ультразвукові датчики (3× HC-SR04: лівий, центральний, правий)

Візуальний вихід: РК-дисплей 16x2

Звуковий вихід: п'єзоелектричний зумер

Кнопка: перемикач увімкнення/вимкнення системи

Кожен ультразвуковий сенсор контролює різну ділянку позаду автомобіля. Лівий, центральний та правий сенсори безперервно вимірюють відстані до найближчих предметів. Arduino Nano отримує ці відомості, обробляє їх та вирішує, що показувати або коли активувати зумер, на основі наперед визначених порогових значень.

Кнопка дає змогу юзеру вручну вмикати чи вимикати всю систему. Теперішній стан зберігається в пам'яті EEPROM, що забезпечує збереження між циклами живлення. Коли систему деактивовано, датчики й зумер вимикаються, а РК-дисплей сповіщає юзера, що пристрій вимкнено. Приклад наведено нижче у блок схемі 3.1.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

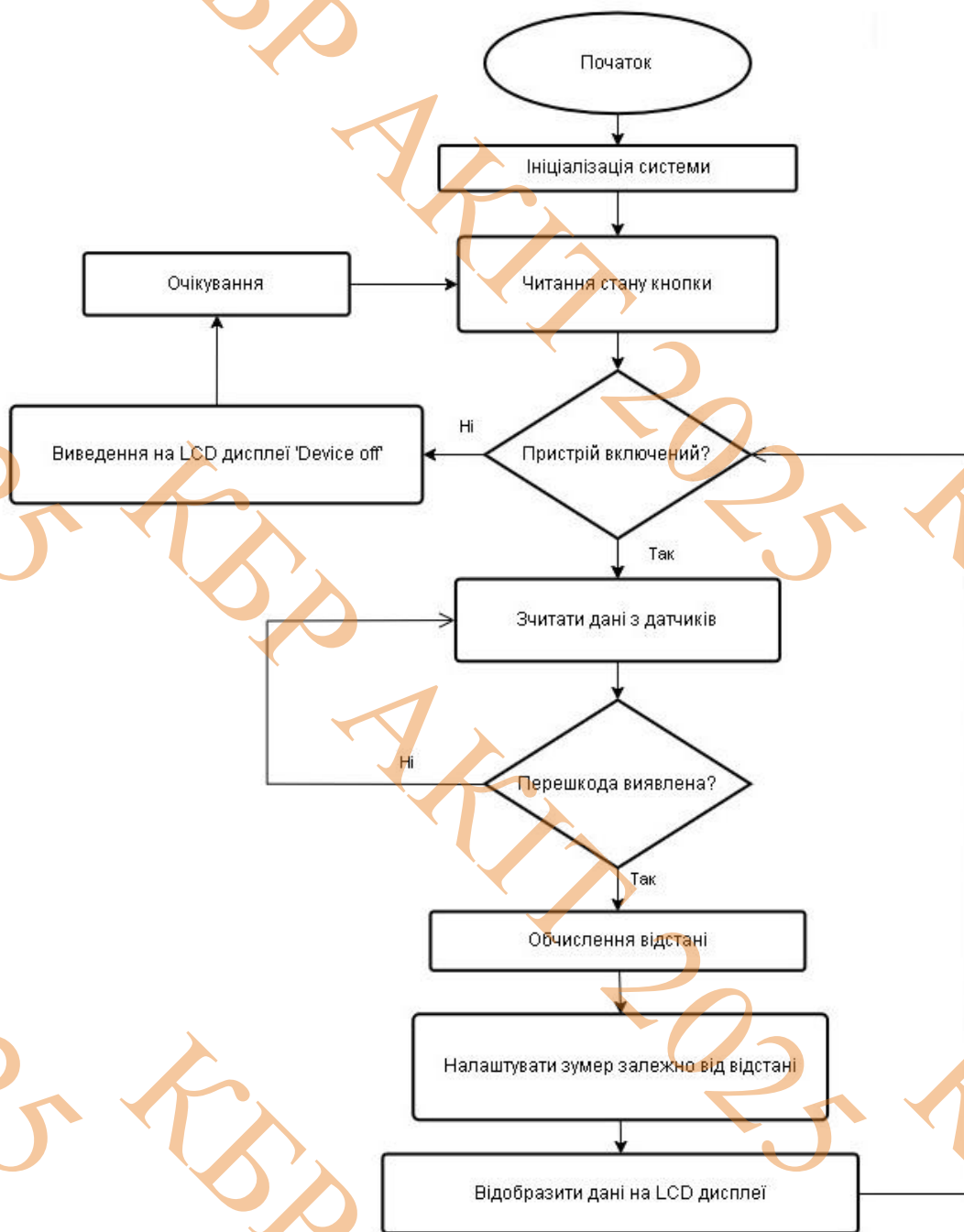


Рисунок блок схеми 3.1 — Логіка роботи парктроніка

3.2 Джерело живлення та регулювання напруги

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Оскільки система призначена для функціонування в транспортному середовищі, вона живиться від звичайного джерела постійного струму 12 В. Проте всі функціональні модулі, особливо Arduino Nano та сенсори, потребують стабільного джерела живлення 5 В. Цей рівень напруги забезпечується понижувальним перетворювачем. Перетворювач забезпечує ефективне перетворення енергії, уникаючи накопичення тепла та стрибків напруги, які можуть погіршити продуктивність системи.

3.3 Логіка мікроконтролера та інтеграція датчиків

Серцем системи є Arduino Nano, котрий керує всією роботою: запускає ультразвукові імпульси, вимірює час повернення відлуння, обчислює відстані та ухвалює рішення в режимі реального часу на основні вхідних даних датчика. Кожному датчику присвоюється унікальна пара цифрових контактів (Trigger та Echo), що гарантує незалежну роботу для лівої, центральної та правої зон.

Використовуючи дані часу прольоту від датчиків HC-SR04, Arduino обчислює відстані та зіставляє їх із заздалегідь визначеними порогоми небезпеки. На основі найкоротшої виявленої відстані в будь-якій зоні спрацьовують відповідні попередження.

3.4 Механізми зворотного зв'язку

Візуальний вивід: РК-дисплей 16x2 відображає виміряні дистанції від кожного сенсора. Лівосторонні й правобічні величини відображаються у верхньому рядку, а центральні показники - у нижньому. Таке розташування забезпечує зрозуміле відображення ситуації позаду автівки в реальному часі.

