

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

АНДРУСИШИН Володимир Миколайович

**Комп'ютерно-інтегрована система паркування
автомобіля/ Computer-Integrated Car Parking System**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ - 42
В.М. Андрусишин

Науковий керівник
к.т.н., доцент І.Р.Пітух

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

«____» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

ТЕРНОПІЛЬ – 2026

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"
спеціальність: 151 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін
“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
АНДРУСИШИН Володимир Миколайович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

_____ Комп'ютерно-інтегрована система паркування автомобіля / Computer-integrated car parking system. _____

_____ керівник роботи _____ к.т.н., доцент І.Р. Пітух _____

_____ затверджені наказом по університету від 01 грудня 2025 р. № 894 _____

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

25 травня 2026р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

_____ 1. Види систем паркування транспортних засобів. _____

_____ 2. Технології, що використовуються в системах допомоги водію при паркуванні. _____

_____ 3. Будова та елементна база паркувальних систем. _____

4. Основні питання, які потрібно розробити

_____ 1. Аналіз існуючих систем паркування. _____

_____ 2. Проектування структури та обґрунтування вибору компонентів проєктованої системи. _____

_____ 3. Реалізація та тестування комп'ютерно-інтегрованої системи паркування автомобіля. _____

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

_____ 1. Структурна схема КІС. _____

_____ 2. Схема алгоритму роботи КІС. _____

_____ 3. Макетна схема прототипу КІС. _____

_____ 4. Електрична схема прототипу КІС. _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	І.Р. Пітух к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
2	І.Р. Пітух к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
3	І.Р. Пітух к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проведення аналізу існуючих систем паркування	01.12.2025р. – 15.01.2026р.	
2	Проектування структури та обґрунтування вибору компонентів проєктованої системи	16.01.2026р. – 15.03.2026р.	
3	Реалізація та тестування комп'ютерно-інтегрованої системи паркування автомобіля	16.03.2026р. – 30.04.2026р.	
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	01.05. 2026р. – 25.05.2026р.	

Студент

(підпис)

В.М. Андрусишин

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доцент І.Р. Пітух

АНОТАЦІЯ

Андрусишин В.М. Комп'ютерно-інтегрована система паркування автомобіля. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

У роботі проведено аналіз існуючих систем допомоги при паркуванні, принципи їх функціонування та елементну базу. Розроблено структурну схему та обґрунтовано вибір компонентів для реалізації проєктованої системи. Розроблено алгоритм роботи системи, який забезпечує обробку вимірювальних сигналів у реальному часі та формування світлової і звукової індикації. Реалізовано дослідний зразок системи та виконано її програмну реалізацію. Проведено тестування, яке підтвердило достатню точність, швидкодію і надійність роботи розробленого рішення.

ANNOTATION

Andrusyshyn, V.M. Computer-integrated car parking system. - Manuscript.

Doctoral studies for the education level «Bachelor's» with the title 151 Automation and Computer-Integrated Technologies. – West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

The paper analyzes existing parking assistance systems, their operating principles, and component base. A structural diagram of the proposed system is developed, and the selection of components for its implementation is justified. An algorithm for system operation is designed, which ensures real-time processing of measurement signals and the formation of visual and acoustic indications. A prototype of the system is implemented, and its software realization is carried out. Testing has been performed, confirming sufficient accuracy, responsiveness, and reliability of the developed solution.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ.....	8
1.1 Класифікація систем паркування транспортних засобів.....	8
1.2 Технології, що використовуються в системах допомоги водію при паркуванні.....	11
1.3 Будова та елементна база паркувальних систем.....	16
2. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ПРОЄКТОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	20
2.1 Вимоги до комп'ютерно-інтегрованої системи паркування автомобіля.....	20
2.2 Розробка структури проєктованої системи.....	23
2.3 Обґрунтування вибору компонентів для реалізації системи.....	25
2.4 Розробка алгоритму роботи проєктованої системи.....	31
3. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ.....	34
3.1 Реалізація прототипу проєктованої системи.....	34
3.2 Програмна реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи.....	37
3.3 Тестування працездатності системи.....	41
3.4 Дослідження режимів роботи системи.....	43
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А Програмна реалізація КІС.....	55

					ДП.АКІТ.10659484.00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Андрусишин В.М.				Комп'ютерно-інтегрована система паркування автомобіля/ Computer-integrated car parking system	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Пітух І.Р.						4	54
Консульт.	Пітух І.Р.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-42		
Н. Контр.	Заставний О.М.							
Затверд.	Сегін А.І.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДТП – дорожньо-транспортна пригода;

ЕБК - електронний блок керування;

КІС – комп’ютерно-інтегрована система;

МКП - мікроконтролерна платформа;

ПСА - паркувальна система автомобіля;

ТЗ – транспортний засіб;

ТЗА - технічні засоби автоматизації.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап урбанізації характеризується постійним ростом кількості автотранспортних засобів (ТЗ) у великих населених пунктах, що, у свою чергу, призводить до ускладнення умов дорожнього руху та підвищення вимог до безпеки експлуатації автомобілів. Це також зумовлює критичний дефіцит паркувальних місць та ускладнення умов маневрування в обмеженому просторі міської інфраструктури. Наявність «сліпих зон» значно підвищують ризик виникнення дрібних дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та пошкодження майна. Значна частина ДТП стається саме під час паркування через обмежену оглядовість та помилки водіїв. Використання інтелектуальних систем паркування є необхідним інструментом для підвищення безпеки та мінімізації ризиків пошкодження майна.

