

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

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувачка кафедри,
д-р техн. наук, проф.

_____Ірина ЖУРАВСЬКА

«__» _____ 2025_р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
Система контролю сліпих зон автомобіля

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

Здобувач

_____Ігор Москаленко
підпис

«__» _____ 2025_р.

Керівник ст. викладач кафедри КІ

_____Борис Салтовський
підпис

«__» _____ 2025_р.

Факультет	Комп'ютерних наук
Кафедра	Комп'ютерної інженерії
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Освітній ступень	Бакалавр
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

_____ Ірина ЖУРАВСЬКА
«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу здобувача

_____ Москаленко Ігоря Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи

_____ Система контролю сліпих зон автомобіля

Затверджена наказом по ЧНУ ім. Петра Могили від 30.10.2024 № 297.

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

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

_____ Очікуваним результатом є система, яка буде сповіщати водія, якщо у сліпій зоні буде знаходитись об'єкт.

4. Перелік питань, що підлягають розробці:

_____ 1) обґрунтувати актуальність і сучасний стан проблеми контролю сліпих зон автомобіля;

_____ 2) проаналізувати існуючі рішення у сфері моніторингу сліпих зон;

_____ 3) обрати типи сенсорів (ультразвукові або інфрачервоні) та засоби розробки програмного забезпечення;

_____ 4) розробити програмно-апаратну систему моніторингу на основі аналізу даних із обраних сенсорів;

_____ 5) провести тестування системи в умовах, наближених до реальних;

_____ 6) оцінити ефективність запропонованого рішення та визначити напрямки подальшого вдосконалення.

5. Перелік графічних матеріалів

_____ Презентація

6. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи

Керівник роботи

Особистий підпис

Борис САЛТОВСЬКИЙ
Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Здобувач

Особистий підпис

Ігор МОСКАЛЕНКО
Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Дата видачі завдання «_____» _____ 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи

Тема: Система контролю сліпих зон автомобіля

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Розробка та затвердження завдання на виконання КБР	30.10.2024	30.10.2024	Виконано
2	Огляд літератури за темою роботи	16.11.2024	20.01.2025	Виконано
3	Складання календарного плану КБР	21.01.2025	10.02.2025	Виконано
4	Аналіз предметної області	03.05.2025	10.05.2025	Виконано
5	Розробка проєктних рішень	03.05.2025	10.05.2025	Виконано
6	Моделювання та конструювання АПЗ	05.05.2025	25.05.2025	Виконано
7	Перевірка працездатності, тестування та апробація розробленого АПЗ, аналіз результатів тестування	02.06.2025	08.06.2025	Виконано
8	Відгук керівника КБР	15.06.2025	15.06.2025	Виконано
9	Оформлення КБР та презентації	09.05.2025	10.06.2025	Виконано
10	Попередній захист	19.05.2025	07.06.2025	Виконано
11	Рецензування	12.06.2025	13.06.2025	Виконано
12	Завершення оформлення КБР та презентації	11.06.2025	14.06.2025	Виконано
13	Захист кваліфікаційної бакалаврської роботи	25.06.2025	25.06.2025	Виконано

Керівник роботи

Особистий підпис

Борис САЛТОВСЬКИЙ

Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ

Здобувач

Особистий підпис

Ігор МОСКАЛЕНКО

Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ

« ____ » _____ 20__ р.

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної бакалаврської роботи
«Система контролю сліпих зон автомобіля»
Студент 405 гр.: Москаленко Ігор Юрійович
Керівник: ст. викладач Салтовський Борис Григорович

Дана кваліфікаційна бакалаврська робота присвячена розробці системи контролю сліпих зон автомобіля. Дана система є актуальною через свою спроможність надати технічну допомогу водієві та зменшити ризики трагічних ситуацій на дорозі.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу сліпих зон автомобіля з метою запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Предметом дослідження є апаратно-програмні засоби та алгоритми розпізнавання об'єктів у сліпих зонах автомобіля на основі даних з ультразвукових та інфрачервоних сенсорів.

Метою даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є підвищення безпеки керування транспортним засобом шляхом розробки та впровадження системи контролю сліпих зон, що здійснює автоматичне розпізнавання об'єктів на основі аналізу даних з ультразвукових та інфрачервоних сенсорів. Практичне значення теми полягає в інтеграції сучасних сенсорних технологій у сферу автомобільної безпеки.

Кваліфікаційна бакалаврська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та двох додатків. У першому розділі проведено огляд сучасних систем контролю сліпих зон автомобіля, а також розглянуто апаратні та програмні компоненти, необхідні для її створення. Другий розділ присвячено проектуванню та моделюванню пристрою. Обґрунтовано обрання технологій, розроблено схему з'єднання компонентів, розглянуто ідеї щодо вдосконалення пристрою, та принцип роботи програмного забезпечення. У третьому розділі описано апаратно-програмну реалізацію системи. Подано детальний опис програмної частини розробки. Висновки містять підсумок проведеного дослідження та результати реалізації проєкту.

Додаток А лістинг коду для системи контролю сліпих зон автомобіля, додаток Б – блок-схему алгоритму програмного забезпечення.

В цілому кваліфікаційна бакалаврська робота містить 64 сторінки (без додатків), 35 рисунків, 17 таблиць, 28 джерела посилання та 2 додатки.

Ключові слова: система контролю, сліпа зона, Arduino Nano, Arduino IDE, C++.

ABSTRACT
of the Bachelor's Thesis
"Car blind spot monitoring system"
Student: Ihor Moskalenko
Supervisor: Senior Lecturer Borys Saltovskiy

This Bachelor's Thesis is devoted to the development of a system for monitoring blind spots in vehicles. This system is relevant due to its ability to provide technical assistance to drivers and reduce the risk of tragic situations on the road.

The object of the study is the process of monitoring blind spots in a vehicle in order to prevent traffic accidents. The subject of the study is hardware and software tools and algorithms for recognizing objects in blind spots in a vehicle based on data from ultrasonic and infrared sensors.

The purpose of this qualification Bachelor Thesis is to improve vehicle safety by developing and implementing a blind spot monitoring system that automatically recognizes objects based on the analysis of data from ultrasonic and infrared sensors. The practical significance of the topic lies in the integration of modern sensor technologies into the field of automotive safety.

The Bachelor's Thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, and two appendices. The first chapter provides an overview of modern blind spot monitoring systems for cars and discusses the hardware and software components required for its creation. The second chapter is devoted to the design and modeling of the device. The choice of technologies is justified, a component connection diagram is developed, ideas for improving the device are considered, and the principle of software operation is discussed. The third chapter describes the hardware and software implementation of the system. A detailed description of the software part of the development is provided. The conclusions contain a summary of the research and the results of the project implementation.

Appendix A contains the code listing for the vehicle blind spot control system, and Appendix B contains the block diagram of the software algorithm.

In total, the Bachelor's Thesis contains 64 pages (excluding appendices), 35 figures, 17 tables, 28 references, and 2 appendices.

Keywords: *control system, blind spot, Arduino Nano, Arduino IDE, C++.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	6
1.1 Актуальність системи контролю сліпих зон автомобіля.....	6
1.2 Огляд сучасних систем контролю сліпих зон автомобіля	7
1.3 Вимоги до створення системи.....	13
Висновки до розділу 1	21
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ	23
2.1 Актуальність системи контролю сліпих зон автомобіля.....	23
2.2 Схема з'єднання компонентів	35
2.3 Способи вдосконалення системи.....	36
2.4 Принцип роботи програмного забезпечення	39
Висновки до розділу 2	44
3 АПАРАТНО-ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ.....	46
3.1 Апаратна частина.....	46
3.2 Кошторис розробки	53
3.3 Програмна частина	54
Висновки до розділу 3	58
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61
ДОДАТОК А Код програми.....	65
ДОДАТОК Б Блок-схеми.....	66

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
ДТП	– дорожно транспортна пригода
ІЧ	– інфрачервоний
ОС	– операційна система
ПВХ	– полівінілхлорид
ПЗ	– програмне забезпечення
ШИМ	– широтно-імпульсна модуляція
ABS	– Acrylonitrile Butadiene Styrene
NHTSA	– National Highway Traffic Safety Administration
SPI	– Serial Peripheral Interface
UART	– Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UML	– Unified Modeling Language
Wi-Fi	– Wireless Fidelity

ВСТУП

У сучасному світі проблема безпеки дорожнього руху є однією з найактуальніших, особливо в умовах постійного зростання кількості транспортних засобів на дорогах. Щороку внаслідок дорожньо-транспортних пригод гинуть тисячі людей, чимало отримують травми різного ступеня тяжкості, знищується майно, виникають значні економічні збитки. Особливо небезпечними є ситуації, пов'язані з недостатньою видимістю навколишнього простору водіями, зокрема через наявність сліпих зон автомобіля. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення систем, що дають змогу контролювати ці зони та швидко реагувати на потенційні загрози.

Актуальність теми полягає в необхідності впровадження сучасних технічних рішень для автоматичного моніторингу сліпих зон автомобіля з метою запобігання зіткненням і підвищення загального рівня безпеки учасників дорожнього руху. Традиційні засоби контролю, такі як бокові дзеркала заднього та бокового виду, не забезпечують повного огляду простору навколо автомобіля, що часто призводить до аварійних ситуацій. Попри те, що провідні автовиробники вже впроваджують подібні рішення, більшість із них залишаються дорогими або малодоступними для автомобілів бюджетного сегменту. Новітні підходи, зокрема використання ультразвукових та інфрачервоних сенсорів дозволяють підвищити ефективність та надійність моніторингу сліпих зон.

Практичне значення теми полягає в інтеграції сучасних сенсорних технологій у сферу автомобільної безпеки. Запропонована система контролю сліпих зон на основі обробки даних з ультразвукових або інфрачервоних датчиків дозволяє виявляти об'єкти в зонах обмеженої видимості та попереджати водія про потенційну небезпеку. Такий підхід не лише автоматизує процес нагляду, а й зменшує людський фактор, підвищуючи точність і швидкість реагування.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу сліпих зон автомобіля з метою запобігання дорожньо-транспортним пригодам.

Предметом дослідження є апаратно-програмні засоби та алгоритми розпізнавання об'єктів у сліпих зонах автомобіля на основі даних з ультразвукових та інфрачервоних сенсорів.

Метою даної роботи є підвищення безпеки керування транспортним засобом шляхом розробки та впровадження системи контролю сліпих зон, що здійснює автоматичне розпізнавання об'єктів на основі аналізу даних з ультразвукових та інфрачервоних сенсорів.

Для досягнення визначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати актуальність і сучасний стан проблеми контролю сліпих зон автомобіля;
- проаналізувати існуючі рішення у сфері моніторингу сліпих зон;
- обрати типи сенсорів (ультразвукові або інфрачервоні) та засоби розробки програмного забезпечення;
- розробити програмно-апаратну систему моніторингу на основі аналізу даних із обраних сенсорів;
- провести тестування системи в умовах, наближених до реальних;
- оцінити ефективність запропонованого рішення та визначити напрямки подальшого вдосконалення.

Практична цінність розробки полягає у створенні прототипу системи, яку можна інтегрувати в існуючі автомобільні комплекси безпеки. Використання ультразвукових датчиків забезпечує високу точність вимірювання відстані та можливість працювати в будь-яких погодних умовах, тоді як інфрачервоні сенсори дозволяють ефективно виявляти об'єкти навіть при обмеженій видимості та в нічний час. Таке рішення здатне суттєво підвищити безпеку керування транспортним засобом шляхом зменшення кількості аварійних ситуацій, спричинених обмеженою видимістю в сліпих зонах.

Таким чином, обрана тема є актуальною, має значний практичний потенціал і відповідає сучасним вимогам у сфері автомобільної безпеки.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

1.1 Актуальність системи контролю сліпих зон автомобіля

Однією з найпоширеніших причин дорожньо-транспортних пригод є недостатня видимість об'єктів, які перебувають у так званих «сліпих зонах» автомобіля – ділянках простору, що не охоплюються стандартними дзеркалами заднього виду та боковими дзеркалами. Згідно зі статистикою Національної адміністрації безпеки дорожнього руху США (англ. National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) [12], щороку фіксуються тисячі аварій, спричинених зміною смуги або поворотом без належного контролю бічного простору, що вказує на високу аварійність, пов'язану саме з цією проблемою [9, 6].

Особливо критичним є ризик для транспортних засобів із високим кузовом (позашляховики, вантажівки, автобуси), де площа сліпих зон значно більша. Водій може не помітити пішохода, велосипедиста або інший автомобіль, що перебуває поблизу, що призводить до потенційно фатальних наслідків [11, 17]. Крім того, у густонаселених містах із високою щільністю трафіку проблема набуває ще більшої актуальності [7, 22].

Зважаючи на зростання кількості автомобілів на дорогах і підвищену увагу до безпеки руху, з'являється потреба у впровадженні ефективних технічних рішень, що дають змогу автоматично виявляти наявність об'єктів у сліпих зонах і попереджати водія в режимі реального часу [5]. Подібні системи вже стали стандартом у преміум-сегменті, проте залишаються малодоступними для широкого загалу через високу вартість або складність інтеграції [10].

Розвиток мікроелектроніки, сенсорних технологій, комп'ютерного зору й вбудованих систем відкриває нові можливості для створення доступних і високоефективних систем контролю сліпих зон. Зокрема, використання ультразвукових і ультрачервоних сенсорів, та алгоритмів машинного навчання дозволяє розробити інтелектуальну систему моніторингу оточення автомобіля,

яка здатна своєчасно інформувати водія про небезпеку, тим самим знижуючи ризик дорожньо транспортних пригод (ДТП) [8, 11].

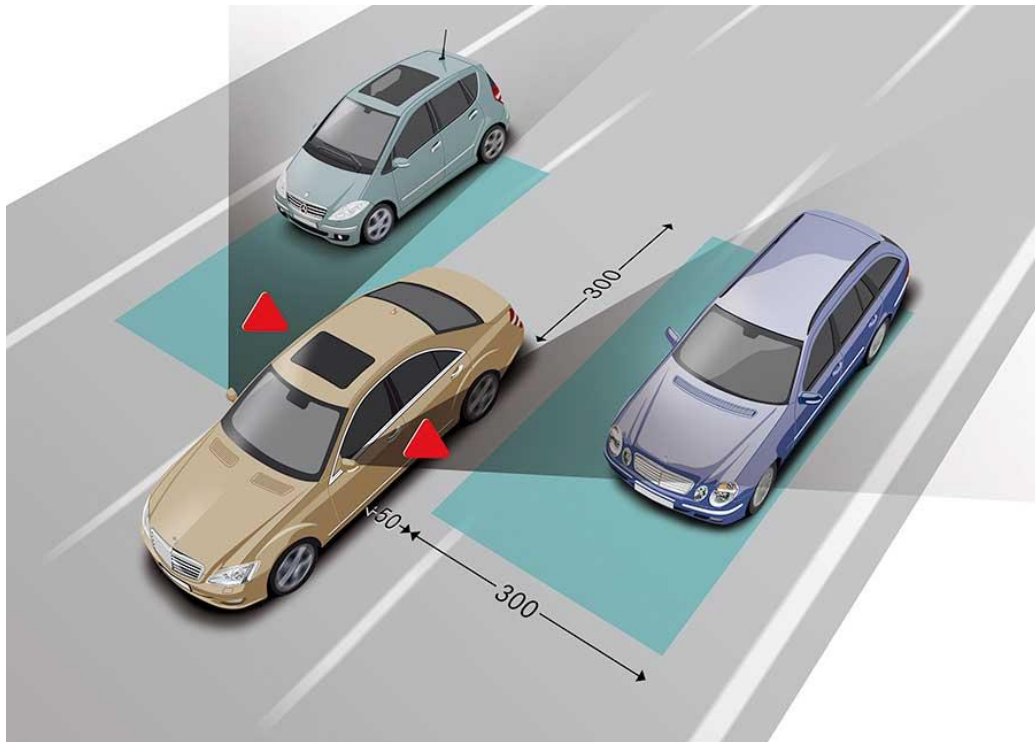


Рисунок 1.1 – Сліпа зона легкового автомобіля [28]

Таким чином, актуальність створення системи контролю сліпих зон полягає в необхідності забезпечення безпечнішого керування транспортом, особливо в умовах інтенсивного дорожнього руху. Впровадження таких систем не лише знижує аварійність, а й наближає масовий автотранспорт до рівня автономного або напіваавтономного керування.