Слуховий вивід: П'єзоелектричний зумер генерує попереджувальні звукові сигнали, коли об'єкт визначається в межах критичної відстані. Чим ближче об'єкт, тим швидше звукові сигнали, допомагаючи водію інтуїтивно оцінити близькість без потреби дивитися на екран.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ручне управління: Кнопка, підключена до Arduino, дозволяє юзеру вмикати або вимкати систему. Стан кнопки зберігається в EEPROM, щоб забезпечити збереження обраного режиму після вимкнення живлення чи скидання системи.

Потік роботи системи відповідає простому, але дієвому циклу:

Ініціалізація системи, включно з завантаженням збереженого стану ввімкнення/вимкнення з EEPROM.

Зчитування стану кнопки задля визначення того, чи активна система.

Якщо активний:

Послідовно запускати кожен ультразвуковий сенсор.

Вимірювати час повернення відлуння та обчислювати відстані.

Відображати результати на РК-дисплеї.

Порівнювати відстані з пороговими значеннями.

За потреби активувати або налаштувати зумер.

Якщо неактивний:

Пропускати вимірювання.

Вимкнути зумер.

Відображати повідомлення «Пристрій вимкнено» на РК-дисплеї.

Повторювати цикл безупинно з мінімальною затримкою.

Цей цикл гарантує, що система лишається чутливою та ефективною, забезпечуючи зворотний зв'язок у режимі реального часу та керування користувачем. Швидкість та простота Arduino Nano роблять його оптимальним контролером для керування введенням сенсорів та взаємодією з користувачем.

Висновок

У цьому розділі описано структурну схему та логічну поведінку приладу допомоги при паркуванні. Організуючи систему в узгоджені функціональні блоки та інтегруючи елементи керування користувача, такі як кнопка з пам'яттю, конструкція досягає як надійності, так і зручності. У наступних розділах буде розглянуто детальну схему підключення (схему), повну програмну реалізацію та процедури перевірки, які підтверджують функціональність та продуктивність цієї системи.

3.5 Використання EasyEDA для проектування друкованих плат

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При створенні вбудованих електронних систем спосіб складання та підключення компонентів має значний вплив як на функціональність, так і на надійність. У той час як на ранніх етапах створення прототипів зазвичай використовуються макетні плати та перемички, цей метод часто призводить до створення великих, надуманих конструкцій, які не витримують тривалого чи реального використання. Для подолання цих перешкод і переходу до більш професійного та компактного дизайну використання друкованих плат (PCB) має вирішальне значення.

EasyEDA, веб-програмний інструмент для створення друкованих плат, був основною платформою для розробки апаратного забезпечення цього проекту. Ця платформа полегшує створення нестандартних друкованих схем, дозволяє користувачеві розміщувати, маршрутизувати та розташовувати електронні компоненти високоорганізованим способом, що економить простір.