На відміну від серійних рішень із закритою архітектурою, використання сучасних принципів відкритого проектування дозволяє створювати доступні та масштабовані системи. Розвиток мікроконтролерних платформ (МКП) та сенсорних технологій відкриває можливості для реалізації гнучких і масштабованих рішень у галузі автоматизації транспортних процесів. Р

Розробка та використання комп'ютерно-інтегрованих систем (КІС), які поєднують сенсорні технології, мікроконтролерні пристрої та засоби обробки інформації, дозволить автоматизувати процес збору, аналізу та передачі даних про навколишнє середовище. Використання таких систем для допомоги при паркуванні сприятиме підвищенню рівня безпеки, зменшенню навантаження на водія та зниженню ймовірності помилок під час маневрів. Такий підхід забезпечує високу ефективність моніторингу простору навколо автомобіля та відкриває широкі перспективи для подальшого розширення функціональних можливостей засобів автоматизації.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка КІС паркування ТЗ, яка забезпечує точне визначення відстані до перешкод та своєчасне інформування водія про потенційно небезпечні ситуації.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- проаналізувати існуючі паркувальні системи та їх функціональні можливості;
- обґрунтувати вибір елементної бази для реалізації КІС;
- розробити алгоритм обробки вимірювальних сигналів та програмне забезпечення для функціонування системи в реальному часі;
- спроектувати апаратну частину системи, включаючи сенсорні, індикаційні та сигнальні модулі;
- провести тестування розробленої КІС та оцінити точність і надійність роботи системи в різних режимах експлуатації.

Об'єкт дослідження - процеси вимірювання відстані до перешкод формування інформаційних сигналів для попередження водія.

Предмет дослідження - КІС допомоги при паркуванні ТЗ.

Методи дослідження – порівняльний аналіз існуючих систем, моделювання в середовищі Tinkercad, методи схемотехнічного проектування, алгоритмічне моделювання, програмна реалізація в середовищі Arduino IDE, експериментальне дослідження, тестування та верифікація працездатності системи, аналіз отриманих результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці системи, що є функціональним аналогом промислових парктроніків, та забезпечує підвищення ефективності сприйняття інформації водієм за рахунок поєднання звукової частотної індикації та цифрового відображення відстані на LCD-екрані. Розроблена система характеризується простотою реалізації, доступністю елементної бази та можливістю подальшої інтеграції у ТЗ.

Публікації. Андрусишин В.М., Давлетов Р.Р., Керніцький В. А. Мікроконтролерна система парктроніка з комбінованою системою світлозвукового оповіщення // Збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2026), Тернопіль, 2026.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ

1.1 Класифікація систем паркувальння транспортних засобів

Паркувальні системи автомобіля (парктроніки) (ПСА) є технічними засобами допомоги водію, призначеними для виявлення перешкод у безпосередній близькості до ТЗ та попередження про можливе зіткнення (рисунок 1.1) [1-5].

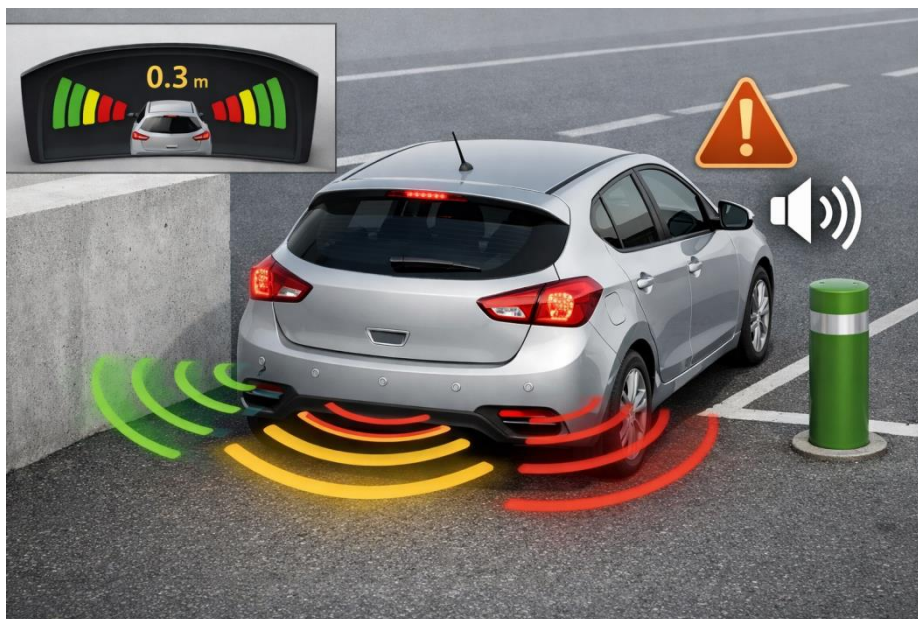


Рисунок 1.1 – Приклад ПСА

Основною функцією таких систем є підвищення безпеки та спрощення процесу маневрування в обмеженому просторі [4-8].

Класифікація ПСА може здійснюватися за рядом ознак (рисунок 1.2), наприклад за місцем встановлення, принципом дії, кількістю сенсорів, способом передачі сигналу, типом індикації та рівнем функціональних можливостей [2-9].

Місце розташування датчиків системи визначає, яку саме зону навколо автомобіля вона контролює. Найбільш поширеними є системи, що активуються при включенні задньої передачі, оскільки рух заднім ходом є найбільш складним і небезпечним, особливо для недосвідчених водіїв. Переднє розташування датчиків у ПСА використовуються для контролю простору перед автомобілем. Вони допомагають при маневруванні або русі в обмежених умовах. Часто, такі

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

системи оснащуються кнопкою для можливості примусового відключення, щоб уникнути хибних спрацювань в пробках. Комбіновані системи, що містять датчики на обох бамперах забезпечують повний контроль периметра, як передньої, так і задньої частини ТЗ а використовуються в більш функціонально розширених рішеннях.