1.2 Огляд сучасних систем контролю сліпих зон автомобіля

Нині в умовах зростання кількості автомобілів та щільності місцевого трафіку, використання систем для виявлення сліпих зон автомобіля є досить правильним та логічним вибором водія. Але такі системи не є доступними для всіх автомобілів, вони присутні тільки на автомобілях преміум-класу та випускаються одразу із заводу [6, 9]. Тому водії, щоб забезпечити свою безпеку та безпеку оточуючих, беруть ініціативу у свої руки, та власноруч встановлюють такі системи на свій автомобіль. Можливо вони не є такими точним які

передвстановлені системи на преміум-автомобілях, але вони знижують наявність випадків на дорозі [8, 11].

На ринку існує досить багато подібних систем контролю сліпих зон автомобіля, але все ж таки є деякі між ними відмінності. Тому можна розглянути декілька з них.

CarBest Ultrasonic Blind Spot Detection System – дана система обладнана двома високочастотними ультразвуковими сенсорами, які встановлюються на задньому бампері автомобіля (рис. 1.2). Вони виявляють об'єкти в сліпих зонах і активують світлові індикатори та звукові сигнали при включенні поворотника. Система сумісна з більшістю автомобілів та проста у монтажі на сам автомобіль.



Рисунок 1.2 – CarBest Ultrasonic Blind Spot Detection Systemb [19]

TOTMOX Ultrasonic Blind Spot Monitoring System Kit – ця універсальна система використовує ультразвукові сенсори для виявлення об'єктів у сліпих зонах на відстані до 3,5 м (рис. 1.3). Система автоматично включається після запуску автомобіля та проста у встановленні на автомобіль. При виявленні об'єкта система активує світлові індикатори, попереджаючи водія.



Рисунок 1.3 – TOTMOX Ultrasonic Blind Spot Monitoring System Kit [20]

AcTEAM Ultrasonic Blind Spot Detection System – ультразвукова система виявлення сліпих зон AcTEAM використовує вдосконалені ультразвукові радарні датчики з частотою 58 кГц та високошвидкісну частотну технологію для контролю сліпих зон вашого автомобіля в діапазоні 6–12 м (рис. 1.4). Вона забезпечує сповіщення в режимі реального часу за допомогою світлодіодних і звукових сигналів, синхронізованих із сигналами повороту, для підвищення безпеки зміни смуги руху. Розроблена для універсальної сумісності з автомобілями з живленням 12 В, ця система також включає допомогу при паркуванні заднім ходом, що робить її обов'язковим оновленням для проактивних водіїв, які прагнуть покращити дорожню обізнаність.



Рисунок 1.4 – AcTeam Ultrasonic Blind Spot Detection System [2]

Universal Blind Spot Monitoring Assistant DC12V – ця система використовує два ультразвукові сенсори для виявлення об'єктів у сліпих зонах, а також забезпечує функції допомоги при зміні смуги руху та попередження про перехресний трафік ззаду. Система виявляє об'єкти в діапазоні від 0,3 до 10,0 м та працює на частоті 24 ГГц (рис. 1.5). Датчик виявлення сліпих зон виявляє наближення транспортного засобу в режимі попередження:

- коли показчик повороту вимкнено, світлодіод загоряється;
- коли показчик повороту (лівий або правий) увімкнено, світлодіод (лівий або правий) блимає, і зумер пролунає 3 рази;
- коли увімкнено подвійне спалахування попереджувальної лампи, світлодіод (лівий або правий) блимає, і зумер пролунає 3 рази.

Загалом, усі чотири мають кілька спільних переваг, які роблять їх привабливими для водіїв. По-перше, це доступна ціна. На відміну від вбудованих заводських систем, ці комплекти пропонують функціональність виявлення

сліпих зон за відносно невелику вартість, що робить їх хорошим варіантом для власників автомобілів середнього класу або вживаних машин.



Рисунок 1.5 – Universal Blind Spot Monitoring Assistant DC12V [21]

По-друге, всі вони легко встановлюються та не потребують спеціального обладнання чи глибокого втручання в електроніку авто. Завдяки універсальному форм-фактору такі системи можна встановити на більшість моделей транспортних засобів.

По-третє, ці системи забезпечують реагування в реальному часі: водій миттєво отримує сигнал (звуковий або візуальний), коли інший транспортний засіб чи об'єкт з'являється в сліпій зоні. Це дає змогу своєчасно уникнути небезпечних маневрів і підвищує загальну безпеку руху.

Крім того, вони працюють у будь-яку пору року, оскільки ультразвукові сенсори не залежать від освітлення, а інфрачервоні (у деяких моделях) здатні виявляти об'єкти навіть у темряві або за несприятливої погоди. Завдяки поєднанню функціональності, універсальності та невисокої ціни ці системи здобули популярність серед водіїв, які шукають ефективне та недороге рішення для підвищення безпеки на дорозі.

Але коли говорять про систему керування сліпих зон автомобіля, на думку приходить ще одна, подібна система – це парктронік (рис.1.6). Парктронік [30] – це автомобільна технологія, яка допомагає водієві виявляти перешкоди спереду та ззаду автомобіля під час паркування.



Рисунок 1.6 – Парктронік [27]

Якщо порівнювати ці дві системи, то можна сказати що за своїм призначенням, вони мають спільну рису – забезпечити виявлення об'єктів у сліпих зонах під час руху автомобіля по дорозі та під час паркування в обмеженому просторі. Тому це є дві системи, які забезпечують безпеку на дорозі.

Порівняльний аналіз різних типів сенсорів і технологій виявлення наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних типів детекторів

Тип системи	Час виявлення, с	Точність, %	Хибні спрацювання, %	Вартість	Переваги та недоліки
Радарні системи	0,1–0,3	85–95	5–10	Середня	Переваги: працюють у будь-яких погодних умовах, відстежують швидкість об'єктів; Недоліки: обмежений радіус дії, можливі перешкоди від металевих об'єктів

Ультразвукові датчики	0,2–0,5	75–85	8–15	Низька	Переваги: дешеві, компактні, простота монтажу; Недоліки: обмежена дальність (до 3–5м), чутливі до забруднень
Камери з комп'ютерним зором	< 0,3	> 92	3–7	Середня-висока	Переваги: висока інформативність, інтеграція з іншими системами; Недоліки: залежність від освітлення, погодних умов
Лідарні системи	< 0,1	> 96	1–4	Висока	Переваги: висока точність, створення 3D-карти оточення; Недоліки: висока вартість, чутливість до забруднень
Гібридні системи(радар + камера)	< 0,2	> 97	1–3	Висока	Переваги: підвищена надійність, компенсація недоліків окремих технологій; Недоліки: складність інтеграції, висока вартість

Підсумовуючи дані з таблиці, можна сказати, що вибір оптимального типу системи виявлення сліпих зон залежить від конкретних вимог до безпеки, економічних обмежень та технічних можливостей інтеграції з іншими системами автомобіля. На сучасному етапі розвитку автомобільних технологій прослідковується тенденція до поступового переходу від окремих систем до комплексних гібридних рішень із підвищеною надійністю та функціональністю, особливо у преміум-сегменті автомобілів.

1.3 Вимоги до створення системи

Система виявлення об'єктів у сліпих зонах автомобіля повинна забезпечувати комплексний моніторинг бокових та задніх секторів транспортного засобу, які недоступні для прямого візуального контролю водієм через звичайні дзеркала заднього та бокового виду. Основним призначенням

такої системи є своєчасне інформування водія про присутність інших учасників дорожнього руху в критичних зонах, що сприяє запобіганню потенційно небезпечним маневрам зміни смуги руху .

Для повноцінного функціонування система повинна охоплювати сектори спостереження з обох боків автомобіля з радіусом дії не менше 3–5 м від бічної поверхні та кутом огляду щонайменше 120° з кожного боку. Ключовим параметром ефективності є швидкодія, що передбачає виявлення об'єкта в сліпій зоні протягом не більше 0,3 с з подальшою активацією попереджувальних сигналів упродовж 0,1 с. Такі часові параметри забезпечують водію достатній інтервал для адекватного реагування на дорожню ситуацію, що динамічно змінюється.

Технологічна реалізація системи має гарантувати розпізнавання широкого спектру транспортних засобів – від двоколісних (мотоцикли, велосипеди) до великогабаритних (вантажні автомобілі, автобуси), з точністю визначення їхнього положення не нижче 85 %. Особливо важливою є коректна робота при відносній швидкості руху об'єктів до 50 км/год, що відповідає типовим швидкісним режимам у міських умовах та на автомагістралях .

Основним компонентом, для виготовлення системи керування сліпих зон автомобіля, можна використати мікроконтролерну плату Arduino Nano Rev3 [13]. Arduino Nano – це мікроконтролерна плата. Вона не має операційної системи, а виконує лише одну програму, завантажену в пам'ять. Arduino Nano ідеально підходить для проєктів з чітко визначеними завданнями керування, що вимагають взаємодії з фізичним світом.

Arduino Nano – це універсальна мікроконтролерна плата, яка виконує головну роль у будь-якій системі, можна сказати, що це «мозок» нашої системи, який керує усіма зовнішніми компонентами, які будуть до неї підключені. Основною перевагою Arduino Nano є те, що вона легка у використанні та не потребує якихось «надмірних» навичок. Для того, щоб її запрограмувати можна використати безкоштовне середовище Arduino IDE, яке містить багато прикладів

та бібліотек. Мовою програмування для плати є спрощений варіант C/C++, яка включає в себе спрощений синтаксис та багато готових функцій.

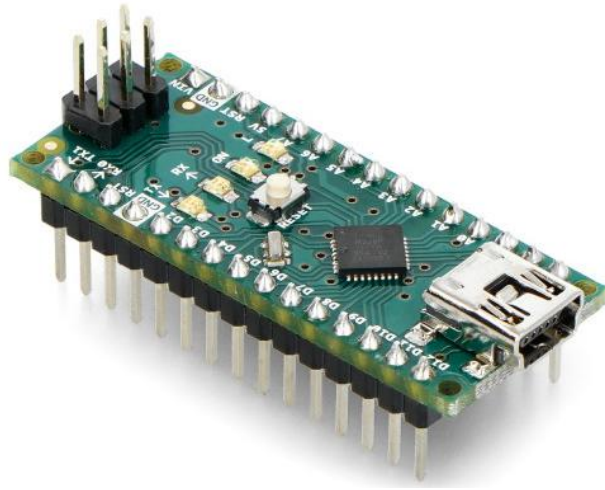


Рисунок 1.7 – Мікроконтролерна плата Arduino Nano [4]

Основні технічні характеристики мікроконтролерної плати Arduino Nano:

- модель: Arduino Nano;
- напруга живлення: від 7 до 12 В;
- мікроконтролер: Atmega328;
- максимальна тактова частота: 16 МГц;
- sram-пам'ять: 2 кбайт;
- флеш-пам'ять: 32 кбайт (5 кбайт зарезервовано для завантажувача);
- пам'ять eeprom: 1 кбайт;
- порти введення/виведення: 14;
- шІМ-виходи: 6;
- кількість аналогових входів: 6 (канали 10-бітного ацп)
- послідовні інтерфейси: UART, SPI, I2C;
- порт usb а для програмування;
- роз'єм постійного струму $5,5 \times 2,1$ мм для живлення;
- розміри: $68,6 \times 53,4$ мм.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки Arduino Nano

Переваги	Недоліки
Низька вартість	Обмежена продуктивність (8-біт, 2 кбайт RAM)
Компактність, зручна для вбудованих систем	Відсутність бездротових інтерфейсів (Wi-Fi, Bluetooth)
Низьке енергоспоживання	Мала кількість пінів для розширення
Простота у програмуванні через Arduino IDE	Не підходить для складних багатозадачних систем
Велика спільнота підтримки та бібліотек	

Для того, щоб під час водіння, було легше визначати коли інший автомобіль або, інший об'єкт потрапив у сліпу зону, слід використовувати різного характеру позначення: звукові або/та візуальні. Для звукового контакту системи з водієм, слід використовувати датчики, які можуть відтворювати досить громкий звук, щоб людина точно звернула на них увагу та виконала маневри, які не призведуть до фатальних наслідків.

Одним із досить популярних ультразвукових датчиків, які використовують для створення системи на базі Arduino Nano є AJ-SR04M [14]. AJ-SR04M – це недорогий, водонепроникна версія одного із найпоширеніших ультразвукових датчиків відстані HC-SR04, який використовується для вимірювання дистанції до об'єктів за допомогою ультразвуку. Датчик працює за принципом ехолокації: модуль випромінює ультразвукову хвилю частотою 40 кГц, яка відбивається від об'єкта. Елемент живиться від напруги 5 В, а його середнє споживання струму становить 15 мА. Пристрій може вимірювати відстань до об'єктів, розташованих на відстані від 2 до 450 см від нього



Рисунок 1.8 – Ультразвуковий датчик AJ-SR04M [26]

Основні технічні характеристики ультразвукового датчика AJ-SR04M:

- напруга живлення: 5 В;
- середнє споживання струму: 15 мА;
- діапазон вимірювання: від 2 см до 450 см;
- вихід: Частотний сигнал;
- робоча частота: 40 кГц;
- розміри: 45 × 20 × 15 мм;
- середня точність: 3 мм.
- Ультразвуковий датчик відстані, сумісний з Raspberry Pi та Arduino

Таблиця 1.3 – Переваги та недоліки AJ-SR04M

Переваги	Недоліки
Дальність до 450 см	Малий кут огляду (~15°)
Вологозахищений – придатний для зовнішнього використання	Чутливий до шумів та вітру
Сумісний з Arduino, легко підключається	Може давати хибні спрацьовування в нестабільних умовах
Простий принцип роботи (ехолокація)	Потребує точного налаштування таймінгів у коді
Низька ціна	

Іншим варіантом для системи, можна використовувати аналоговий датчик типу Sharp GP2Y0A02YK0F [16, 26], який використовує інфрачервоне світло для виміру відстані до об'єкту. Sharp GP2Y0A02YK0F – це аналоговий ІЧ-дальномір, який використовує інфрачервоний промінь та трикутну геометрію для визначення відстані до об'єкта в межах 20–150 см. Не дивлячись на те, що цей датчик гарне рішення для виявлення сліпих зон на середній дистанції, він має недолік в тому що, він не працює ближче 20 см, це значить, що для паркінгу він буде не досить практичним вибором, а також він є уразливим до пилу та бруду, що потребує додаткового захисту при монтуванні в автомобіль.



Рисунок 1.9 – Аналоговий датчик Sharp GP2Y0A02YK0F [16]

Основні технічні характеристики аналогового датчика Sharp GP2Y0A02YK0F:

- діапазон вимірювань 20-150 см;
- напруга живлення від 4,5 до 5,5 В;
- середнє споживання струму 33 мА;
- час відгуку: 38 мс;
- вихід: аналоговий сигнал напруги;
- корпус: 29,5 × 13,0 × 21,5 мм;
- вага: 4,8 г.