При створенні вбудованих електронних систем спосіб складання та підключення компонентів має значний вплив як на функціональність, так і на надійність. У той час як на ранніх етапах створення прототипів зазвичай використовуються макетні плати та перемички, цей метод часто призводить до створення великих, надуманих конструкцій, які не витримують тривалого чи реального використання. Для подолання цих перешкод і переходу до більш професійного та компактного дизайну використання друкованих плат (PCB) має вирішальне значення.

EasyEDA, веб-програмний інструмент для створення друкованих плат, був основною платформою для розробки апаратного забезпечення цього проекту. Ця платформа полегшує створення нестандартних друкованих схем, дозволяє користувачеві розміщувати, маршрутизувати та розташовувати електронні компоненти високоорганізованим способом, що економить простір.

Остаточний дизайн друкованої плати веде до організованого, чіткого макета, який ідеально підходить для монтажу всередині корпусу, це важливо для практичного застосування автомобільної електроніки. На відміну від великих вузлів, зібраних вручну, друкована плата зменшує ймовірність помилок підключення, покращує розсіювання тепла та її легко зібрати.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, EasyEDA дає змогу експортувати файли Gerber і специфікації, що дозволяє легко інтегрувати виробничі служби, такі як JLCPCB. Це скеровує шлях від проектування до виробництва, що дозволяє повторювати дизайн і відповідати вимогам галузі.

EasyEDA не тільки підвищує ефективність і фізичну структуру системи, але також покращує документацію та презентацію дисертації.

Загалом, EasyEDA відіграє важливу роль у підключенні прототипів до кінцевого обладнання, вона забезпечує як функціональні, так і естетичні переваги. Використання цього методу в цьому дипломному проекті демонструє застосування сучасного дизайнерського підходу до створення потужної, компактної та естетично привабливої системи, яка вбудована в.

Наведений нижче рисунок 3.1 ілюструє зусилля, докладені в EasyEDA.