Рисунок 1.2 – Класифікація ПСА

Принцип дії датчиків ПСА визначає фізичний механізм виявлення перешкод. Найбільш розповсюдженими є ультразвукові системи, які працюють на основі випромінювання ультразвукових хвиль і аналізу часу їх повернення після відбиття від об'єкта. Такі системи відзначаються простотою реалізації, достатньою точністю та невисокою вартістю. Альтернативою є електромагнітні системи, що використовують зміну електромагнітного поля, створеного спеціальною стрічкою-антенною. Вони характеризуються відсутністю «мертвих зон», однак можуть бути більш чутливими до зовнішніх завад.

Кількість датчиків безпосередньо впливає на точність і повноту контролю зони навколо ТЗ. ПСА з двома датчиками є найпростішими та найдешевшими, проте мають обмежену зону покриття і можуть створювати «сліпі зони». Конфігурації з трьома або чотирма датчиками є стандартними для задніх систем і забезпечують достатню точність виявлення перешкод. Використання шести або

восьми датчиків характерне для комбінованих ПСА і дозволяє реалізувати більш повний контроль простору навколо ТЗ.

Спосіб передачі сигналу визначає особливості взаємодії між складовими системи. У дротових ПСА передача сигналу між датчиками, блоком керування та пристроями індикації здійснюється за допомогою кабелів, що забезпечує високу надійність та стабільність роботи. Бездротові системи використовують радіоканал для передачі інформації, що значно спрощує монтаж і зменшує кількість з'єднувальних елементів, однак може впливати на стійкість сигналу в умовах перешкод.

Тип індикації визначає спосіб подання інформації водієві. Найпростішими є звукові ПСА, які формують переривчастий сигнал, частота якого зростає зі зменшенням відстані до перешкоди. Світлодіодні системи використовують кольорову шкалу для відображення рівня небезпеки. Цифрові ПСА забезпечують точне відображення відстані до об'єкта у числовому вигляді. Відеопарктроніки поєднують сенсорну інформацію з відеозображенням, що дозволяє отримати найбільш повну картину навколишнього середовища.

Рівень функціональних можливостей характеризує ступінь інтелектуалізації системи. Базові ПСА виконують лише функцію сигналізації про наближення до перешкоди. Розширені системи додатково забезпечують відображення відстані та напрямку до об'єкта. Інтелектуальні ПСА інтегруються з іншими бортовими системами ТЗ та можуть реалізовувати функції автоматичного паркування або аналізу зображень.

Існує широке коло ПСА, які відрізняються за принципом дії, точністю, радіусом виявлення та функціональними можливостями. Кожен тип має свої переваги, наприклад відеосистеми мають високу точність, електромагнітні системи характеризуються відсутністю «мертвих зон», ультразвукові ПСА прості та доступні. Також такі системи мають і недоліки, серед яких можна виділити складність реалізації та високу вартість у інтелектуальних систем, чутливість до зовнішніх факторів у ультразвукових ПСА або можливі перешкоди в роботі у бездротових рішеннях.

Проте найбільш поширеними є ультразвукові ПСА завдяки достатній

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

точності вимірювання, стабільності роботи в різних умовах експлуатації та невисокими вимогами до обчислювальних ресурсів. Такі системи широко представлені як у вигляді автономних рішень, що встановлюються окремо та пропонуються різними виробниками, так і інтегруються виробниками автомобілів у штатні комплектації ТЗ як базові або додаткові опції.

1.2 Технології, що використовуються в системах допомоги при паркуванні

Сучасні ПСА базуються на використанні різних технологій виявлення перешкод, які дозволяють визначати відстань до об'єктів у безпосередній близькості до ТЗ та формувати відповідні сигнали попередження для водія [7-10]. Вибір технології визначає точність роботи системи, складність її реалізації, вартість та можливості інтеграції з іншими бортовими системами автомобіля.

Незалежно від типу датчиків, що використовуються, принцип роботи більшості ПСА є подібним і включає кілька основних етапів (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Принцип роботи ПСА

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

На першому етапі здійснюється випромінювання сигналу у навколишній простір контрольованої зони. Далі відбувається взаємодія цього сигналу з перешкодою, внаслідок чого він відбивається або змінює свої характеристики. На наступному етапі виконується прийом відбитого або модифікованого сигналу датчиком. Отримані дані обробляються електронним блоком керування (ЕБК), який визначає відстань до об'єкта та формує інформаційне повідомлення для водія у вигляді звукових, світлових або візуальних сигналів.

Залежно від фізичного принципу роботи датчиків виділяють кілька основних технологій, що застосовуються у паркувальних системах [10-15].

Ультразвукові ПСА (рисунок 1.4) працюють на основі вимірювання часу проходження ультразвукової хвилі до перешкоди та назад. Такі системи мають вузькі зони контролю і менш чутливі до вузьких або нестандартних перешкод, наприклад стовпів, тонких об'єктів. Проте забезпечують достатню точність визначення відстані на невеликих дистанціях, не залежать від освітленості та характеризуються невисокою складністю реалізації. Саме тому вони широко застосовуються як у штатних системах ТЗ, так і в автономних рішеннях.