Таблиця 1.4 – Переваги та недоліки Sharp GP2Y0A02YK0F

Переваги	Недоліки
Стабільне вимірювання на середніх відстанях (20–150 см)	Не працює ближче ніж 20 см
Менш чутливий до акустичних шумів	Чутливий до пилу, бруду, кольору та блискучих поверхонь
Компактний розмір, простий у встановленні	Потрібен АЦП для читання аналогового сигналу
Висока швидкість реагування (~38 мс)	Дорожчий за ультразвукові аналоги
Не залежить від звуку	

Після наведеної інформації та характеристик, можна сказати, що AJ-SR04M використовує звук, а Sharp GP2Y0A02YK0F – світло. Тому AJ-SR04M краще підходить для відкритих або освітлених просторів, де не заважають звукові завади, і дає більший діапазон вимірювання. Sharp, навпаки, стабільніший на коротких відстанях, але менш ефективний у випадках із темними поверхнями.

Для системи контролю сліпих зон автомобіля доцільно використовувати AJ-SR04M – він забезпечує більший радіус дії, не залежить від кольору об'єкта й дозволяє надійно виявляти транспортні засоби поруч. Однак у місцях, де точність на короткій відстані критична, наприклад паркінг, або де є багато шуму, варто розглянути Sharp як альтернативу або доповнення.

Обидва датчики можна ефективно використовувати, залежно від конкретного призначення в системі. Але також є варіант комбінувати їх, щоб вони доповнювали слабкі місця одне одного.

Як було раніше сказано, для того, щоб запобігти фатальних наслідків, під час водіння автомобілю, у системі повинні бути якісь позначення, сам ультразвуковий датчик AJ-SR04M не відтворює звук, та буде не зрозуміло з якої сторони з'явився об'єкт у сліпій зоні. Тому для вирішення цієї проблеми, можна

використати п'єзозумери, які будуть встановлені біля бокових дзеркал в середині салону автомобіля і будуть подавати досить чіткий та громкий звук на який водій зверне увагу.

Одним із популярних варіантів, який можна використати може бути п'єзозумер KY-012 [24]. Це простий пристрій, що використовується в багатьох електронних проєктах, як простих, так і більш складних. Звук генерується мембраною, розташованою поблизу пластини з п'єзоелектричного матеріалу, яка вібрує під час подачі напруги. Принцип його роботи у системі контролю сліпих зон автомобіля, полягає в тому, що коли у сліпу зону автомобіля «заходить» об'єкт, наш датчик, AJ-SR04M, вимірює відстань до нього, та передає цю інформацію до контролера, Arduino Nano, який в свою чергу вирішує чи є ця відстань критичною, якщо так, то він активує п'єзозумер, який відтворює звук, що сповіщає водія про небезпеку.

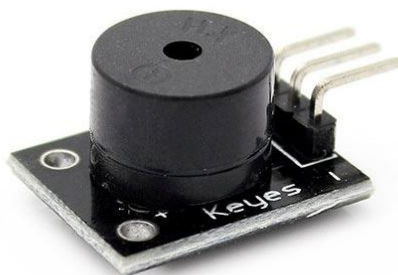


Рисунок 1.10 – П'єзозумер KY-012 [25]

Основні технічні характеристики п'єзозумера KY-012:

- тип зумера: Активний п'єзоелектричний
- робоча напруга: 3,3 В – 5 В;
- споживання струму: до 30 мА;
- частота тону: ~ 2,5 кГц (~300 Гц);
- гучність: не менше 85 дБ на відстані 10 см;
- робоча температура: від -20°C до +70°C.

Таблиця 1.5 – Переваги та недоліки п'єзозумеру KY-012

Переваги	Недоліки
Простий у підключенні – має вбудований генератор	Видає лише один фіксований тон
Генерує гучний сигнал (~85 дБ)	Не підтримує зміну частоти
Низьке енергоспоживання (~30 мА)	Може бути надто гучним у салоні без додаткового обмеження
Дешевий і компактний	

Отже, для реалізації проєкту, потрібно синхронизувати усі компоненти, та виконати усі вимоги, для коректної роботи системи. Щоб все це працювало буде використано мікроконтролерну плату Arduino Nano, що є досить оптимальним та бюджетним варіантом, яка буде запрограмовано спрощеною версією мови програмування C/C++.

Висновки до розділу 1

У даному розділі було детально проаналізовано сучасні підходи до виявлення об'єктів у сліпих зонах автомобіля, з акцентом на їхніх принципах роботи, перевагах, недоліках та доцільності застосування в різних умовах експлуатації. Було розглянуто кілька основних типів систем: ультразвукові системи виявлення, радарні системи, камери з комп'ютерним зором, лідарні системи та гібридні рішення.

Обґрунтовано актуальність розробки таких систем з огляду на високу статистику дорожньо-транспортних випадків, пов'язаних з недостатньою видимістю об'єктів у сліпих зонах. Особливо критичним є ризик для транспортних засобів із високим кузовом (позашляховики, вантажівки, автобуси), де площа сліпих зон значно більша.

Порівняльний аналіз подібних систем виявлення (CarBest, TOTMOX, Asteam, Pyle PLBLSP40) та парктроніка показав, що всі вони мають низку спільних переваг, зокрема доступну ціну порівняно з вбудованими заводськими

системами, легкість встановлення, можливість реагування в реальному часі та роботу за різних погодних умов. Водночас встановлено, що ці системи мають різні технічні характеристики, зокрема щодо дальності виявлення об'єктів (від 3,5 до 12,0 м) та способів сповіщення водія.

Детальне вивчення технічних характеристик різних типів датчиків та систем дозволило виявити, що ультразвукові датчики, такі як AJ-SR04M, та аналогові датчики, наприклад Sharp GP2Y0A02YK0F, є найбільш доступними та простими в інтеграції рішеннями. При цьому вони мають обмежену дальність дії та меншу точність порівняно з радарними та лідарними системами.

Стосовно обчислювальних платформ, було обґрунтовано доцільність мікроконтролерної плати Arduino Nano. Представлено її ключові технічні характеристики та особливості застосування.

Загалом, проведений аналіз дозволив сформулювати конкретні вимоги до системи виявлення сліпих зон автомобіля: охоплення секторів спостереження з радіусом дії не менше 3–5 м, кутом огляду щонайменше 120°, швидкодією виявлення об'єкта не більше 0,3 с та точністю визначення положення об'єктів не нижче 85 %.

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна дійти висновку, що оптимальним рішенням для розробки доступної та ефективної системи виявлення сліпих зон автомобіля є комбінація ультразвукових датчиків з мікроконтролерною платформою Arduino, доповнена відповідними індикаторами для сповіщення водія. Такий підхід забезпечує необхідний баланс між функціональністю, надійністю та економічною доцільністю, що відповідає вимогам до створення системи, особливо для автомобілів, які не мають вбудованих заводських рішень.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ

2.1 Актуальність системи контролю сліпих зон автомобіля

У цьому розділі буде обґрунтовано вибір технологій, застосованих у розробці проєкту. Для кожної з них буде проведено аналіз функціональних можливостей, продуктивності, надійності та відповідності вимогам проєкту. Це дозволить продемонструвати доцільність та ефективність обраних технологій у контексті вирішення конкретних завдань.

2.1.1 Мікроконтролер

Одними із найпопулярніших мікроконтролерів є ESP32, ESP8266 і Arduino NANO, кожен з яких має унікальні характеристики (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняння характеристик ESP32, ESP8266 та Arduino NANO

Характеристика/Плата	ESP32	ESP8266	Arduino Nano
Кількість ядер	2	1	1
Архітектура	32 біт	32 біт	8 біт
Тактова частота CPU	160 МГц	80 МГц	16 МГц
Wi-Fi	Є	Є	Немає
Bluetooth	Є	Немає	Немає
RAM	512 КБ	160 КБ	2 КБ
Flash	16 МБ	16 МБ	32 КБ
GPIO піни	36	17	22
Шини	SPI, I2C, UART, I2S, CAN	SPI, I2C, UART, I2S	SPI, I2C, UART
ADC піни	18	1	8
DAC піни	2	0	0

ESP32 на відміну від одноядерних ESP8266 та Arduino Nano (рис. 2.1), оснащений двома ядрами, що дає йому змогу швидше та ефективніше

виконувати паралельні завдання. Arduino Nano використовує 8-бітну архітектуру, що робить його менш продуктивнішим в порівнянні з ESP8266 та ESP32. Якщо проєкт потребує швидкої обробки даних, то очевидним вибором є ESP32 із соєю тактовою частотою 160 МГц, який значно випереджає ESP8266 (80 МГц) та Arduino Nano (16 МГц).

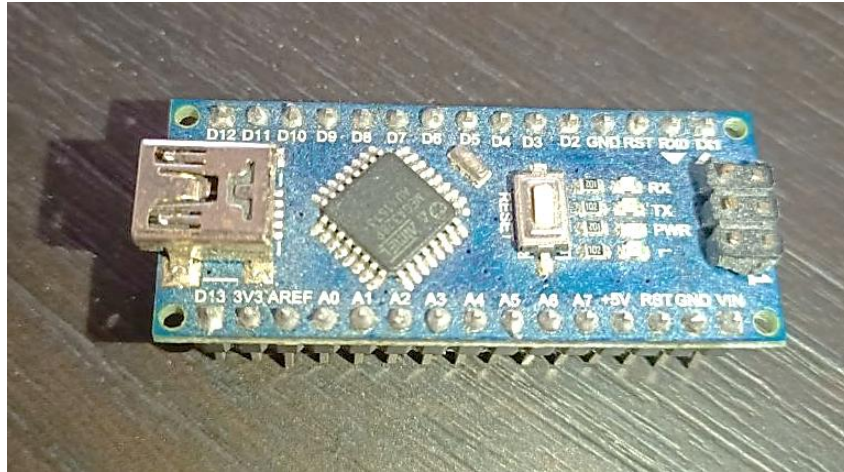


Рисунок 2.1 – Arduino Nano

Що стосується оперативної пам'яті, то ESP32 має 512 кбайт, що набагато більше ніж у ESP8266 (160 кбайт) та Arduino Nano (2 кбайт). Це дозволяє ESP32 обробляти більший обсяг даних та підтримувати більш складні програми. Щоб зберігати дані та програми у мікроконтролерах повина бути FLASH-пам'ять, у ESP8266 та ESP32 вона однакова – 16 Мбайт, що набагато більше ніж у Arduino Nano з 32 кбайт.

Кількість GPIO пінів, також є важливим фактором. ESP32 має 36 пінів, що значно більше, ніж у ESP8266 з 17 пінами та Arduino Nano з 22. Це забезпечує більшу гнучкість для підключення різних датчиків та пристроїв.

Щодо шин, ESP32 підтримує SPI, I2C, UART, I2S і CAN, що робить його універсальним мікроконтролером. ESP8266 має підтримку SPI, I2C, UART і I2S, що також робить його досить гнучким, але з меншою кількістю опцій, порівняно з ESP32. Arduino Nano підтримує тільки SPI, I2C і UART, що обмежує його можливості підключення.

В ESP32 є 18 ADC пінів, що значно більше ніж у ESP8266, який має всього 1 пін та Arduino Nano з 8 пінами. Крім того, ESP32 має 2 DAC піни, в той час як ESP8266 і Arduino Nano взагалі їх не мають.

Після порівняння цих трьох мікроконтролерів, можна сказати, що Arduino Nano є найслабшою за своїми апаратними ресурсами, в порівнянні з ESP32, який є потужним та універсальним мікроконтролером, який підходить для великої кількості завдань та ESP8266, який є слабшим за ESP32, але виконує багато завдань які не може виконати Arduino Nano. Для створення системи було обрано Arduino Nano, в першу чергу через її енергоємність, що є основною характеристикою для створення будь-якої системи. Адже енергоефективність у автомобілі це важливий аспект, чим менше енергоспоживання компонента, тим менше потрібно ресурсів для того, щоб він працював коректно, у нашому випадку цим ресурсом є автомобільне паливо (бензин), який на даний час коштує досить дорого. Тому під час аналізу обладнання, було обрано саме Arduino Nano (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Характеристики Arduino Nano

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Архітектура	8-біт
Тактова частота, МГц	16
Оперативна пам'ять (SRAM), кбайт	2
Постійна пам'ять (Flash), кбайт	32
Пам'ять EEPROM, кбайт	1
Інтерфейси	UART, SPI, I2C
Робоча напруга, В	5
Рекомендована вхідна напруга, В	7-12
Гранична вхідна напруга, В	6-20

Arduino Nano було обрано через те, що вона є надійним та бюджетним варіантом, який буде виконувати усі завдання системи. Обирати потужніші

варіанти, ESP8266 або ESP32 немає сенсу тому, що їх потенціал не буде проявлятися у повній мірі, але для подальшого апгрейду системи це гарні варіанти мікроконтролерів.

2.1.1 Система виявлення

AJ-SR04M та Sharp GP2Y0A02YK0F є ультразвуковим та інфрачервоним датчиками, відповідно. Системою виявлення є ультразвукові та інфрачервоні датчики, які визначають відстань до об'єкту, у даній системі об'єкту який знаходиться у сліпій зоні автомобіля. Принцип їх роботи не досить відрізняється, але всеж таки має відмінності, та їх можна порівняти (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 – Порівняльна таблиця AJ-SR04M та Sharp GP2Y0A02YK0F

Характеристика	AJ-SR04M	Sharp GP2Y0A02YK0F
Принцип вимірювання	Ультразвук	Інфрачервоне випромінювання
Діапазон вимірювання	Від 2 до 450 см	Від 20 до 150 см
Точність	Порівняно висока, залежить від умов	Залежить від відстані та поверхні об'єкта
Роздільна здатність	Близько 0,3 см	Нелінійна, залежить від відстані
Кут огляду	15 °	Від 30 ° до 80 °
Чутливість до матеріалу	Менш чутливий до кольору та матеріалу	Більш чутливий до кольору та відбивної здатності
Чутливість до перешкод	Чутливий до шуму та м'яких поверхонь	Менш чутливий до акустичного шуму
Швидкість вимірювання	Залежить від відстані	Відносно швидка
Вихідний сигнал	Цифровий (тригер та ехо-пін)	Аналоговий (напруга, що залежить від відстані)

Характеристика	AJ-SR04M	Sharp GP2Y0A02YK0F
Необхідність обробки	Потрібен мікроконтролер для розрахунку відстані на основі часу ехо	Потрібен АЦП для зчитування аналогового значення
Вартість	Низька	Середня
Розмір	Компактний	Компактний

AJ-SR04M (рис. 2.2) – це водонепроникна версія одного із найпоширеніших ультразвукових датчиків відстані HC-SR04, він широко використовується в багатьох проєктах завдяки своїй простоті, вартості, наявності великої кількості бібліотек та сумісності з багатьма мікроконтролерами, в тому числі і Arduino Nano. Принцип роботи датчика базується на ехолокації – випромінюється ультразвуковий імпульс із частотою 40 кГц, який відбившись від об'єкта приймається приймачем, час між відправкою та отриманням сигналу використовуються для обчислення відстані. Датчик працює від 5 В та споживає близько 15 мА, що робить його досить енергоефективним. Діапазон вимірювання відстані становить від 2 до 450 см.



Рисунок 2.2 – Ультразвуковий датчик AJ-SR04M

AJ-SR04M чудово підходить для системи керування сліпих зон автомобіля, а також може послугувати як допоміжною системою паркінгу. Також його перевагою є захист від вологи та пилу, що робить його придатним для використання в умовах підвищеної вологості або на вулиці.

Sharp GP2Y0A02YK0F (рис. 2.3) – інфрачервоний аналоговий датчик, який використовує принцип триангуляції для виявлення відстані до об'єкта. На відміну від ультразвукового датчику, ІЧ-датчик забезпечує більш стабільне вимірювання з короткими та середніми дистанціями, але не ближче ніж 20 см та не далше ніж 150 см. Датчик працює від напруги 4,5–5,5 В та споживає приблизно 33 мА. Його вихід – це аналоговий сигнал, рівень якого прямо пропорційний відстані до об'єкта.