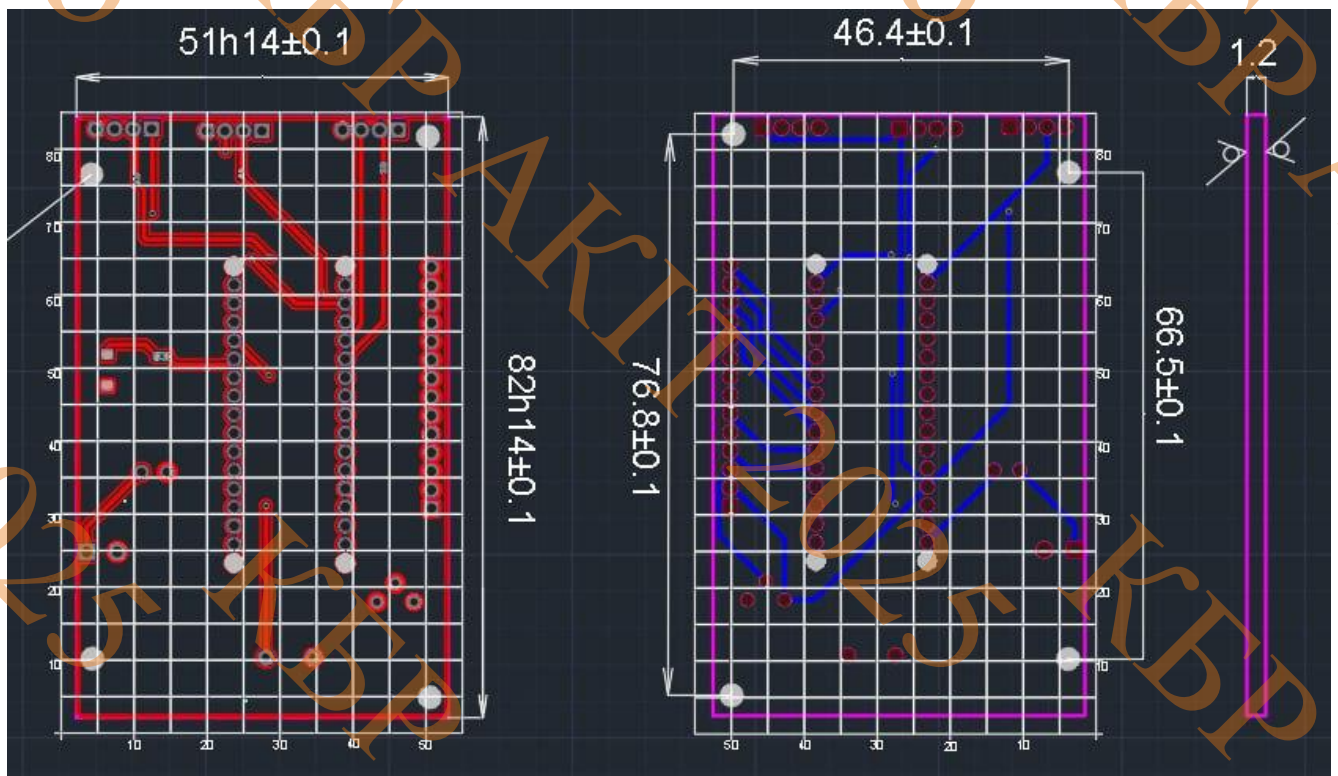


Рисунок 3.1 — Друкована плата.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4. З'ЄДНАННЯ ТА ІНТЕРФЕЙС

Успішна робота системи паркувального помічника значною мірою залежить від вірних електричних з'єднань між її складниками. У цьому розділі ми представляємо вичерпний огляд того, як кожен модуль був фізично інтегрований у систему, включаючи конфігурацію контактів, принципи під'єднання та особливості компонування. Вірне інтерфейсування забезпечує як функціональну продуктивність, так і безпеку, особливо в автомобільних середовищах, де електрична стабільність є важливою.

4.1 Огляд компонентів системи

Ключові апаратні елементи системи містять:

- Плата мікроконтролера Arduino Nano
- Три ультразвукові датчики відстані HC-SR04
- РК-дисплей 16x2 (працює в 4-бітному режимі)
- П'єзоелектричний зумер для акустичного зворотного зв'язку
- Понижувальний перетворювач постійного струму для регулювання напруги (від 12 В до 5 В)
- Макетна плата або друкована плата, перемички та додаткові резистори/конденсатори

4.2 Розташування контактів Arduino Nano

На Arduino Nano використовуються такі контакти:

Ультразвукові датчики:

Лівий датчик: Тригер → D2, Echo → D3

Центральний датчик: Тригер → D4, Echo → D5

Правий датчик: Тригер → D6, Echo → D7

РК-дисплей (16x2) — 4-бітний інтерфейс:

RS → D8

EN → D9

D4 → D10

D5 → D11

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

D6 → D12

D7 → D13

VSS → GND, VDD → 5V

VO → Потенціометр (для контрастності)

Зумер:

Сигнальний контакт → A0

Кнопка:

Сигнальний контакт → A1 (з внутрішнім підтягуванням)

Джерело живлення:

Вхід 12V → Понижувальний перетворювач

Вихід понижувального перетворювача (5V) → Контакт 5V Arduino Nano та периферійні компоненти. Принципова схема підв'язки компонентів показана на рисунку 4.1.

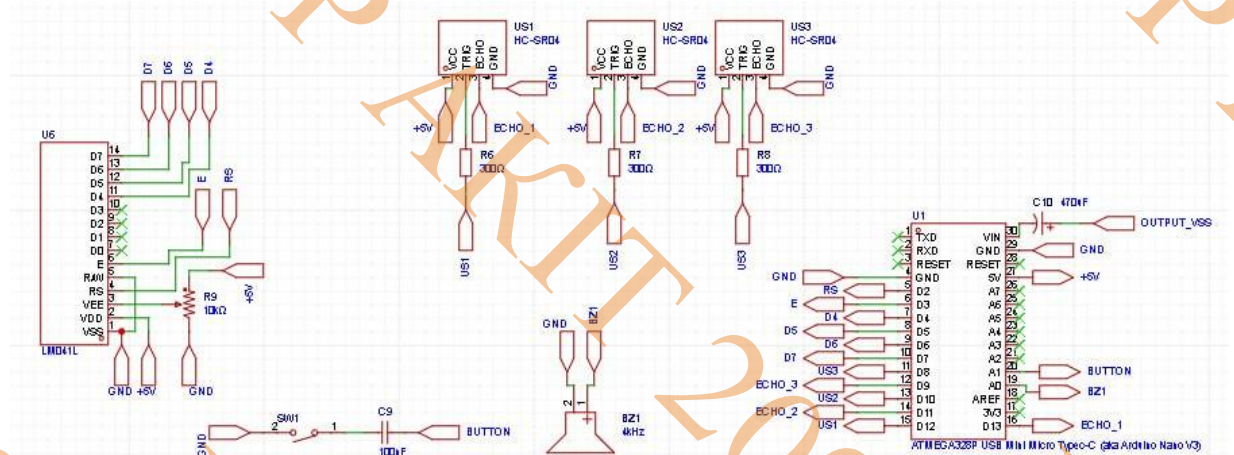


Рисунок 4.1 — Принципова схема пристрою допомоги при паркуванні.