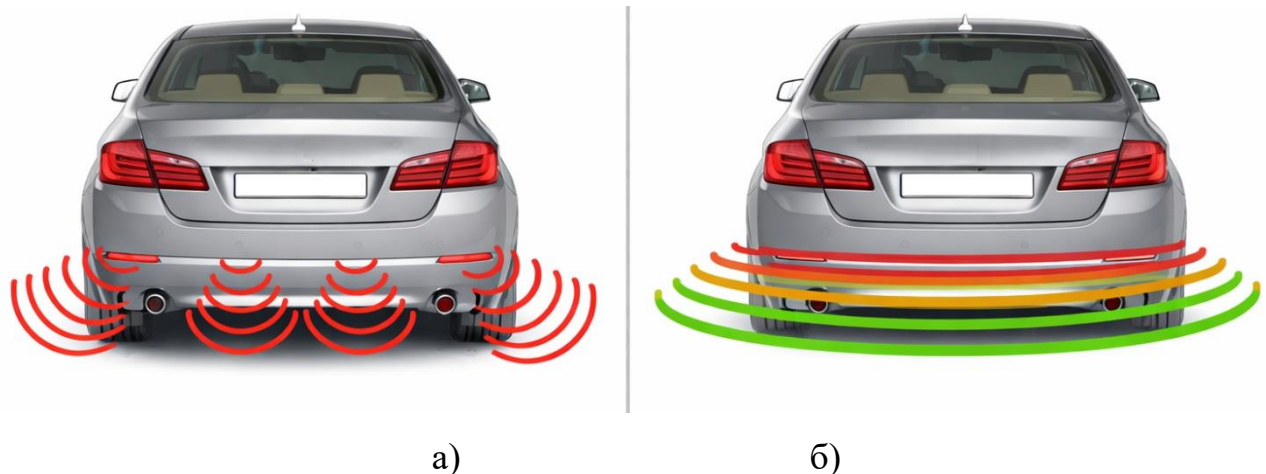


Рисунок 1.4 – Ультразвукова (а) та електромагнітна (б) системи

Електромагнітні ПСА (рисунок 1.4 б) використовують зміну електромагнітного поля, створеного спеціальною стрічкою-антенною, що встановлюється всередині бампера. При наближенні ТЗ до об'єкта параметри поля змінюються, що фіксується системою. Такі ПСА вони не мають зовнішніх сенсорів, що знижує ризик механічних пошкоджень а їх монтаж не потребує

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

точного позиціонування окремих датчиків. Основною перевагою ПСА даного типу є рівномірна зона покриття контрольованої зони, однак вони спрямовані на визначення факту наближення до перешкоди, ніж на точне вимірювання відстані і є менш точними у порівнянні з ультразвуковими та можуть бути чутливими до зовнішніх електромагнітних завад [11-13].

Відеосистеми паркування базуються на використанні камер і алгоритмів обробки зображень. Вони забезпечують високу інформативність, оскільки дозволяють водієві безпосередньо бачити обстановку навколо ТЗ [14, 15]. До їх недоліків також належать обмежена ефективність у несприятливих погодних умовах (дощ, туман, забруднення камери), можливі затримки обробки зображення, а також необхідність регулярного очищення об'єктива для забезпечення коректної роботи системи.



Рисунок 1.5 - Система відеопаркування

У поєднанні з алгоритмами комп'ютерного зору такі ПСА можуть визначати відстань до об'єктів і навіть автоматично керувати процесом паркування. Разом з тим вони характеризуються більшою складністю, високою вартістю та залежністю від умов освітлення.

Для порівняння розглянутих технологій, що використовуються у ПСА їх характеристики систематизовано та наведені у таблиці 1.1.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Таблиця 1.1 – Порівняння технологій ПСА

Тип системи	Діапазон дії	Похибка	Переваги	Недоліки
Ультразвуковий	0,02–4 м	$\pm 1-3$ см	Достатня точність, стабільність роботи, незалежність від освітлення	Чутливість до кута поверхні та властивостей матеріалу перешкоди
Електромагнітний	0,1–1 м	$\pm 5-10$ см	Відсутність зовнішніх сенсорів, рівномірне покриття зони контролю	Нижча точність, залежність від зовнішніх електромагнітних завад
Відео-система	до 10 м	залежить від алгоритму	Висока інформативність, візуалізація обстановки	Висока вартість, складність реалізації, залежність від освітлення та погодних умов

За рівнем складності та інтеграції з іншими системами автомобіля паркувальні системи можна поділити на автономні та інтегровані [6-9]. Автономні ПСА (рисунок 1.6) є окремими пристроями, що виконують базові функції виявлення перешкод та сигналізації.



Рисунок 1.6 – Приклад автономної ПСА

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

Такі системи, як правило, встановлюються додатково після придбання ТЗ. Вони мають власний блок керування, характеризуються невисокими вимогами до обчислювальних ресурсів і зазвичай реалізуються на основі контролерів. Автономні системи функціонують незалежно від інших бортових систем автомобіля.

Інтегровані ПСА (рисунок 1.7) встановлюються на заводі або як штатна опція ТЗ. Вони взаємодіють з бортовими електронними системами автомобіля через відповідні інтерфейси, зокрема CAN-шину, та пов'язані з електронними блоками керування (ECU).



Рисунок 1.7 – Приклад інтегрованої ПСА

Такі системи можуть бути складовою частиною комплексних систем допомоги водію (ADAS) і забезпечують розширені функціональні можливості. Зокрема, вони здатні реалізовувати автоматичне паркування транспортного засобу та взаємодіяти з іншими системами автомобіля, забезпечуючи адаптивне керування

Аналіз існуючих технологій показує, що кожна з них має свої переваги та обмеження. Системи на основі ультразвукової технології забезпечують оптимальне співвідношення точності, конструктивної складності та вартості, що обумовлює їх вибір для реалізації КСІ паркування ТЗ.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

1.3 Будова та елементна база паркувальних систем

Типова паркувальна система автомобіля являє собою сукупність взаємопов'язаних функціональних блоків, що забезпечують виявлення перешкод, обробку отриманої інформації та формування сигналів попередження для водія. Незалежно від типу використовуваної технології, більшість паркувальних систем мають подібну структурну організацію.