Рисунок 2.3 – Інфрачервоний датчик Sharp GP2Y0A02YK0F [16]

Sharp GP2Y0A02YK0F підходить для системи керування сліпих зон автомобіля, але якщо мова йде тільки про «мертві» зони, бо для паркінгу цей датчик не підходить, через свою обмеженість у виявленні об'єкта на коротких дистанціях. Також слід враховувати, що інфрачервоний датчик чутливий до бруду та пилу, що вимагає додаткової захищеності.

AJ-SR04M чудовий вибір для більшості проєктів, де потрібно вимірювати відстань, через свою універсальність та стабільність (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Характеристики AJ-SR04M

Характеристики	Значення
Принцип вимірювання	Ультразвук
Напруга живлення, В	5
Робочий струм, мА	15
Частота роботи, кГц	40
Діапазон вимірювання, см	Від 2 до 450
Кут вимірювання, °	15
Робоча температура, °C	Від -20 до +70
Кількість пінів	4 (VCC, Trig, Echo, GND)

Для системи був обраний ультразвуковий датчик AJ-SR04M завдяки поєднанню доступної ціни, простоти використання та достатніх технічних характеристик для більшості базових завдань. Також свою роль зіграв фактор захищеності від вологи і пилу, та дальність його вимірювання – до 450 см.

2.1.2 Система сповіщення

Системою сповіщення можна вважати зумери та світлодіоди, які будуть сповіщати водія про навісність об'єкту у сліпій зоні.

Для звукового сповіщення у системі керування сліпими зонами автомобіля, буде використано активний зумер КУ-012 (рис 2.4). Зумер КУ-012 є компактним пристроєм, який генерує звук такої гучності, щоб водій звернув на нього увагу. Основною його відмінністю від пасивних зумерів є те, що він має будований генератор, що спрощує його підключення до системи – потрібно просто дати на нього постійну напругу.

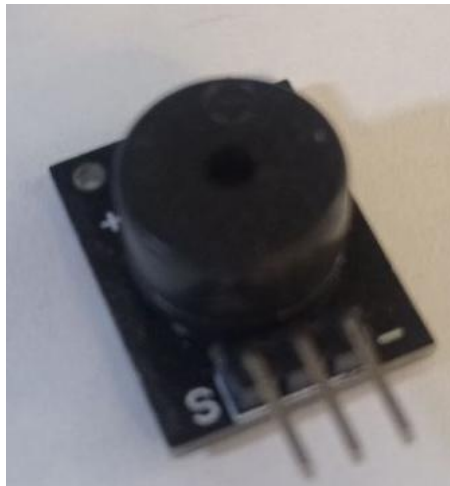


Рисунок 2.4 – Зумер KY-012

Частота генерованого звуку зумером є фіксованою та визначається параметрами його внутрішнього генератора. Як правило ця частота лежить у діапазоні від 2000 до 4000 Гц, це діапазон середніх частот, до яких людина є найбільш чутлива, що забезпечує хорошу чутність звукового сигналу. Також важливою характеристикою зумеру є рівень звукового тиску, який вимірюється у децибелах (дБ) на певній відстані від зумера. Для даної моделі, KY-012, рівень звукового тиску лежить у діапазоні 80–95 дБ, що забезпечує гучний і добре помітний звуковий сигнал.

Принцип роботи зумера ґрунтується на п'єзoeлектричному ефекті: п'єзоелемент, деформуючись під впливом електричного поля, створює механічні коливання, які передаються на мембрану, генеруючи звукові хвилі.

Таблиця 2.5 – Характеристики KY-012

Характеристики	Значення
Робоча напруга, В	Від 3 до 5
Номінальна напруга, В	12
Резонансна частота, кГц; Гц	~ 2,5 (~300)
Номінальний струм, мА	10
Рівень звуку, дБ	85
Тип сигналу	Безперервний тон
Робоча температура, °C	Від -20 до +70

Зумер КУ-012 був обраний через свою бюджетність та вбудований генератор. Використання зумера КУ-012 дозволить забезпечити надійне та своєчасне звукове сповіщення водія про небезпеку, що є важливим елементом системи контролю сліпих зон.

Для візуального сповіщення будуть використовуватись звичайні LED-світлодіоди (рис. 2.5), що дозволить водію швидко отримати інформацію про наявність об'єкта у сліпій зоні.

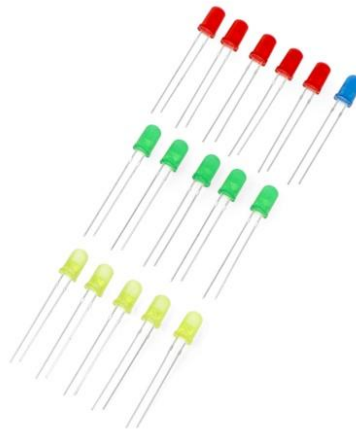


Рисунок 2.5 – LED-світлодіоди [15]

Принцип роботи світлодіодів, у системі контролю сліпих зон автомобіля, полягає в тому, що коли ультразвуковий датчик виявить об'єкт у сліпій зоні, мікроконтролер отримає дані про відстань, і якщо отримана відстань буде критичною, то мікроконтролер активує світлодіоди, які подадуть знак водієві про небезпеку. Для ефективної роботи світлодіодів, їх слід правильно розмістити в автомобілі, щоб вони знаходились у полі зору водія і не створювали айвиш перешкод та відволікань. Одним із таких місць у автомобілі є передня стійка біля дзеркал бічного виду. Це оптимальне місце розташування світлодіодів, через те, що водій постійно дивиться у бічні дзеркала і ці датчики будуть постійно у полі зору, до того ж перевірйним зором також можна помітити сигнали.

Таблиця 2.6 – Характеристики LED-світлодіодів

Характеристики	Значення
Колір	Червоний
Корпус	DIP 5 мм
Довжина хвилі випромінювання, нм	625–645
Яскравість, мкд	450–800
Кут променя, °	70
Робоча температура, °С	Від -40 до +80
Напруга, мА	20
Струм, В	2,0–2,3

LED-світлодіоди були обрані через їх компактність, низьку ціну та простоту використання, зокрема був обраний червоний колір через те, що червоний колір у більшості випадків сигналізує загрозу та привертає увагу людини. До того ж такі світлодіоди є досить енергоефективними і в ту ж чергу мають високу яскравість, що теж вплинуло на вибір.

2.1.3 Оптрон PC817MB

У складних електронних системах, особливо таких як автомобільні, де існує потреба взаємодії між компонентами, що працюють від різних джерел живлення та з різними рівнями напруги, критично важливо забезпечити надійну електричну ізоляцію. Це запобігає передачі електричних шумів, перенапруг або струмів між різними частинами схеми, захищаючи чутливі мікроконтролери та забезпечуючи стабільну роботу системи. Саме для цього і застосовується оптрон PC817MB (рис 2.6).

Оптрон PC817MB складається з двох основних частин, які фізично та електрично ізольовані одна від одної, але взаємодіють за допомогою світла:

- вхідна частина (світловипромінювальний діод – LED): це звичайний світлодіод. Коли через нього проходить електричний струм у прямому напрямку, він випромінює інфрачервоне світло;

– вихідна частина (фототранзистор): це транзистор, який чутливий до світла. Коли світло від внутрішнього LED потрапляє на базу фототранзистора, він відкривається і дозволяє протікати струму між його колектором та емітером.

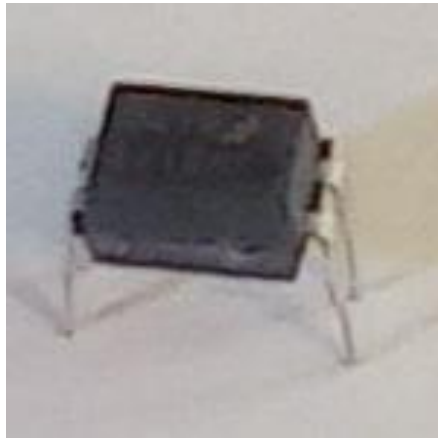


Рисунок 2.6 – Оптрон PC817MB

Таким чином, електричний сигнал, поданий на вхідний діод, перетворюється на світловий сигнал, який, у свою чергу, перетворюється назад в електричний сигнал на виході фототранзистора. Це світлове з'єднання забезпечує високий рівень електричної ізоляції між входом і виходом.

У системі контролю сліпих зон автомобіля, де є потреба взаємодії між компонентами, які парцюють від різних напруг: 12 В бортової мережі автомобіля та 5 В мікроконтролера Arduino Nano, оптрон PC817MB буде відігравати ключову роль. До системи будуть підключені покажчики повороту, який працює від 12 В; якщо під час руху буде увімкнено один покажчик, і в цей час у сліпій зоні буде знаходитись об'єкт, то мікроконтролер Arduino Nano, який працює від 5 В, активує зумер, для звукового попередження. Другими словами, нам потрібно щоб сигнал від покажчика повороту (12 В), зрозумів наш мікроконтролер Arduino Nano (5 В). Якщо буде пряме підключення 12 В до 5-вольтового входу нашого мікроконтролера, може призвести до його пошкодження.

Саме для цього буде використано оптрон PC817MB, який буде діяти як «міст» між двома різними рівнями напруги. Принцип його роботи полягає в тому, що:

- коли на 12-вольтовій стороні з'являється сигнал (водій вмикає поворот): оптрон сприймає цей 12-вольтовий сигнал і всередині нього загоряється маленький світлодіод;
- світло від цього світлодіода «вмикає» іншу частину оптрона (транзистор) на 5-вольтовій стороні;
- коли транзистор увімкнений, він створює сигнал, який зрозумілий Arduino – це 0 вольт, це може сприйматись, як «вимкнено»;
- коли на 12-вольтовій стороні сигналу немає, світлодіод оптрона не світиться;
- відповідно, транзистор на 5-вольтовій стороні залишається вимкненим. Це означає, що на вхід Arduino надходить 5 вольт, це може сприйматись, як «увімкнено».

Таким чином оптрон PC817MB (табл. 2.7) дозволяє сигналу 12 В безпечно керувати входом Arduino (5 В), захищаючи його від пошкодження та забезпечувати стабільну роботу системи.

Таблиця 2.7 – Характеристики оптрон PC817MB

Характеристика	Значення
Кількість каналів	1
Макс. пряма напруга діода, В	1,2
Макс. прямий струм діода, мА	50
Макс. зворотна напруга діода, В	6
Напруга ізоляції, В	35
Макс. струм колектора, мА	50
Макс. розсіювана потужність, мВт	200
Робоча температура, °C	Від -30 до +100

Для системи керування сліпими зонами автомобіля, присутність оптрона PC817MB, є дуже важливим для забезпечення стабільної та коректної роботи мікроконтролера Arduino Nano. Він був обраний через свою бюджетність та надійність, завдяки своєму DIP-4 корпусу він легко мотується у систему.

2.2 Схема з'єднання компонентів

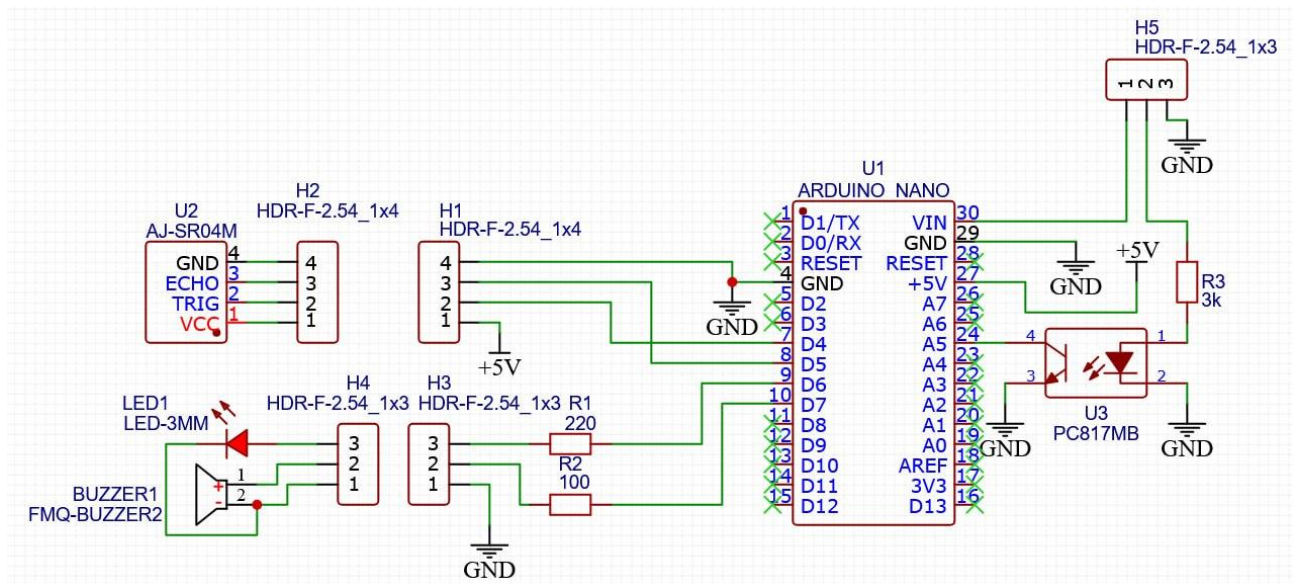


Рисунок 2.7 – Схема підключення апаратної частини

Arduino Nano отримує живлення від зовнішнього джерела. Його піни 5V та GND підключені до відповідних шин живлення на макетній платі, що забезпечує живлення для інших 5-вольтових компонентів схеми.

- пін Trig ультразвукового датчика AJ-SR04M підключений до GPIO D3 Arduino Nano;
- пін Echo ультразвукового датчика AJ-SR04M підключений до GPIO D2 Arduino Nano;
- піни VCC та GND ультразвукового датчика підключені до 5V та GND шин макетної плати відповідно;
- анод світлодіода підключений до GPIO D8 Arduino Nano;
- катод світлодіода підключений до GND макетної плати через обмежувальний резистор (220-330Ω);
- пін 1 оптрона PC817MB підключений до зовнішнього 12-вольтового сигналу (наприклад, від автомобільної мережі) через обмежувальний резистор (номінал якого необхідно розрахувати);
- пін 2 оптрона PC817MB підключений до GND 12-вольтової частини схеми;

- пін 4 оптрона PC817MB підключений до 5V макетної плати через підтягувальний резистор (4.7-10 кОм), а також до GPIO D6 Arduino Nano;
- пін 3 оптрона PC817MB підключений до GND макетної плати.\

Схема підключення апаратної частини на базі Arduino Nano забезпечує коректну інтеграцію ультразвукового датчика AJ-SR04M, світлодіода та оптрона PC817MB з відповідним живленням та захистом. Використання обмежувальних та підтягувальних резисторів гарантує стабільність роботи компонентів та безпеку електричних сигналів в системі. Такий підхід дозволяє ефективно реалізувати контроль та індикацію станів зовнішніх пристроїв у межах вказаних напруг.

2.3 Способи вдосконалення системи

Компоненти, які використовуються для створення системи, на даному етапі, є бюджетними варіантами та використовуються для аматорського проєкту на освітньому рівні. Отже, цю систему можна добре вдосконалити, та замінити деякі основні компоненти та додати інші функції, які знизять вірогідність небезпечних ситуацій на дорозі.

Перший компонент який можна додати в систему це, 5" LCD екран (рис. 2.8, табл. 2.8), для забезпечення візуального контакту для паркінгу.



Рисункок 2.8 – 5" LCD екран [18]

Таблиця 2.8 – Характеристики 5" LCD екрану

Характеристика	Значення
Діагональ	5 дюймів
Роздільна здатність	800 x 480 пікселів
Розміри, мм	121 × 76
Тип екрана	Резистивний сенсорний

Завдяки екрану, система контролю сліпих зон автомобіля, вийде на інший рівень; це вдосконалисть можливість паркування та виїзду автомобіля заднім ходом, та допоможе уникнути аварійної ситуації

Для виведення зображення на екран потрібно забезпечити систему камерами, які будуть вмонтовані у задній частині автомобіля. Для цієї задачі можна використати IMX519 camera (рис 2.9),(табл 2.9). Камера має широкий кут огляду та виводить зображення гарної якості.