4.3 Підключення компонентів

Кожен сенсор HC-SR04 складається з чотирьох контактів: VCC, GND, TRIG та ECHO. VCC та GND під'єднані паралельно до лінії 5 В, що забезпечується перетворювачем buck. Лінії Trigger та Echo під'єднані до цифрових контактів на Arduino, як визначено вище. Щоб забезпечити чіткість сигналу та запобігти накладанню, кожен датчик запускається послідовно програмно, а між активаціями вводяться короткі затримки.

До ліній Echo можна додати підтягувальні резистори (зазвичай 10 кОм) для стабілізації сигналу в режимі очікування. У середовищах з електричним шумом

також радиться використовувати байпасні конденсатори між VCC та GND для згладжування коливань напруги.

РК-дисплей 16x2 під'єднано в 4-бітному режимі, щоб зменшити кількість необхідних контактів вводу/виводу. Потенціометр (10 кОм) під'єднано до контакту VO для регулювання контрастності дисплея. Контакт RW РК-дисплея під'єднано до GND, оскільки зчитування даних з РК-дисплея не потрібне. Решта контактів управління та даних під'єднані до цифрових портів вводу/виводу, що дозволяє бібліотеці LiquidCrystal керувати зв'язком та оновленням тексту.

РК-дисплей та Arduino повинні мати спільну землю та отримувати чисте живлення 5 В. Погана контрастність або мерехтіння можуть свідчити про недостатнє живлення або контури заземлення.

Зумер під'єднано до аналогового контакту A0 та керується функціями tone() та noTone() у коді. Залежно від відстані об'єкта від транспортного засобу, система змінює частоту тону: швидкий, високочастотний тон сигналізує про близький об'єкт, тоді як повільніший тон або тиша вказують на безпечну відстань. Такий підхід забезпечує інтуїтивний зворотний зв'язок для водія без необхідності постійно стежити за дисплеєм.

Доповненням до зумера є кнопка, під'єднана до контакту A1. У коді кнопка ініціалізується за допомогою режиму INPUT_PULLUP, що усуває необхідність використання зовнішнього підтягувального резистора. При натисканні кнопка перемикає пристрій між активним та неактивним режимами. Ця функціональність реалізується шляхом моніторингу переходів від високого до низького рівня, що допомагає виявляти навмисні натискання.

Для підвищення надійності код включає програмний механізм усунення дребезгу, який використовує 300-мілісекундну затримку для фільтрації механічного шуму від натискання кнопки. Перемикання в стані системи зберігається в EEPROM за допомогою функції EEPROM.write(), що дозволяє пристрою запам'ятовувати, чи був він востаннє увімкнений чи вимкнений, навіть після відключення живлення або скидання налаштувань. Під час запуску програма зчитує це значення за допомогою EEPROM.read() та відповідно налаштовує стан пристрою.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						36
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли система вимкнена, що контролюється кнопкою, сенсори ігноруються, зумер залишається беззвучним, а на РК-дисплеї відображається повідомлення про те, що система вимкнена.

4.4 Огляд роботи сенсора

Належне функціонування ультразвукових сенсорів є важливим для продуктивності тризонної системи допомоги при паркуванні. В цьому розділі детально описано підхід до написання та структурування коду датчика. Розглянуто логіку одержання, обробки (4.1,4.2) та відображення даних про відстань від ультразвукових модулів, а також роз'яснення відповідних математичних розрахунків та програмних бібліотек, що застосовувалися під час реалізації.

Кожен ультразвуковий сенсор у системі працює незалежно, надсилаючи та приймаючи звукові імпульси для визначення відстані між транспортним засобом та перешкодою в його зоні. Мікроконтролер ініціює процес, відправляючи короткий ВИСОКИЙ імпульс (зазвичай 10 мікросекунд) на контакт Trigger сенсора. Це спричиняє випромінювання датчиком ультразвукового імпульсу. Потім сенсор встановлює контакт Echo у ВИСОКИЙ рівень та вимірює, як довго він лишається в цьому стані, що відповідає часу, який імпульсу потрібно, щоб дійти до перешкоди та назад.

Ця тривалість, виміряна в мікросекундах, використовується для обчислення відстані за такою фундаментальною формулою:

$$\text{Дистанція(см)} = \frac{\text{Тривалість}(\mu\text{s}) \times \text{Швидкість звуку} \left(\frac{\text{см}}{\mu\text{s}}\right)}{2} \quad (4.1)$$

Оскільки швидкість звуку в повітрі становить приблизно 0,0343 см/мкс, рівняння набуває вигляду:

$$\text{Дистанція(см)} = \frac{\text{Тривалість}(\mu\text{s}) \times 0,0343 \left(\frac{\text{см}}{\mu\text{s}}\right)}{2} \quad (4.2)$$

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						37
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділення на 2 необхідне, оскільки виміряна тривалість представляє час подорожі туди й назад.