До складу типової паркувальної системи входять такі основні елементи:

- сенсорний модуль (датчики);
- блок обробки сигналів;
- модуль індикації та сигналізації.



Рисунок 1.8 - Типова ПСА

Сенсорний модуль призначений для виявлення перешкод у зоні контролю. У залежності від типу системи можуть застосовуватися ультразвукові датчики, електромагнітні стрічки або відеокамери. Найбільш поширеними є ультразвукові датчики, що встановлюються у бампері ТЗ та забезпечують вимірювання відстані до об'єктів на основі часу проходження сигналу.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

Блок обробки сигналів виконує функції прийому, обробки та аналізу інформації, отриманої від датчиків. У простих ПСА ця функція реалізується на основі контролерів, тоді як у більш складних за допомогою ЕБК автомобіля. Основним завданням цього блоку є визначення відстані до перешкоди, фільтрація сигналів та формування керуючих команд для пристроїв індикації.

Модуль індикації та сигналізації забезпечує передачу інформації водієві у зручній формі. Це можуть бути звукові сигнали (біпери), світлодіодні індикатори або цифрові дисплеї, що відображають відстань до перешкоди. У більш складних ПСА застосовуються комбіновані способи індикації, що підвищують інформативність та зручність використання.

Ефективність роботи ПСА визначається рядом технічних характеристик. Основними з них є:

- точність вимірювання відстані, яка впливає на достовірність оцінки положення перешкоди;
- дальність дії визначає максимальну відстань, на якій система здатна виявляти об'єкти;
- швидкість реагування системи, яка визначає час від моменту виявлення перешкоди до формування сигналу попередження.

Важливою характеристикою також є кількість датчиків, що впливає на повноту покриття контрольованої зони та наявність «сліпих зон».

На ринку представлено значну кількість ПСА як автономного, так і інтегрованого типу, що відрізняються функціональними можливостями та конструктивною реалізацією. Як приклад автономної системи можна навести систему Steelmate PTS410M7 [16], яка включає чотири ультразвукові датчики, блок керування, світлодіодний дисплей та звукову сигналізацію (рисунки 1.9).

Система забезпечує виявлення перешкод на відстані до 2,5 м, має функції налаштування чутливості та автоматичного тестування датчиків. Подібні системи є типовими представниками aftermarket-рішень і широко застосовуються для дооснащення ТЗ.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17



Рисунок 1.9 – Компоненти Steelmate PTS410M7

Ще одним прикладом є універсальні ПСА компанії Steelmate [17], які можуть працювати як для переднього, так і для заднього бампера, підтримують різну кількість датчиків (2–8), мають можливість регулювання чутливості та забезпечують звукову або візуальну індикацію (рисунок 1.10). Такі системи характеризуються гнучкістю конфігурації та адаптацією до різних умов експлуатації.



Рисунок 1.10 – Компоненти Steelmate PTS810

Прикладом відеосистем паркування є системи типу Rear View Camera [18] або Surround View (Bosch) [19], які використовують одну або кілька камер для

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

формування зображення навколишнього простору та відображення його на дисплеї автомобіля. Подібні системи можуть працювати у поєднанні з іншими сенсорами та забезпечувати розширені функції допомоги водію.

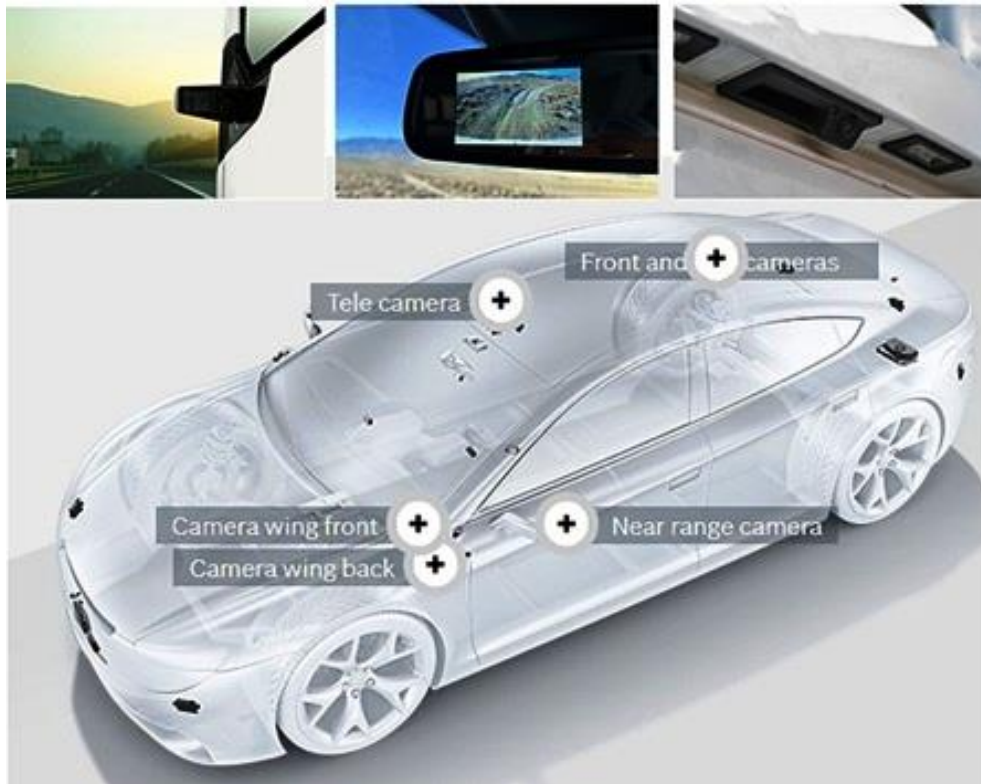


Рисунок 1.11 – Приклад розташування камер

Інтегровані системи, що встановлюються виробниками автомобілів, наприклад системи типу Park Assist (Bosch, OEM-рішення), поєднують роботу датчиків, камер та електронних блоків керування, інтегрованих через CAN-шину, і можуть реалізовувати функції автоматичного паркування та взаємодії з іншими системами допомоги водію (рисунок 1.12) [20]. Подібні системи є складовою частиною ADAS і забезпечують високий рівень автоматизації процесу паркування.