Рисунок 2.9 – IMX519 camera [1]

Таблиця 2.9 – Характеристика IMX519 camera

Характеристика	Значення
Сенсор	Sony IMX519
Матриця, Мп	16
Роздільна здатність	4656 × 3496 пікселів
Максимальна роздільна здатність зображення та к/с	1080 пікселів при 30 кадрах/с; 720 пікселів при 60 кадрах/с

Поле зору (FOV)	$122^{\circ} \times 110^{\circ} \times 94^{\circ}$
Формат вихідних даних	RAW8, RAW10, COMP8

Однак, є проблема, дисплей не може підключатись до Arduino Uno/Nano або ESP32 через відсутність HDMI виходу. Для того щоб це було можливо, можна використати Raspberry Pi 4 model B (рис. 2.10, табл 2.10), яка забезпечить просте підключення екрану, через наявність вбудованого HDMI роз'єму, а також простіше підключення камер до системи.



Рисунок 2.10 – Raspberry Pi 4 model B [14]

Таблиця 2.10 – Характеристики Raspberry Pi 4 model B

Характеристики	Значення
Процесор (CPU)	Broadcom BCM2711, Quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Оперативна пам'ять (RAM)	2GB, 4GB або 8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Графічний процесор (GPU)	Broadcom VideoCore VI @ 500MHz (OpenGL ES 3.1, Vulkan)
Відеовихід	2 × micro HDMI порти
Порти USB	2 × USB 3.0; 2 × USB 2.0
Мережа	Gigabit Ethernet; Dual-band (2.4 GHz and 5.0 GHz) IEEE 802.11ac Wi-Fi; Bluetooth 5.0, BLE

Слот для карт пам'яті	MicroSD
Дисплей	Порт DSI (Display Serial Interface)
Камера	Порт CSI (Camera Serial Interface)
Живлення	5V DC через USB-C роз'єм (мінімум 3A); 5V DC через GPIO роз'єм (мінімум 3A)

Raspberry Pi 4 model B, забезпечить більш швидку роботу системи та збереження більшої кількості завдань. Вона має можливість підключення камери та дисплею, підтримку Bluetooth, Wi-Fi та Gigabit Ethernet, що робить його багатозадачним мікрокомп'ютером.

Усі ці компоненти можуть вдосконалити систему контролю сліпих зон автомобіля, покращити роботу системи та додати нові можливості, для виявлення сліпих зон.

2.4 Принцип роботи програмного забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) для системи контролю сліпих зон автомобіля є ключовим елементом, що забезпечує підвищення безпеки дорожнього руху шляхом інформування водія про наявність об'єктів у сліпих зонах. Ця система інтегрує мікроконтролер, ультразвукові датчики, світлодіодні індикатори та зумер для візуального та звукового сповіщення. Особливістю є також інтеграція з показниками повороту автомобіля для розрізнення режимів сповіщення. Алгоритм роботи програмного забезпечення етально представлений у блок-схемі (рис. 2.11, рис. Б.1).

1.Ініціалізація системи

Робота програмного забезпечення починається з етапу ініціалізації мікроконтролера Arduino. Цей процес включає налаштування всіх необхідних периферійних пристроїв. Піни Arduino конфігуруються для коректної роботи з ультразвуковими сенсорами, світлодіодними індикаторами (червоним та зеленим), зумером, а також для отримання сигналу від показника повороту через оптопару. Це забезпечує готовність системи до подальшого збору даних та керування вихідними пристроями.

2. Безперервне вимірювання відстані

Основна функція програмного забезпечення полягає в безперервному моніторингу відстані до об'єктів у сліпих зонах автомобіля. Це здійснюється шляхом постійного зчитування даних з ультразвукових датчиків. Сенсори випромінюють ультразвукові хвилі та вимірюють час, необхідний для повернення відбитого сигналу, що дозволяє точно розрахувати відстань до найближчого об'єкта.

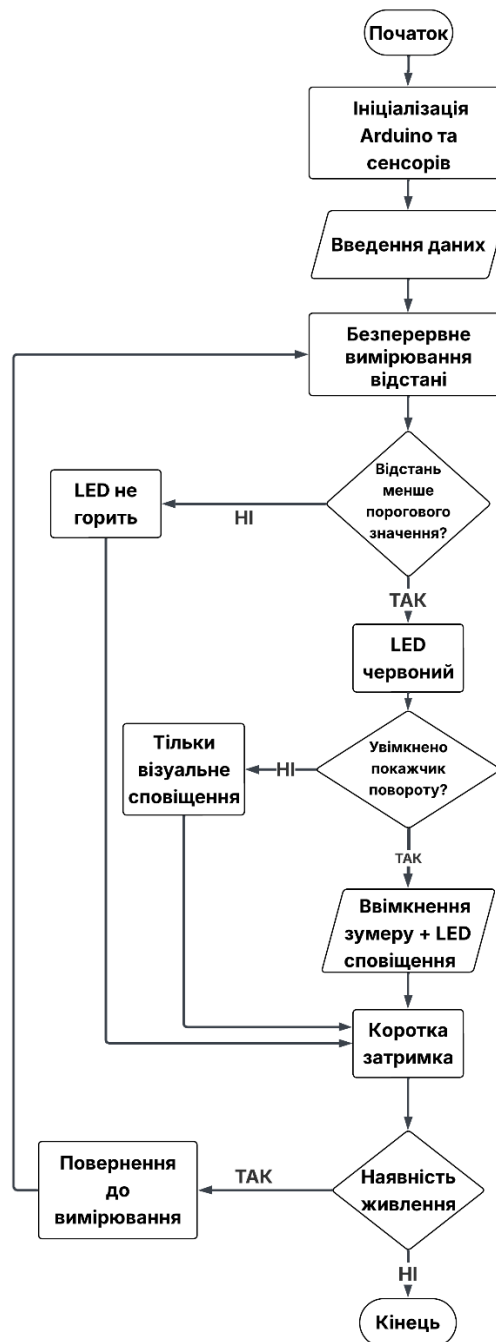


Рисунок 2.11 – Блок-схема алгоритму роботи ПЗ

3. Визначення наявності об'єкта

Після отримання даних про відстань програмне забезпечення порівнює виміряне значення з попередньо встановленим пороговим значенням. Це порогове значення визначає межі «сліпої» зони. Якщо виміряна відстань менша за порогове значення, це свідчить про наявність об'єкта у сліпій зоні. Якщо ж відстань більша за порогове значення, зона вважається вільною.

4. Управління світлодіодною індикацією

На основі результатів визначення наявності об'єкта система керує станом світлодіодних індикаторів. Якщо «сліпа» зона вільна (відстань більша за поріг), вмикається зелений світлодіод, що інформує водія про безпечну ситуацію. У випадку виявлення об'єкта (відстань менша за поріг), зелений світлодіод вимикається, а замість нього вмикається червоний світлодіод, що сигналізує про потенційну небезпеку.

5. Звукове сповіщення

Паралельно з візуальною індикацією, при виявленні об'єкта у сліпій зоні, програмне забезпечення активує зумер. Це забезпечує додатковий звуковий сигнал тривоги, привертаючи увагу водія до небезпеки. Звукове сповіщення є важливим доповненням до візуального, особливо в умовах обмеженої видимості або відволікання водія.

6. Адаптивний режим сповіщення (залежно від покажчика повороту)

Система включає адаптивний режим сповіщення, який враховує стан покажчика повороту автомобіля. За допомогою оптопар програмне забезпечення визначає, чи увімкнено покажчик повороту.

Якщо покажчик повороту вимкнений: У випадку виявлення об'єкта у сліпій зоні система надає лише візуальне сповіщення (червоний світлодіод), не активуючи зумер. Це запобігає зайвим звуковим сигналам, коли водій не збирається змінювати смугу руху.

Якщо покажчик повороту увімкнений: У разі виявлення об'єкта, система переходить в «активний режим». Це означає, що окрім червоного світлодіода,

активується і зумер, надаючи більш наполегливе попередження водієві, який має намір здійснити маневр.

7. Коротка затримка та наявність живлення

Після циклу вимірювання, обробки даних та сповіщення, програмне забезпечення виконує коротку затримку або паузу. Це необхідно для стабілізації роботи системи та запобігання надмірному навантаженню на мікроконтролер. Після затримки програма перевіряє чи є живлення для подальшої роботи системи, якщо воно є, то повертається до початку циклу, ініціюючи нове безперервне вимірювання відстані, якщо немає то система завершує свою роботу. Це забезпечує постійний моніторинг сліпих зон у реальному часі.

UML розшифровується, як Unified Modeling Language (укр. уніфікована мова моделювання) – це стандартизована візуальна мова для моделювання, візуалізації, специфікації, конструювання та документування артефактів програмних та інших систем. Простіше кажучи, UML – це набір графічних позначень, які дозволяють розробникам та іншим зацікавленим сторонам спілкуватися про дизайн, структуру та поведінку системи. UML діаграма для системи керування сліпих зон автомобіля представлена нижче, на рисунку 2.12

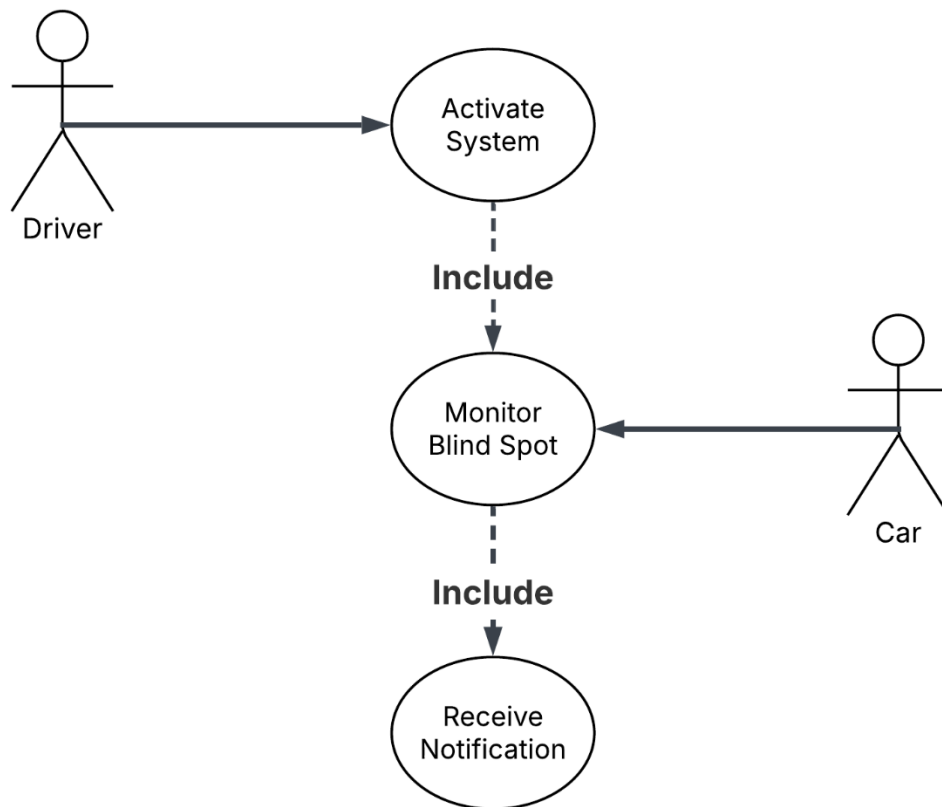


Рисунок 2.12 – UML діаграма

Система контролю сліпих зон автомобіля взаємодіє з водієм та автомобілем з метою виявлення перешкод у зонах обмеженої видимості. Основною метою системи є своєчасне виявлення об'єктів у сліпих зонах та повідомлення водія для запобігання ДТП.

Система містить кілька ключових підсистем, що співпрацюють між собою:

- активація системи ініціюється водієм (Driver). Цей прецедент відповідає за запуск усіх внутрішніх механізмів аналізу оточення транспортного засобу;
- моніторинг сліпих зон – центральна функція системи, яка здійснює постійне сканування навколишнього простору за допомогою датчиків. Цей модуль активується автоматично при увімкненні системи. Усі дії пов'язані з виявленням об'єктів у сліпих зонах реалізуються в межах цього прецеденту;
- отримання сповіщення – коли система виявляє перешкоду в сліпій зоні, водій отримує візуальний або звуковий сигнал. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну дорожньої ситуації.

Використання механізмів включення (include) забезпечує узгоджену взаємодію між прецедентами: активація системи автоматично запускає моніторинг, який у свою чергу генерує сповіщення при виявленні небезпеки.

Ця діаграма демонструє логіку взаємодії користувачів з системою, що дозволяє краще зрозуміти архітектуру та функціональні можливості розробленого рішення.

Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто та детально описано архітектуру, апаратну та програмну реалізацію системи контролю сліпих зон автомобіля. Зокрема, було проаналізовано ключові компоненти, необхідні для функціонування даної системи, та принципи їхньої взаємодії.

Вибір мікроконтролера Arduino обумовлений його гнучкістю, простотою програмування та широкою доступністю, що робить його оптимальним рішенням для прототипування та реалізації подібних вбудованих систем. Застосування ультразвукових сенсорів AJ-SR04M, забезпечує надійне та точне вимірювання відстані до об'єктів у «сліпих» зонах, що є фундаментом для своєчасного виявлення перешкод. Візуальна індикація за допомогою світлодіодів (червоний та зелений) та звукове сповіщення за допомогою зумера створюють інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для водія, підвищуючи ефективність попереджень.

Особлива увага була приділена програмному забезпеченню системи, алгоритм роботи якого був детально розроблений та представлений у вигляді блок-схеми. Алгоритм забезпечує безперервне вимірювання відстані, порівняння її з пороговим значенням, а також адаптивне сповіщення, що враховує стан показників повороту автомобіля. Інтеграція оптопар для моніторингу сигналу показника повороту дозволяє розрізняти режими сповіщення – від простої візуальної індикації до активного режиму з комбінованим візуальним та звуковим сигналом, що значно підвищує релевантність та ненав'язливість попереджень.

Таким чином, розроблена архітектура та програмний алгоритм системи контролю сліпих зон автомобіля на базі Arduino дозволяють ефективно вирішувати поставлені задачі з підвищення безпеки дорожнього руху. Запропоноване рішення є масштабованим та може бути доопрацьоване для інтеграції з іншими автомобільними системами.

3 АПАРАТНО-ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

У цьому розділі було реалізовано апаратно-програмну частину системи, що відповідає вимогам до компонентів та функціональності пристрою базуючись на вмісті минулих розділів

3.1 Апаратна частина

Основним компонентом системи є мікроконтролер Arduino Nano (рис. 2.1), до нього будуть підключатись усі елементи пристрою.

Для з'єднання усіх компонентів з мікроконтролером, будуть використовуватись звичайні ПВХ кабелі (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – ПВХ кабель [13]

ПВХ кабелі будуть використовуватись, через те,що система сполучення буде паяна, а не триматись на кабелях з конекторами, це забезпечить більш надійніше з'єднання компонентів. Для зручного маркування, будуть використовуватись кабелі різних кольорів.

Для побудови схеми з'єднань було проаналізовано багато застосунків та онлайн сервісів. Одним із популярних застосунків, які потрібно встановлювати на комп'ютер, є Fritzing. Однак цей варіант не підходить, бо в ньому немає деяких компонентів, які потрібні для проєкту. Тому був обраний онлайн сервіс

Tinkercad, в ньому теж немає точних компонентів, які використовуються для створення системи, але було використано такі компоненти які виконують абсолютно однакову роль і мають трішки іншу модифікацію. Tinkercad – це онлайн-платформа, для моделювання електроніки, 3D-моделювання та симуляції, яка була створена компанією Autodesk. Інтерфейс Tinkercad інтуїтивно зрозумілий і дозволяє користувачам швидко виконувати різні дії. Однією з переваг ,онлайн-платформи, є те, що після проєктування електронних схем, можна перевірити її дієздатність, написавши код у внутрішньому компіляторі.