4.5 Стратегія розробки коду

Для ефективного управління кодом кожен сенсор був назначений унікальній парі цифрових виводів (Trigger та Echo). Основний цикл послідовно активує кожен сенсор, аби уникнути перехресних завад. Після кожного вимірювання відстань зберігається у змінній та використовується для відображення виводу та логічних рішень.

Щоб забезпечити точність синхронізації, було використано функцію pulseIn(). Ця вбудована функція Arduino очікує, поки вивід перейде у високий стан, а тоді підраховує час перебування виводу в цьому стані. Вона особливо корисна для визначення високого стану виводу Echo та добре працює для точних розрахунків відстані.

Ось базовий опис структури користувацької функції вимірювання:

```
long measureDistance(int trigPin, int echoPin) {  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
    digitalWrite(trigPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
    long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
    long distance = duration * 0.0343 / 2;  
    return distance;  
}
```

Ця функція викликається для кожного сенсора в циклі, а результат відображається на РК-дисплеї або використовується для управління зумером.

Для оптимізації розробки та підвищення надійності також було оцінено сторонні бібліотеки. Однією з таких бібліотек є NewPing, котра забезпечує оптимізовану роботу з ультразвуковими сенсорами. NewPing спрощує

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						38
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

синхронізацію, покращує точність датчиків та зменшує навантаження на процесор, впроваджуючи ефективніше управління затримками.

У цьому проекті розглядалися як стандартний підхід `pulseIn()`, так і `NewPing`. Зрештою, для зрозумілості в навчанні було залишено простіший нативний метод, хоча проект можна легко оновити для використання `NewPing` у майбутніх ітераціях.

Ще однією важливою бібліотекою є `LiquidCrystal`, яка керує зв'язком між `Arduino` та РК-екраном. Вона дозволяє керувати курсором, розміщувати текст та користувацькі повідомлення, що дозволяє відображати показники всіх трьох сенсорів у режимі реального часу. Структура виводу на дисплей була запланована таким чином, щоб відображати відстані ліворуч та праворуч у першому рядку, а відстань до центру – у другому рядку, створюючи інтуїтивно зрозуміле візуальне розташування для користувача.

Для забезпечення стабільних показників було реалізовано кілька стратегій:

Кожен сенсор спрацьовував по одному, щоб запобігти перехресним перешкодам.

Між кожним показником було включено затримки, щоб надати сенсорам час на скидання.

Показники були обмежені допустимим діапазоном (наприклад, від 2 до 400 см).

За бажанням, можна було додати простий алгоритм згладжування для усереднення кількох показників та зменшення коливань.

Висновок

Розробка коду для ультразвукових сенсорів передбачала розуміння як поведінки апаратного забезпечення, так і можливостей синхронізації мікроконтролера. Завдяки ретельній організації показників сенсорів, застосуванню надійної математичної моделі та використанню відповідних бібліотек було створено чутливу та стабільну систему введення. Це дозволило паркувальному асистенту надавати своєчасний та змістовний зворотний зв'язок користувачеві на основі даних про близькість у режимі реального часу.

4.6 Конфігурація джерела живлення

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Понижувальний перетворювач постійного струму (DC-DC) є ключовим компонентом, який зменшує напругу живлення автомобіля 12 В до 5 В, необхідної для всієї електроніки. Вхід 12 В підключається через гвинтові клеми або роз'єм VIN. Регульований вихід 5 В підключається безпосередньо до контакту 5 В Arduino та спільної шини живлення, яка живить сенсори, РК-дисплей та зумер.

Перетворювач повинен мати базові засоби захисту, такі як зворотна полярність, перенапруга та теплове відключення. Перед підключенням важливо перевірити вихід перетворювача мультиметром, щоб уникнути пошкодження компонентів.

Висновок

У цьому розділі детально описано фізичне підключення та інтерфейс кожного компонента системи. Увага до призначення контактів, маршрутизації живлення та цілісності сигналу забезпечує стабільну та надійну роботу всього пристрою. Правильне підключення є основою для точних показників сенсорів, швидкого зворотного зв'язку та безперебійної координації мікроконтролера, що є вирішальним для досягнення цілей цього проекту паркувального асистента.

4.7 Схема моделювання у Proteus Design Suite

На рисунку (рис. 4.2) нижче показано імітаційну схему підключення системи допомоги при паркуванні, розробленої в Proteus Design Suite.