Обмеження функціонування ПСА зумовлені впливом ряду зовнішніх та технічних факторів. Зокрема, несприятливі погодні умови, такі як дощ, сніг або забруднення поверхні датчиків, можуть призводити до спотворення сигналів і, як наслідок, до зниження точності виявлення перешкод. Наявність «мертвих зон» у зоні покриття сенсорів обумовлює можливість пропуску об'єктів, що знижує ефективність контролю простору.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

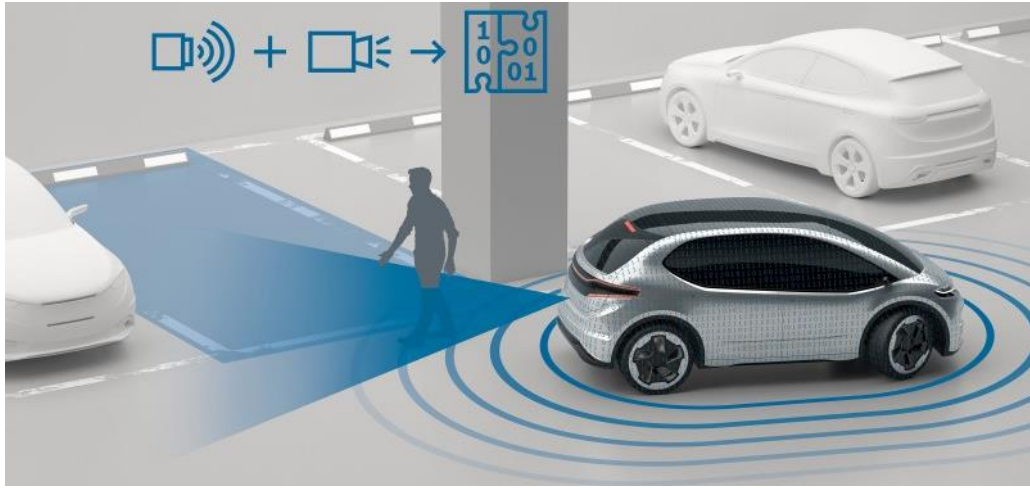


Рисунок 1.12 - Ультразвукова система допомоги при паркуванні

Обмеження функціонування ПСА зумовлені впливом ряду зовнішніх та технічних факторів. Зокрема, несприятливі погодні умови, такі як дощ, сніг або забруднення поверхні датчиків, можуть призводити до спотворення сигналів і, як наслідок, до зниження точності виявлення перешкод. Наявність «мертвих зон» у зоні покриття сенсорів обумовлює можливість пропуску об'єктів, що знижує ефективність контролю простору. Крім того, на малих відстанях можуть виникати неточності визначення положення перешкоди через обмеження фізичних принципів роботи датчиків. Додатково, затримки у формуванні попереджувального сигналу, пов'язані з обробкою даних, можуть зменшувати оперативність реагування системи. У випадку інтегрованих рішень можливі труднощі узгодження роботи з іншими бортовими системами автомобіля, що також впливає на стабільність функціонування.

Проведений аналіз будови та елементної бази ПСА показав, що їх ефективність визначається вибором сенсорів, архітектурою обробки сигналів та способом реалізації, що обумовлює необхідність розробки ефективних та збалансованих рішень для підвищення точності, швидкодії та надійності функціонування системи.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

2. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ПРОЄКТОВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Вимоги до комп'ютерно-інтегрованої системи паркування автомобіля

На основі проведеного аналізу існуючих паркувальних систем та їх обмежень сформульовано вимоги до проекрованої комп'ютерно-інтегрованої системи паркування. Для забезпечення ефективності, надійності та конкурентоспроможності системи вимоги до неї доцільно розділити на кілька блоків, зокрема функціональні, технічні, експлуатаційні та вимоги щодо взаємодії з користувачем.

Функціональні вимоги до комп'ютерно-інтегрованої системи паркування транспортного засобу визначають її основні можливості та характеристики. Система повинна забезпечувати виявлення перешкод у діапазоні від 0,02 м до 2,5–3 м із похибкою вимірювання не більше $\pm 3\text{--}5$ см. Важливою характеристикою є швидкість реагування, при якій час від моменту виявлення перешкоди до формування попереджувального сигналу не повинен перевищувати 100–150 мс.

Проектowana KIC повинна функціонувати в режимі реального часу з безперервним оновленням інформації про відстань до об'єктів. Передбачається можливість як автоматичного запуску системи, так і її ручної активації. Обробка даних повинна включати визначення відстані до перешкоди та формування відповідного сигналу оповіщення водія у зручній для сприйняття формі.

Технічні вимоги до KIC включають наступні:

- тип датчиків – ультразвукові;
- кількість датчиків - не менше 4;
- сповіщувач звуковий;
- засоби візуальної індикації для відображення відстані до перешкоди;
- блок обробки реалізований на основі мікроконтролера.