Підключення ультразвукового датчика AJ-SR04M, на схемі зображений аналог HC-SR04, зображено на рисунку 3.2.

Живлення ультразвукового датчика AJ-SR04M здійснюється від джерела 5V: синій кабель з'єднує контакт «CC» датчика з виходом «5V» на платі Arduino Nano, схемі аналог . Arduino Uno, оранжевий кабель з'єднує контакт «GND» датчика з контактом «GND» на Arduino. Передача та прийом даних забезпечуються за допомогою двох цифрових входів/виходів плати Arduino: зелений кабель з'єднує контакт «TRIG» датчика з цифровим піном D2 плати Arduino жовтий кабель підключений від «ECHO» датчика до піна D3 на Arduino.

Схематичне підключення світлодіода та зумеру зображено на рис. 3.3.

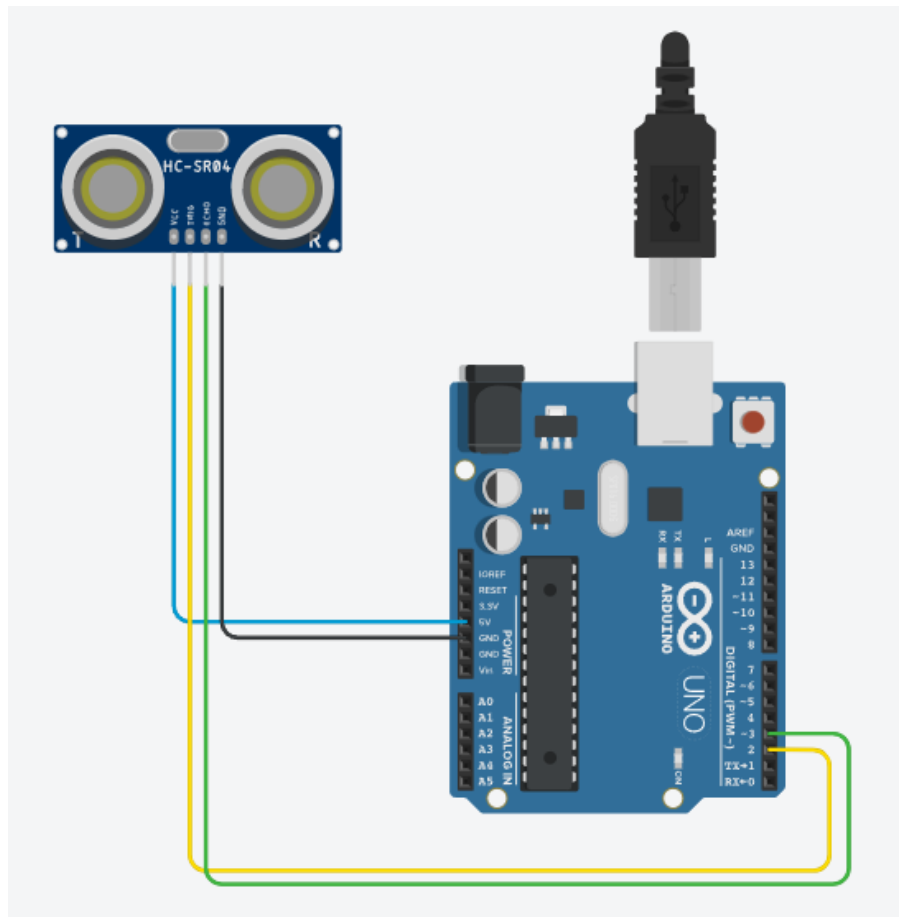


Рисунок 3.2 – Підключення ультразвукового датчика AJ-SR04M

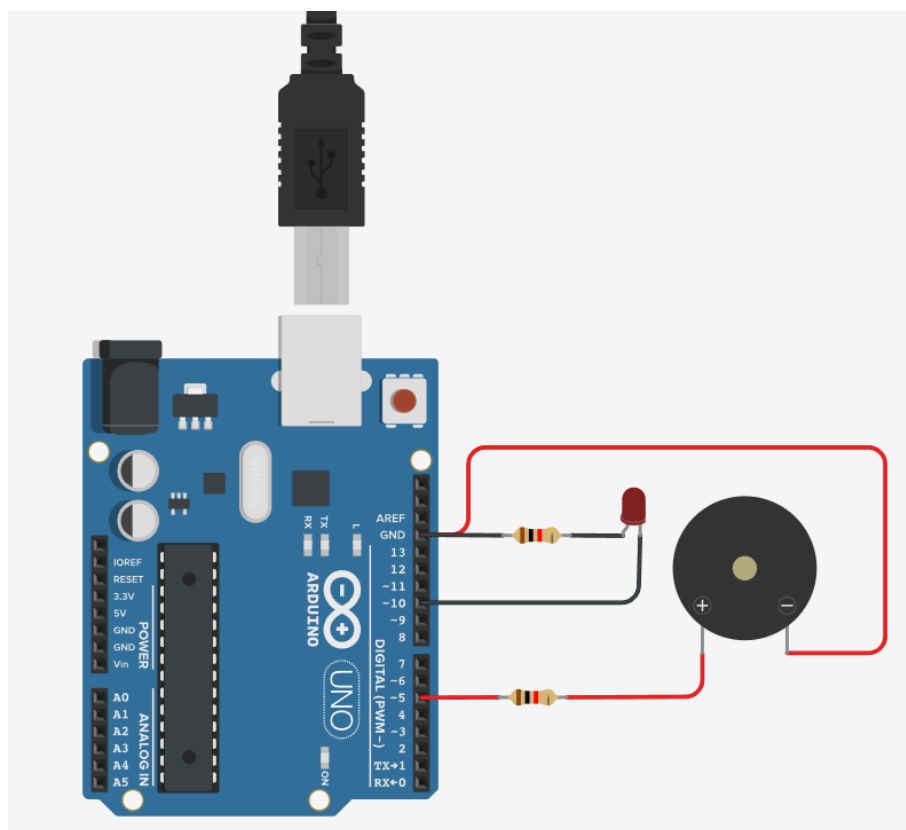


Рисунок 3.3 – Підключення світлодіода та зумеру

Живлення компонентів забезпечується через USB-з'єднання з автомобілем. Світлодіод підключено наступним чином: чорний провід підключений від цифрового виходу «GND» до анода (довга ніжка) світлодіода через резистор номіналом 220 Ом для обмеження струму. Катод (коротка ніжка) світлодіода з'єднаний з цифровим виходом D3 жовтим проводом.

Зумер підключено наступним чином: один контакт зумера з'єднаний з цифровим виходом D5 через резистор, другий контакт – з «GND» плати Arduino.

Підключення оптрона PC817MB, зображено на рис. 3.4.

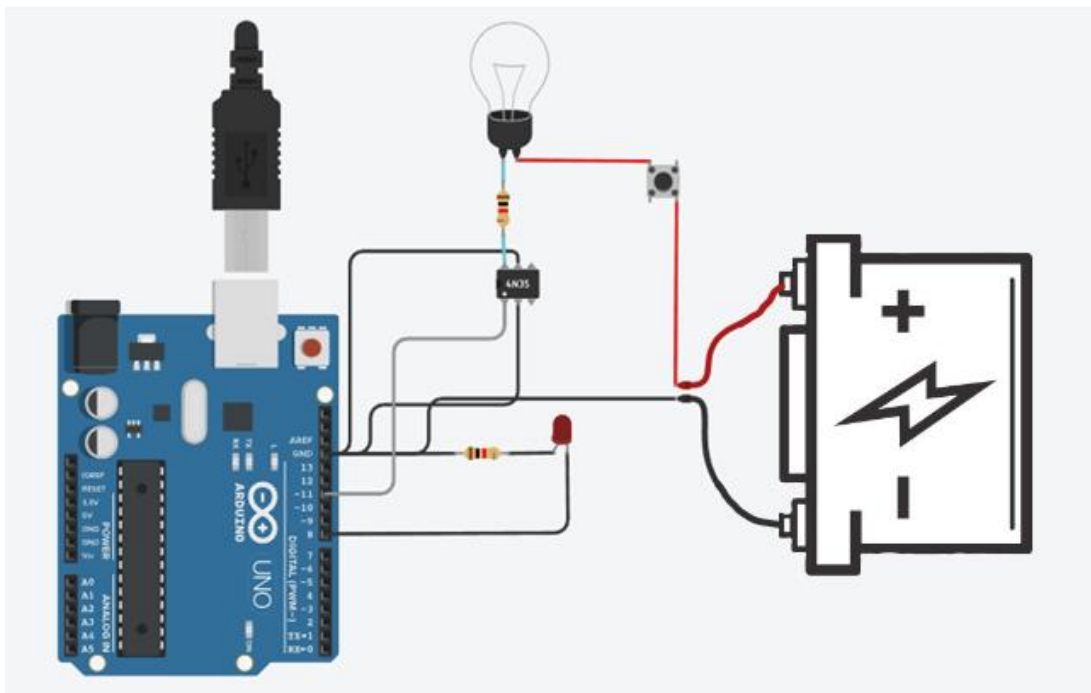


Рисунок 3.4 – Підключення оптрона PC817MB та фари автомобіля

Вхідна частина оптрона, підключена до цифрового піна D11 від аноду, вбудованого LED-світлодіода, катод світлодіода підключений до цифрового піну «GND». Вихідна частина оптрона підключена до лампи, від колектору фототранзистору, яка виконує роль фари, через резистор номіналом 220 Ом, емітер фототранзистору підключений до цифрового піну «GND». Від акумулятора, плюс йде на фару, через кнопку, яка виконує роль мерехтіння повороту, а мінус йде на цифровий пін «GND».

На рис. 3.5 зображене повна макетна схема підключення всіх компонентів системи контролю сліпих зон автомобіля. Ця схема була створена для

візуального розуміння з'єднань компонентів, також вона допомагає уникнути помилок при підключенні компонентів. Плюс нашого живлення, роль якого виконує картопля, йде на фару, через перемикач, а мінус на цифровий пін «GND».

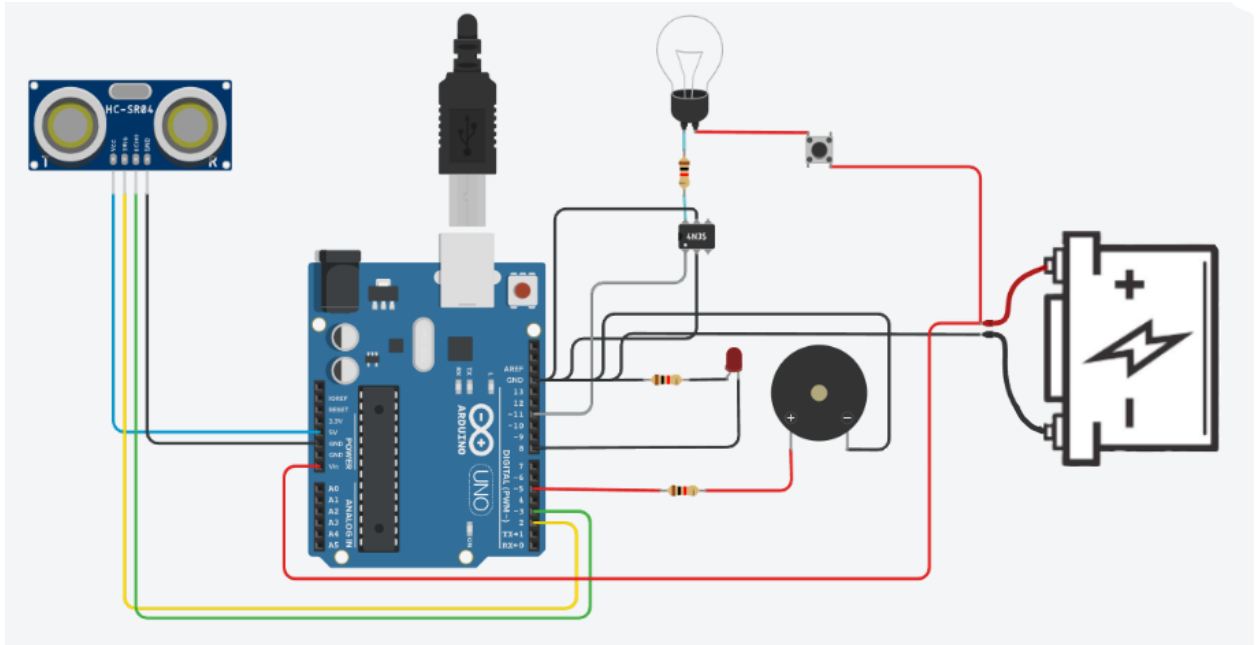


Рисунок 3.5 – Макетна схема системи контролю сліпих зон автомобіля

На рис. 3.6 зображена принципова електрична схема, яка відображає логічні з'єднання між усіма компонентами системи контролю сліпих зон автомобіля. Це основний документ, який використовується для аналізу та перевірки правильності електричних з'єднань у схемі.

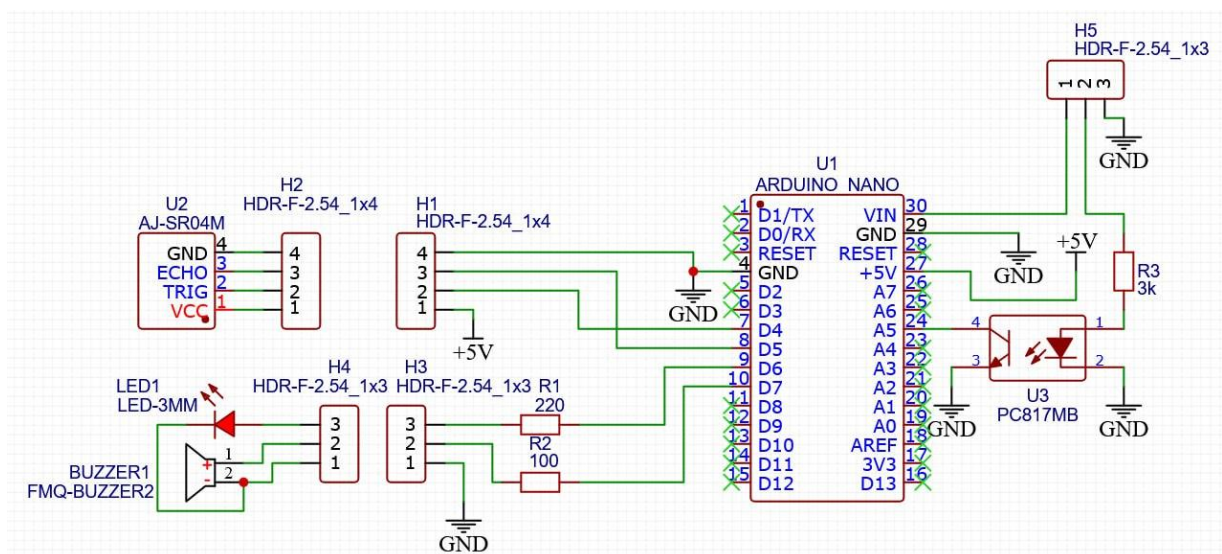


Рисунок 3.6 – Принципова електрична схема

Для нормального, фізичного вигляду системи контролю сліпих зон автомобіля, потрібна друкована плата (рис. 3.7) з правильним розташуванням та з'єднанням усіх компонентів.