Це середовище дозволяє емулювати в режимі реального часу електричну поведінку схем на основі мікроконтролерів, що робить його дуже ефективним інструментом для перевірки перед впровадженням. Центральним компонентом на діаграмі є Arduino Nano, який діє як процесор. Три ультразвукові датчики HC-SR04, позначені US1, US2 і US3, відповідають за вимірювання відстані до лівої, центральної та правої задньої частини автомобіля відповідно. Тригер і ехо-контакти кожного датчика з'єднані зі спеціальними цифровими контактами вводу/виводу Nano для забезпечення одночасних, але ізольованих зчитувань.

Невеликі резистори розташовані на сигнальних лініях, щоб обмежити основний потік і забезпечити захист входу.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

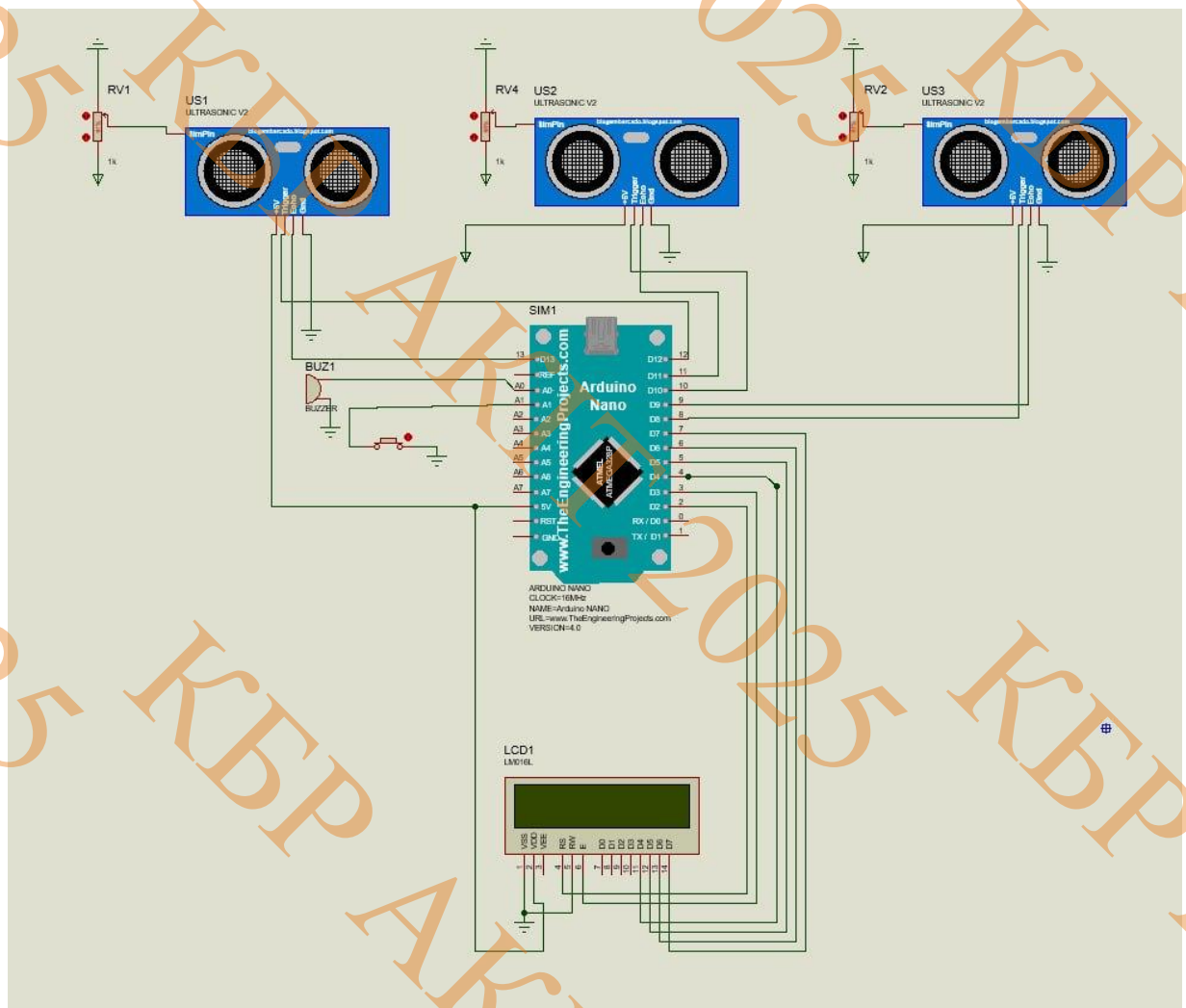


Рисунок 4.2 — Модель у Proteus Design Suite.