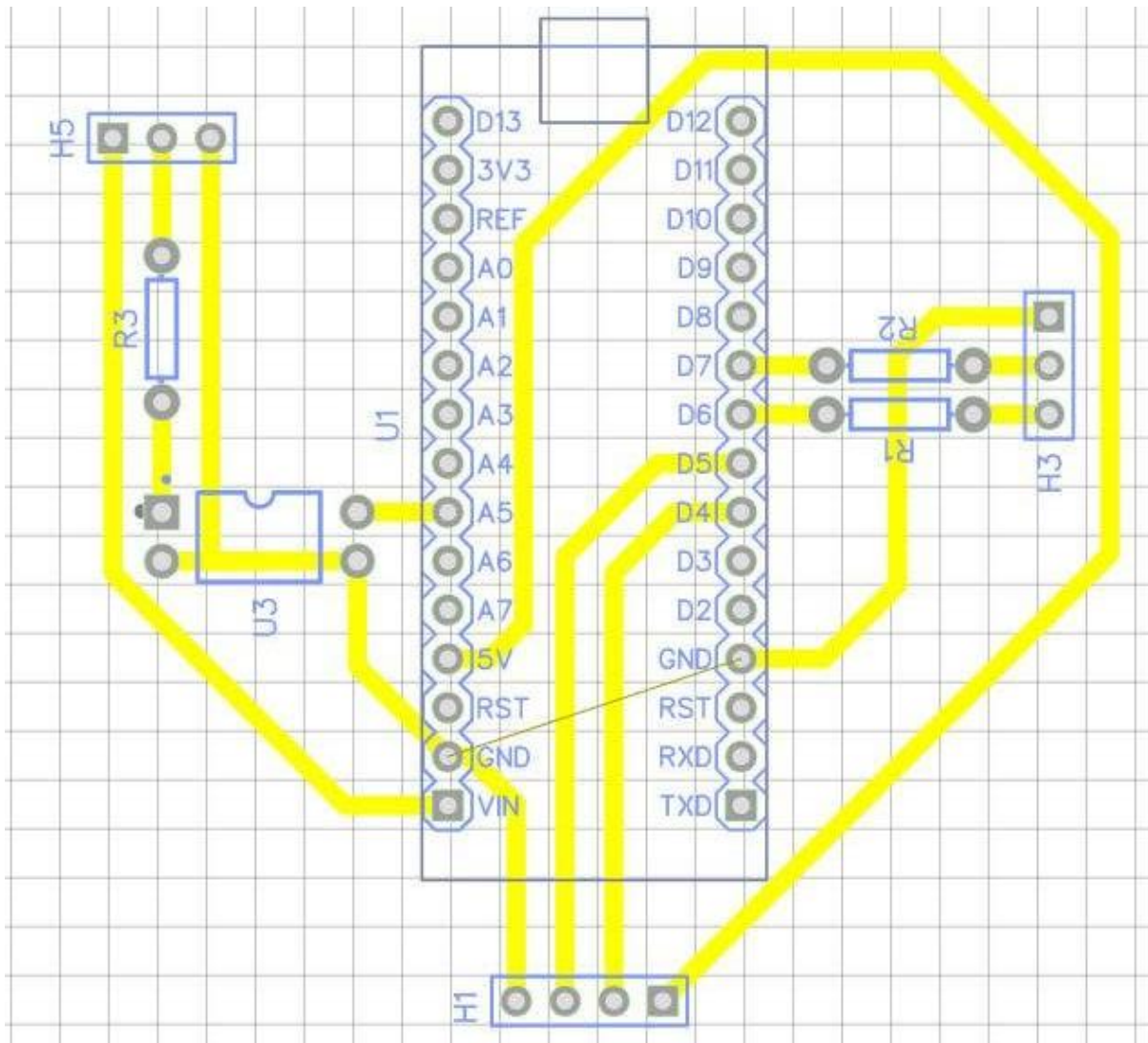


Рисунок 3.7 – Розміщення компонентів на друкованій платі

Після виробництва друкованої плати, всі компоненти будуть на ній розташовані у фінальному вигляді.

3.1.1 Корпус

Для системи контролю сліпих зон автомобіля, корпус (рис. 3.8) був обраний та куплений відповідно до параметрів системи.



Рисунок 3.8 – Корпус розробки

Корпус виготовлений із звичайного ABS-пластику. ABS-пластик – це термопластичний пластик, який широко використовується в 3D-друці, промисловості, машинобудуванні електроніці та побуті. Щоб отримати цей пластик, потрібно поєднати три мономері:

- акрилонітрил – надає міцність і хімічну стійкість;
- бутадієн – забезпечує ударостійкість;
- стирол – надає жорсткість і легкість обробки.

Таблиця 3.1 – Переваги та недоліки ABS-пластику

Переваги	Недоліки
Легка механічна обробка	Виділяє шкідливі пари при нагріванні
Ударостійкість	Нестійкий до деяких розчинників
Гарний зовнішній вигляд після лиття	Деформується при високій температурі
Висока міцність та жорсткість	

Вартість корпусу – 150 грн, що робить його доступним варіантом для використання у системі.

3.2 Кошторис розробки

Система буде складати з себе 2 окремих пристрої, для більш надійної роботи. Оскільки система створюється, як прототип, то і її вартість повинна бути відносно дешевою. Для цього було створенно кошторис (табл. 3.1), щоб оцінити приблизну вартість кожного компоненту.

Таблиця 3.2 – Кошторис системи

Компонент	К-сть, шт	Од. Вим	Ціна, грн	Вартість, грн
Arduino Nano V3	2	Шт.	376,00	752,00
П'єзоелемент KY-012	2	Шт.	18,00	36,00
LED-світлодіоди	2	Шт.	2,00	4,00
Оптрон PC817MB	2	Шт.	4,00	8,00
AJ-SR04M	2	Шт.	238,00	476,00
ПВХ кабель,0,25мм, 15м	1	Шт.	25,00	25,00
			Разом	1301,00

Після аналізу кошторису, можна сказати, що найдорожчими компонентами є два мікроконтролери Arduino Nano V3 (752,00 грн) та два ультразвукових

датчики AJ-SR04M (476,00 грн). Загальна сума кошторису складає 1301,00 гривню, що є бюджетним варіантом, в порівнянні з готовими аналогами. Кошторис залежить від габаритів автомобілю – чим більші габарити, наприклад вантажівка, тим більше потрібно компонентів і тим дорожче буде система. Дана система буде створюватись для звичайного легкового автомобіля.

3.3 Програмна частина

Програмний код для системи контролю сліпих зон автомобіля, буде написаний у програмному середовищі Arduino IDE з використанням спрощеного синтаксису мови програмування C++.

C++ це одна з найпотужніших мов програмування, яка була розширена з мови C. Викорстання C++ дозволяє ефективно працювати з апаратними ресурсами Arduino Nano, що забезпечує високий рівень ефективності.

3.3.1 Встановлення Arduino IDE

Для встановлення програмного середовища Arduino IDE, потрібно перейти на офіційний сайт [3], та обрати для якої системи буде встановлено середовище (рис. 3.10). В даному випадку середовище буде встановлено для операційної системи (ОС) Windows.



Рисунок 3.10 – Обрання системи для встановлення

Після обрання ОС, буде завантаження файлу, який після відкриття розпочне етап встановлення Arduino IDE на комп'ютер (рис. 3.11).

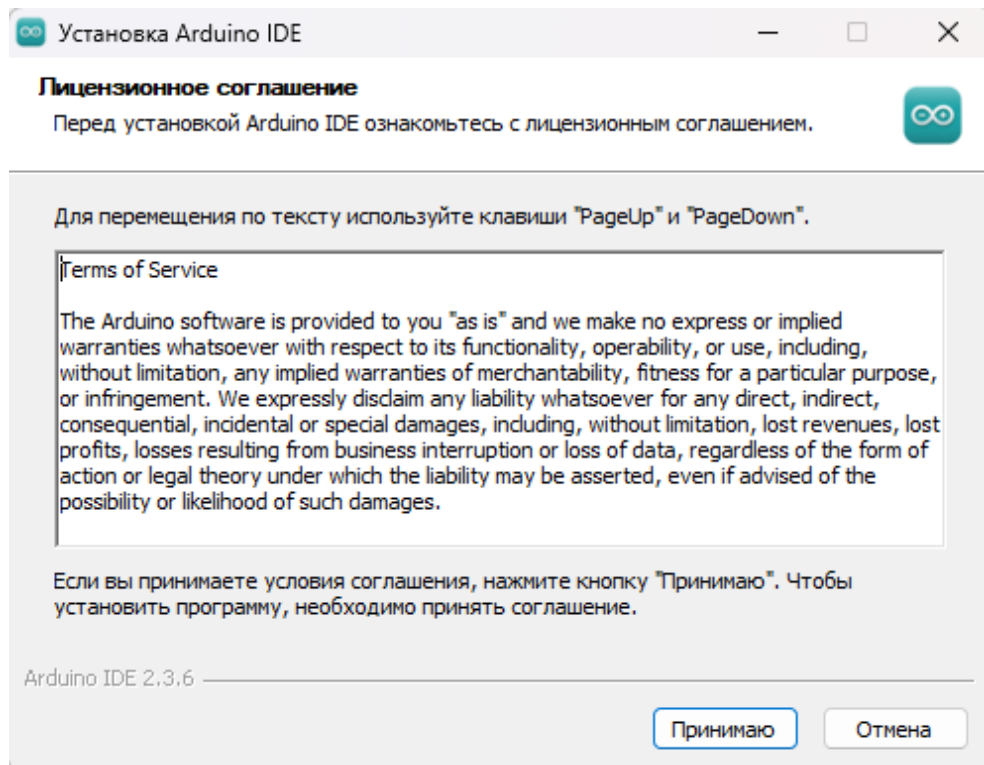


Рисунок 3.11 – Перший етап встановлення

Після чого потрібно обрати диск на який буде встановлено середовище та дочекатись завершення встановлення (рис. 3.12).

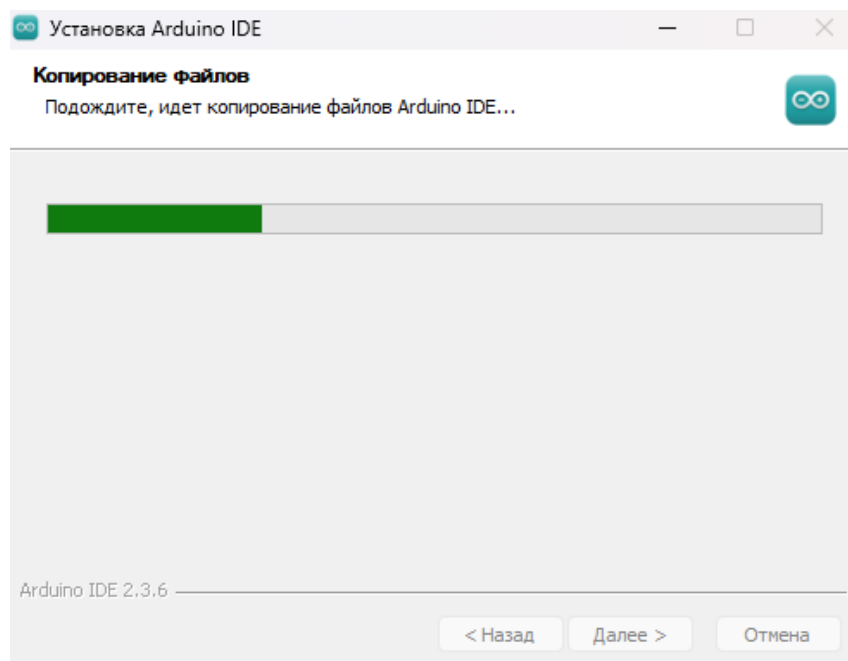


Рисунок 3.12 – Етап встановлення програми

Після встановлення Arduino IDE, при першому відкритті, автоматично будуть встановлені бібліотеки (рис 3.13), які допоможуть у розробці програмної частини системи. Після чого програмне середовище Arduino IDE, буде повністю готове до використання.

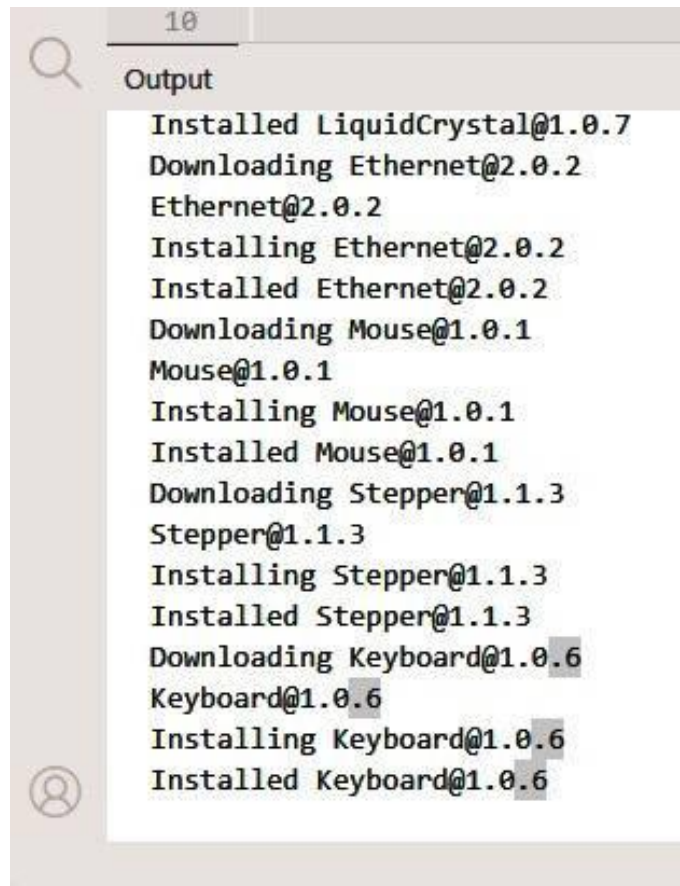


Рисунок 3.13 – Автоматичне встановлення бібліотек

Встановлення Arduino IDE включає завантаження з офіційного сайту, інсталяцію на обрану ОС та автоматичне додавання бібліотек для повноцінної роботи середовища. Після всіх цих дій, можна використовувати Arduino IDE, для написання коду для системи

3.3.2 Завантаження коду на Arduino Nano

Для успішного програмування мікроконтролера Arduino Nano, необхідно виконати низку послідовних дій, що забезпечать коректну передачу коду з комп'ютера на плату.

Передусім, треба під'єднати Arduino Nano до персонального комп'ютера за допомогою відповідного USB-кабелю. Цей інтерфейс забезпечує як живлення плати, так і передачу даних.

Наступним кроком є конфігурація середовища Arduino IDE, для роботи з конкретною апаратною платформою:

- у меню Tools -> Board, обрати плату Arduino Nano. Це дозволяє IDE налаштувати компілятор і параметри прошивки відповідно до архітектури мікроконтролера;
- в розділі Tools -> Processor, необхідно вибрати відповідний тип мікроконтролера Arduino Nano або ATmega328P (Old Bootloader) – для плат із застарілим бутлоадером, або ATmega328P – для плат із новим бутлоадером;
- визначення правильного варіанту є критичним для успішного завантаження коду;
- у пункті меню Tools -> Port, слід вказати COM-порт, який асоційовано з підключеною платою Arduino Nano. Порт автоматично з'являється в списку після підключення плати до комп'ютера.

Для перевірки коректності підключення та налаштувань рекомендується завантажити базовий приклад, наприклад, програму Blink, яка забезпечує циклічне миготіння вбудованого світлодіода для цього потрібно відкрити файл прикладу, через меню File -> Examples -> 01.Basics -> Blink.

Після завершення конфігурації та вибору програмного коду необхідно виконати процедуру завантаження:

- натиснути кнопку Upload (стрілка вправо) у верхній панелі Arduino IDE;
- програма буде автоматично скомпільована, після чого відбудеться передача коду на мікроконтролер через USB-інтерфейс;
- під час процесу завантаження світлодіод на платі Arduino Nano почне блимати, що є індикацією активності програмування;
- у разі успішного завершення внизу IDE з'явиться повідомлення «Done uploading».