Щоб покращити взаємодію з користувачем, використовується РК-дисплей 16x2, який показує відстань між двома точками в реальному часі. Він підключений у 4-розрядному режимі, який призначений для мінімізації кількості використовуваних контактів, для цього використовуються лінії вводу/виводу мікроконтролера. Ця конфігурація врівноважує потребу у візуальній чіткості з простою природою апаратного забезпечення.

Модуль зумера (BUZ1) підключений до аналогового контакту A0, цей модуль функціонує як система зворотного зв'язку, яка базується на близькості. Кнопка включена в систему разом із зумером, який підключено до контакту A1. Він функціонує як перемикач, що працює від людини, який активує або вимикає систему під час її роботи, це імітує поведінку водіїв у реальному світі.

Симуляція також включає віртуальні резистори та заземлення, яке представляє типову опорну напругу та запобігає плаваючому вхідному сигналу. У

					Арк. 41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

моделюванні всі компоненти живляться від логічного рівня Arduino 5 В, який передбачає регульоване джерело живлення від зовнішнього понижувального перетворювача у фізичній реалізації.

Ця конфігурація дозволяє оцінювати поведінку датчиків, потік даних і відгуки користувачів без необхідності використання фізичних компонентів. Це гарантує функціональну узгодженість, зменшує ймовірність виникнення помилок під час інсталяції обладнання та полегшує ідентифікацію програмних помилок у режимі реального часу.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						42
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Протягом цього дипломного проекту було досягнуто значного технічного та практичного прогресу в галузі вбудованих систем, просторового позиціонування та автоматизації на основі мікроконтролерів. Одним із найцінніших результатів стало покращення навичок програмування в середовищі Arduino IDE. Це включило написання структурованого коду для інтеграції датчиків, керування потоком даних у реальному часі та реалізацію механізмів зворотного зв'язку з користувачем через РК-дисплей та зумер.

Крім того, проект надав практичний досвід роботи з різними інструментами розробки та платформами моделювання. Для віртуального тестування функціональності системи використовувалась програмне забезпечення Proteus Design Suite, що дозволило безпечно налагоджувати та перевіряти логіку схеми перед фізичною реалізацією. Також другою програмою була EasyEDA використана для розробки компактної та візуально організованої друкованої плати (PCB), що значно підвищило естетичну та практичну цінність системи порівняно з традиційними макетними або дротяними схемами.

Застосовуючи ці інструменти, проект не тільки забезпечив технічну надійність системи, але й посприяв глибшому розумінню регулювання потужності за допомогою перетворювачів постійного струму та ефективних методів компоновання компонентів. Цей міждисциплінарний підхід поєднував апаратну інтеграцію, моделювання схем, проектування друкованих плат та вбудоване кодування, пропонуючи комплексний навчальний досвід.

Зрештою, робота ілюструє, як доступні платформи, такі як Arduino Nano, що підтримуються програмними інструментами, такими як Proteus та EasyEDA, можуть надати студентам можливість створювати функціональні та масштабовані прототипи автоматизації, водночас значно покращуючи їхні можливості проектування, моделювання та програмування.

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. EasyEDA Documentation – User Manual – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.easyeda.com>
2. JLCPCB & EasyEDA Integration Guide – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://jlcpcb.com>
3. Arduino Nano – Official Documentation – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
4. HC-SR04 Ultrasonic Sensor Datasheet - [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
5. MP1584EN – Monolithic Power Systems Datasheet – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.monolithicpower.com/en/mp1584.html>
6. LiquidCrystal Library – Arduino Reference – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal/>
7. EEPROM Library – Arduino Reference – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>
8. All About Circuits – Buck Converter Theory – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-switch-mode-regulation-the-buck-converter/>
9. P6KE TVS Diodes Datasheet – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=P6ke%20datasheet&gad_source=1&gad_campaignid=169919099&gclid=CjwKCAjwpMTCBhA-EiwA_-MsmSE-A-FLF_UeIdxvxYqkW51p_a3P_bUtVhwagK15tDE7vB5tRgy8ERoCMtEQAvD_BwE
10. Arduino Parking Sensor (Arduino Project Hub) – [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://projecthub.arduino.cc/circleelectronic/arduino-parking-sensor-dd03ef>

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						44
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. MP1584 DC-DC buck module – Application & Efficiency Optimization Guide– [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://igbtschip.com/post/mp1584-dc-dc-buck-module-application-and-efficiency-optimization-guide.html>

12. Parking Sensor With Arduino and HC-SR04– [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.instructables.com/HC-SR04-Buzzer-Arduino-Parking-Assist-Sensor/>

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						45
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КБР. АКІТ.9540688.01.000 ПЗ	Арк.
						46
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		