Після цього мікроконтролер почне виконувати завантажену програму і, як у випадку прикладу Blink, можна буде спостерігати циклічне ввімкнення і вимкнення вбудованого світлодіода.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі було детально розглянуто апаратно-програмну реалізацію системи контролю сліпих зон автомобіля. Завдяки використанню онлайн-платформи Tinkercad було спрощено процес проєктування схем та документування, що дозволяє ефективно створювати прототипи як для початківців, так і для професіоналів. Було створено кошторис, що підтвердив бюджетний характер проєкту з загальною вартістю 1301,00 грн. Основними витратами є Arduino Nano і ультразвукові датчики AJ-SR04M, що відповідає цілям створення доступної системи контролю. Для розробки програмного забезпечення були використані необхідні бібліотеки через Library Manager, що забезпечило гнучкість у налаштуванні середовища розробки Arduino IDE. Було створено програмну частину, що використовує мову C++ та Arduino IDE для взаємодії з апаратною частиною, вимірювання дистанції до об'єкту та подання візуальних і звукових сповіщень.. Ці кроки гарантують, що всі компоненти працюватимуть злагоджено і відповідають функціональним вимогам проєкту.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було розроблено систему керування сліпих зон автомобіля. Мета даної роботи полягала в підвищенню безпеки керування транспортним засобом, шляхом розробки та впровадження системи, що здійснює автоматичне розпізнавання об'єктів на основі аналізу даних з ультразвукових датчиків.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу сліпих зон автомобіля з метою запобігання дорожньо-транспортним пригодам.

Предметом дослідження є апаратно-програмні засоби та алгоритми розпізнавання об'єктів у сліпих зонах автомобіля на основі даних з ультразвукових та інфрачервоних сенсорів.

Практична цінність розробки полягає у створенні прототипу системи, яку можна інтегрувати в існуючі автомобільні комплекси безпеки.

Було проведено аналіз існуючих систем контролю сліпих зон, що дозволило визначити їх переваги та недоліки, а також визначити вимоги до створеної системи. Після вивчення можливостей мікроконтролерів та мікрокомп'ютерів, основним мозком системи, було обрано мікроконтролер Arduino Nano, його характеристики та енергоефективність повністю задовільняють потреби системи.

Розроблено програмне забезпечення, що включає в себе ініціалізацію системи, програмний код, який керує світлодіодами та ультразвуковими датчиками, для забезпечення візуального та звукового сповіщення водія про наявність загрози.

Інтеграція системи з автомобілем забезпечила зменшення можливості випадків на дорозі, під час зміни смуги або під час паркування. Проєкт можна вважати бюджетним, адже його загальна вартість складає 1301,00 грн, що робить його доступним для широкого кола користувачів.

Результати роботи показали, що система контролю сліпих зон автомобіля є інструментом, що ефективно виконує свою роботу, та своєчасно сповіщає водія про загрозу. Це сприяє швидкому реагуванню на ситуацію та зменшує

ймовірність ДТП на дорогах, або пошкодженню автомобіля під час паркування. З використанням сучасних технологій, які складають не великий кошторис та не важким налагодженням, робить цю систему пріоритетом для забезпечення безпеки на дорозі та уникнення ситуацій з фатальними наслідками для водія та оточуючих.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 16MPx IMX519 camera. URL: <https://botland.store/raspberry-pi-cameras/24987-16mpx-imx519-camera-with-m12-wide-angle-lens-for-raspberry-pi-and-openhd-arducam-b0449-5904422385071.html> (Last accessed: 19.05.2025).
2. Acteam Ultrasonic Blind Spot Detection System Universal Car Radar URL: <https://www.desertcart.in/products/455595658> (дата звернення: 09.05.2025).
3. Arduino IDE 2.3.6. URL: <https://www.arduino.cc/en/software/> (Last accessed: 25.05.2025).
4. Arduino Nano URL: https://botland.com.pl/arduino-nano-oryginalne-plytki/12960-arduino-nano-a000005-7630049200173.html?cd=18298825138&ad=&kd=&gad_source=1&gad_campaignid=17718237013&gbraid=0AAAAADDatXhBp-5b-3dY-b4aGvLkDEZHD&gclid=Cj0KCQjwu7TCBhCYARIsAM_S3NjroJw7LZx1nbllT60z3sPcx59orYI-x2-xWtX-nco1fuqN5Vyc97MaAiarEALw_wcB (Last accessed: 25.05.2025).
5. Fukuda T., Hasegawa K., Ishizaki S., Nakanishi T. BlindSpotNet: Seeing Where We Cannot See. Jul. 2022, arXiv preprint. arXiv:2207.03870. P. 1–13. DOI:10.48550/arXiv.2207.03870
6. Gale Bagi S.S., Moshiri B., Gharace Garakani H., Khoshnevisan M. Blind Spot Detection System in Vehicles Using Fusion of Radar Detections and Camera Verification. *Journal of Signal, Image and Video Processing*. 2021. Vol. 15, № 8. P. 1769–1776. DOI:10.1007/s11760-021-01960-5
7. Horgan J., Hughes C., McDonald J., Yogamani S. Vision-Based Driver Assistance Systems: Survey, Taxonomy and Advances. 2021. arXiv:2104.12583 [cs.CV]. P. 1–22. DOI:10.48550/arXiv.2104.12583
8. Johnson A., Lee M. BlindSpotNet: Seeing Where We Cannot See. Jul., 2022 (Preprint). DOI: 10.48550/arXiv.2207.03870.
9. Lee H., Kim M. Rearview Camera-Based Blind-Spot Detection and Lane Change Assistance System for Autonomous Vehicles. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 15. No. 1:419. P. 1–16. DOI: 10.3390/app15010419.

10. Murugan R., Krishnasamy S. Deep Neural Network Models for Vision-Based Blind Spot Warning System. In book: *Recent Advances in Computer Vision*. Singapore : Springer, 2020. P. 135–150. DOI:10.1007/978-981-15-3140-1_7
11. Muzammel M., Yusoff M.Z., Saad M.N.M., Sheikh F., Awais M.A. Blind-Spot Collision Detection System for Commercial Vehicles Using Multi Deep CNN Architecture. Jul.–Aug. 2022, arXiv preprint. arXiv:2208.08224. P. 1–15. DOI:10.48550/arXiv.2208.08224
12. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). URL: <https://www.nhtsa.gov/> (Last accessed: 09.05.2025).
13. PVC wire. URL: <https://botland.store/pvc-cables/6914-pvc-wire-025mm-black-250m-roll-5904422304614.html> (Last accessed: 25.05.2025).
14. Raspberry Pi 4 model B. URL: <https://botland.store/raspberry-pi-4b-modules-and-kits/14645-raspberry-pi-4-model-b-wifi-dual-band-bluetooth-1gb-ram-18ghz-5056561800325.html> (Last accessed: 19.05.2025).
15. Set of 5mm LEDs URL: <https://botland.store/leds/19992-set-of-5mm-leds-justpi-16pcs-5904422328801.html> (Last accessed: 19.05.2025)
16. Sharp GP2Y0A02YK0F – Analog distance sensor. URL: <https://botland.com.pl/analogowe-czujniki-odleglosci/73-sharp-gp2y0a02yk0f-analogowy-czujnik-odleglosci-20-150-cm-5904422351953.html> (Last accessed: 14.05.2025).
17. Singh P., Kumar R. Blind-Spot Collision Detection System for Commercial Vehicles Using Multi Deep CNN Architecture. Aug., 2022 (Preprint). DOI: 10.48550/arXiv.2208.08224.
18. Touch screen - resistive LCD 5". URL: <https://botland.store/raspberry-pi-displays/4467-touch-screen-resistive-lcd-5-800x480px-hdmi-gpio-for-raspberry-pi-432bzero-waveshare-10563-5904422371364.html> (Last accessed: 19.05.2025).
19. Ultrasonic Blind Spot Detection System. URL: <https://www.amazon.com/CarBest-Ultrasonic-Detection-Monitoring-Assistant/dp/B07HTNCTGG> (дата звернення: 09.05.2025).

20. Ultrasonic Blind Spot Monitoring System Kit Universal Blind Spot Detection System. URL: <https://www.amazon.ae/TOTMOX-Ultrasonic-Monitoring-Universal-Detection/dp/B0BJDWGF7Z?th=1> (дата звернення: 09.05.2025).

21. Universal Blind Spot Monitoring Assistant DC12V Car Lane Changing Warning 24Ghz Millimeter Wave Sensor Detection System URL: https://www.amazon.com/dp/B0BFXHRH9V/ref=sspa_dk_detail_0?psc=1&pd_rd_i=B0BFXHRH9V&pd_rd_w=k7S8H&content-id=amzn1.sym.7446a9d1-25fe-4460-b135-a60336bad2c9&pf_rd_p=7446a9d1-25fe-4460-b135-a60336bad2c9&pf_rd_r=Q2PT40VJ04TTFY9AH0EA&pd_rd_wg=lSpb6&pd_rd_r=7d588a1f-961c-4cba-91c9-fd8d20eb85dd&s=car&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhYWw (дата звернення: 09.05.2025).

22. Zhang L., Wang J. Lidar for Autonomous Driving: The principles, challenges, and trends for automotive lidar and perception systems. Apr., 2020 (Preprint). DOI: 10.48550/arXiv.2004.08467.

23. Zhang X., Liu Y. Blind Spot Detection Radar System Design for Safe Driving of Smart Vehicles. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. No. 10:6147. P. 1–14. DOI: 10.3390/app13106147.

24. Водонепроникний ультразвуковий далекомір URL: https://arduino.ua/prod1243-vodonipronicaemii-yltrazvykovoi-datchik-30-sm-3-5-m?srsId=AfmBOoqA2fpauJW_R4ZW10Rqb_OzpfSGyoWdNTDMsv48OuIYfA0Uqjnu (дата звернення: 09.05.2025).

25. Модуль з динаміком KY-012 (активний). URL: <https://arduino.ua/prod3470-modyl-s-dinamikom-ky-012-aktivnii> (дата звернення: 14.05.2025).

26. Ультрачервоний датчик Sharp GP2Y0A02YK0F. URL: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a02yk_e.pdf (дата звернення: 09.05.2025).

27. Що таке парктронік: сучасна технологія для безпечного паркування.
URL: <https://style.co.ua/shho-take-parktronik/>
(дата звернення: 23.05.2025).

28. Що таке сліпа зона і як правильно налаштувати дзеркала в автомобілі? URL: <https://motointegrator.com/ua/uk/ctatti/obslugovuvannja-ta-dogljad/shto-take-sl-pa-zona-qk-pravilxno-nalashtuvati-dzerkala-v-avtomob-l> (дата звернення: 14.05.2025).

ДОДАТОК А

Код програми

```
#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 4 // Пін Trig ультразвукового сенсору
#define ECHO_PIN 5 // Пін Echo ультразвукового сенсору
#define MAX_DISTANCE 400 // Максимальна дистанція роботи сенсору
#define BLIND_DISTANCE 200 // Дистанція "сліпої зони"
#define BUZZ_PIN 7 // пін звуковипромінювача
#define LED_PIN 6 // пін світлодіоду "сліпої зони"
#define TURN_PIN A5 // вхід від оптрону сигналу повороту

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // Ініціалізуємо бібліотеку
ультразвукового сенсору

void setup()
{
    pinMode(BUZZ_PIN, OUTPUT); //Ініціалізуємо пін звуковипромінювача як вихідний
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT); //Ініціалізуємо пін світлодіоду як вихідний
    pinMode(TURN_PIN, INPUT); //Ініціалізуємо пін оптрону сигналу повороту як вхідний
    digitalWrite(TURN_PIN, HIGH); // Вмикаємо підтяжку внутрішнього резистора
    // при такій ініціалізації включений оптрон буде створювати на піні TURN_PIN стан
LOW
}

void loop()
{
    delay(50); // Чекаємо 50ms для коректної роботи бібліотеки вимірювання
    if (sonar.ping_cm() < BLIND_DISTANCE) //Якщо виміряна дистанція менше ніж
дистанція "сліпої зони"
    {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH); //Вмикаємо попереджувальний сигнал
        if (TURN_PIN == LOW) //Якщо включений сигнал повороту
        {
            digitalWrite(BUZZ_PIN, HIGH); //Вмикаємо звуковипромінювач
        }
    }
    if (sonar.ping_cm() > BLIND_DISTANCE) //Якщо виміряна дистанція більше ніж
дистанція "сліпої зони"
    {
        digitalWrite(LED_PIN, LOW); //Вимикаємо попереджувальний сигнал
    }
    if (TURN_PIN == HIGH) //Якщо виключений сигнал повороту
    {
        digitalWrite(BUZZ_PIN, LOW); //Вимикаємо звуковипромінювач
    }
}
```

ДОДАТОК Б

Блок-схеми

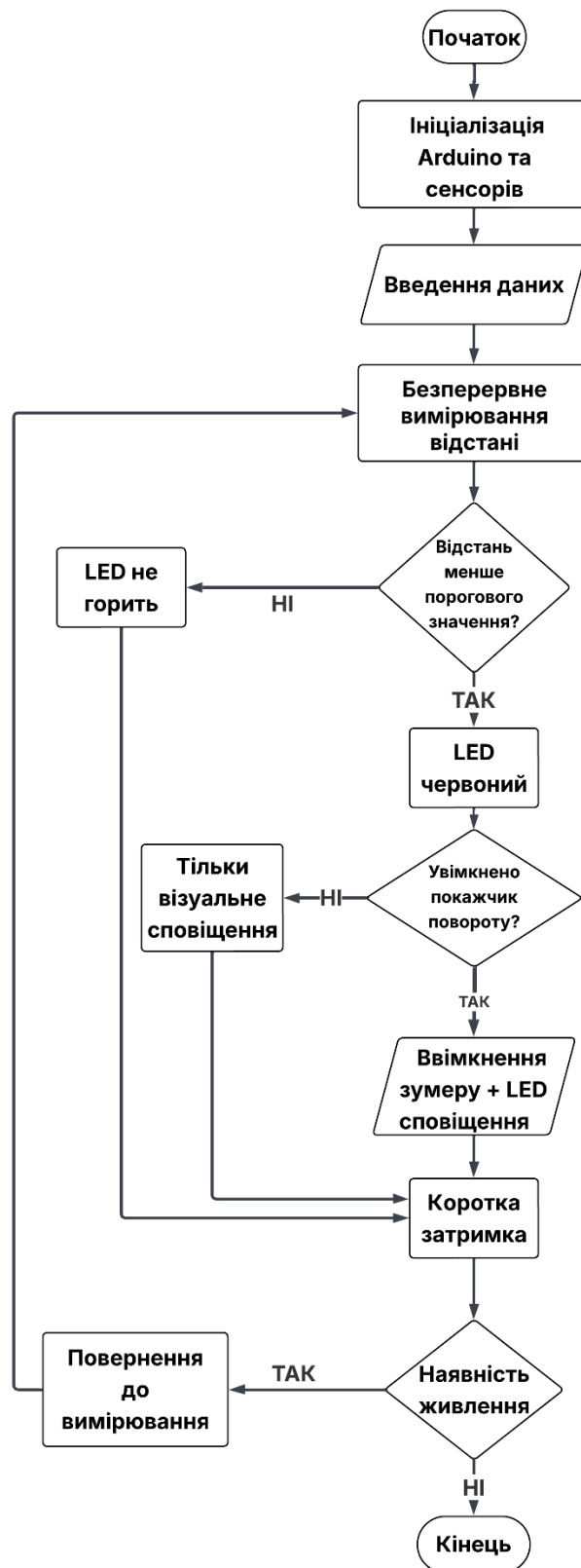


Рисунок Б.1 – Блок-схема алгоритму роботи ПЗ