Живлення системи повинно здійснюватися від джерела постійної

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

напруги 5 В або через перетворення напруги з бортової мережі ТЗ 12 В. Також важливим є забезпечення мінімального енергоспоживання для підвищення ефективності та можливості автономної роботи системи. В режимі очікування споживання енергії не більше 20–30 мА, щоб не розряджати акумулятор.

Експлуатаційні вимоги визначають надійність та стабільність функціонування КІС паркування в реальних умовах використання. Система повинна забезпечувати коректну роботу при зміні умов навколишнього середовища, зокрема при впливі вологості, пилу та незначного забруднення датчиків. Також КІС повинна зберігати працездатність у широкому температурному діапазоні -40°C до +85°C.

Характеристикою системи є забезпечення надійності функціонування, що передбачає стійкість до короткочасних збоїв сигналу та збереження працездатності системи. Датчики повинні відповідати вимогам захисту не нижче рівня IP67, що забезпечує їх стійкість до впливу води, пилу та зовнішніх механічних факторів. Крім того, необхідно передбачити алгоритмічні засоби фільтрації сигналів для зменшення впливу завад і хибних спрацювань, спричинених погодними умовами або нерівностями поверхні.

Вимоги до інтерфейсу спрямовані на забезпечення зручності сприйняття інформації водієм. Система повинна реалізовувати комбінований спосіб індикації, що включає звукове та візуальне оповіщення. Також має бути передбачена можливість виведення графічної інформації на дисплей або комбінацію приладів.

Звукова сигналізація повинна змінювати свою частоту залежно від відстані до перешкоди, що дозволяє водієві інтуїтивно оцінювати рівень небезпеки. Візуальна індикація повинна забезпечувати відображення відстані до об'єкта у цифровому вигляді. Інтерфейс системи має бути простим, зрозумілим та не відволікати водія під час керування ТЗ.

Конструктивні вимоги до проектування КІС передбачають, що система повинна мати компактні габарити. Це забезпечить можливість її зручного розміщення в обмеженому просторі автомобіля. Система повинна бути проста у

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

монтажу та підключенні, що дозволить встановлювати її без значного втручання у конструкцію ТЗ. Крім того, КІС повинна мати модульну структуру, яка забезпечує можливість заміни окремих елементів, зокрема датчиків або індикаторів, без необхідності демонтажу всієї системи. Для зниження вартості та підвищення ремонтпридатності системи необхідно передбачити використання доступної та поширеної елементної бази.

2.2 Розробка структури проєктованої системи

Проєктована КІС призначена для вимірювання відстані від ТЗ до перешкод та інформування користувача за допомогою світлових і звукових сигналів. Розроблена структурна схема (рисунок 2.1) відображає склад та взаємодію основних функціональних блоків системи.

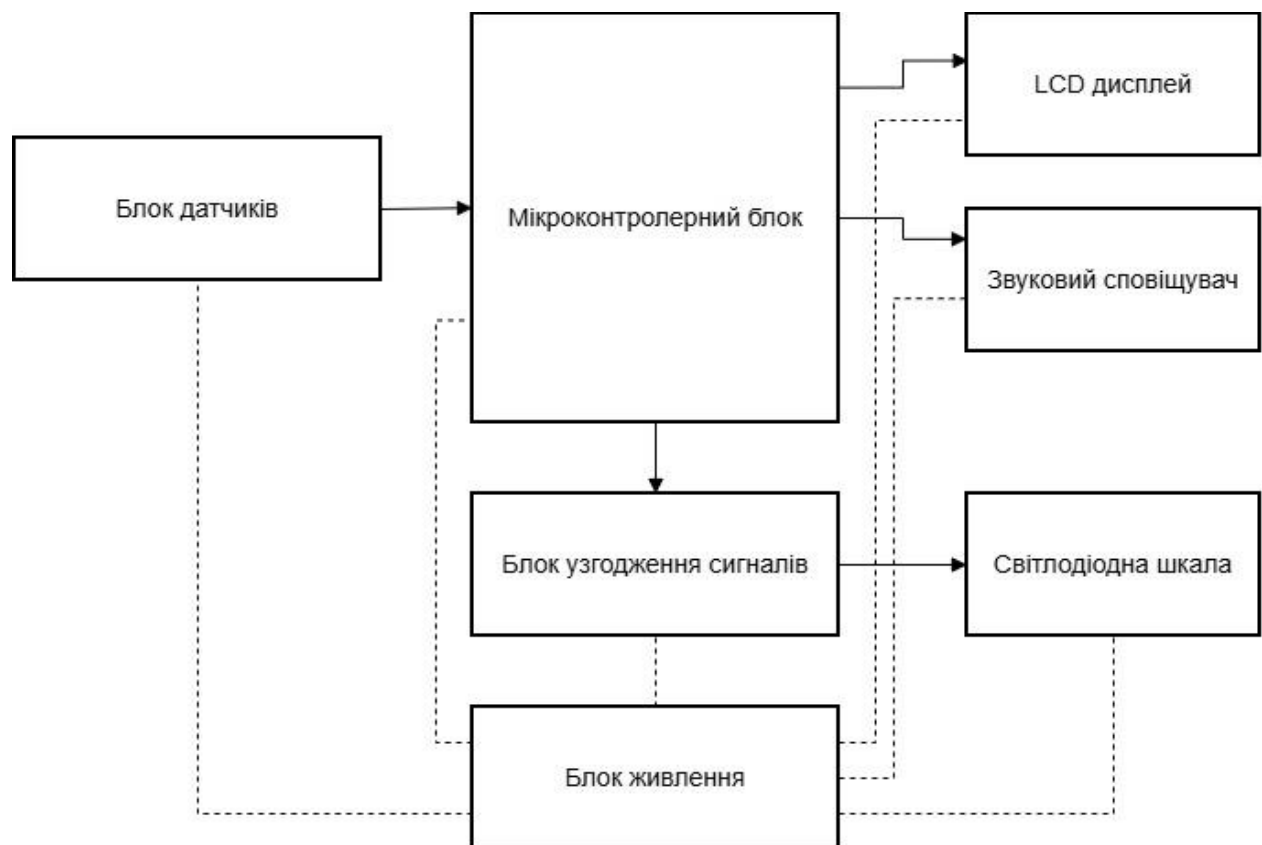


Рисунок 2.1 – Структурна схема КІС

Система побудована за модульним принципом. Центральним елементом КІС є мікроконтролерний блок, який виконує:

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

- обробку сигналів з датчика;
- обчислення відстані;
- аналіз значень за порогами;
- формування керуючих сигналів для індикації та сигналізації.

Вхідним елементом системи є блок датчиків, призначений для отримання інформації про відстань до перешкод у зоні контролю. Він представлений ультразвуковими датчиками, які забезпечують вимірювання відстані до перешкод. Датчики формують імпульсний сигнал (Trig) та приймають відбитий сигнал (Echo), який передається до мікроконтролера.

У процесі роботи блок датчиків формує інформаційні сигнали, що надходять до мікроконтролерного блоку для подальшої обробки. У мікроконтролерному блоці виконується аналіз отриманих сигналів, визначення відстані до об'єкта та порівняння її з наперед заданими пороговими значеннями. На основі результатів обробки формуються керуючі сигнали для виконавчих блоків системи.

Вихідна інформація подається на блоки індикації та сигналізації. Зокрема, блок відображення інформації, представлений LCD-дисплеєм, забезпечує виведення числового значення про відстань до перешкоди та текстових повідомлень у зручному для користувача вигляді.

Блок звукової сигналізації, реалізований на основі зумера, формує звукові сигнали різної частоти або інтервалу, інтенсивність або частота яких змінюється залежно від відстані до об'єкта.

Блок індикації складається зі світлодіодів (зелений, жовтий, червоний), які відображають рівень наближення до перешкоди. Він забезпечує візуальне відображення дистанції наближення до перешкоди у вигляді градуйованої шкали.

Особливістю структури системи є наявність блока узгодження сигналів, який забезпечує коректну передачу керуючих сигналів від мікроконтролерного блока до виконавчих елементів, а також обмеження струмів і напруг до допустимих значень.

Живлення всіх функціональних блоків здійснюється від блока живлення

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5В, який забезпечує стабільні параметри електроживлення, необхідні для надійної роботи системи. На структурній схемі лінії живлення показані окремо від інформаційних зв'язків, що дозволяє чітко розмежувати енергетичні та сигнальні потоки.

Розроблена структурна схема відображає ієрархічну побудову КІС з центральним мікроконтролерним блоком, що забезпечує інтеграцію всіх функціональних компонентів парктроніка.

2.3 Обґрунтування вибору компонентів для реалізації сиситеми

Для реалізації КІС паркування ТЗа було обрано набір технічних засобів авоматизації (ТЗА), з урахуванням критеріїв доступності, простоти інтеграції, надійності роботи, вартості та достатності технічних характеристик для вирішення поставленої задачі.

В якості центрального керуючого елемента проєктованої КІС обрано МКПІ Arduino UNO на базі мікроконтролера АТmega328Р (рисунок 2.2) [21]. Він забезпечує виконання функцій збору, обробки та аналізу інформації, а також формування керуючих сигналів для виконавчих пристроїв.

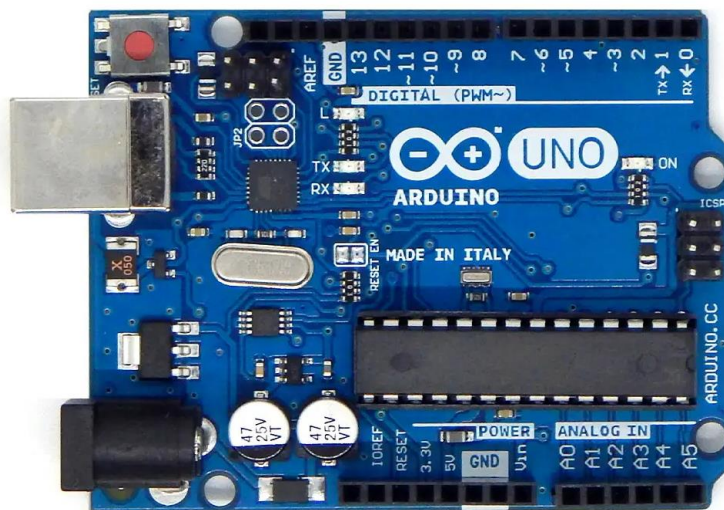


Рисунок 2.2 - Плата Arduino UNO R3 (АТmega328Р)

Вибір даної платформи обумовлений її достатніми обчислювальними можливостями для реалізації алгоритмів системи, які не потребують значних

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

ресурсів, але вимагають стабільної роботи в режимі реального часу.

Основні технічні характеристики мікроконтролерної платформи наведені в таблиці 2.1 [21].

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики МКП

Характеристика	Значення
тактова частота	16 МГц
кількість цифрових входів/виходів	14 (з них 6 з ШІМ)
кількість аналогових входів	6
інтерфейси	I2C/TWI;SPI;PWM
обсяг флеш-пам'яті	32 КБ
робоча напруга (входи USB та VCC)	5 В
робоча напруга (вхід Vin)	7.5-12 В

Вибір даної платформи обумовлений її широким спектром застосування, простотою програмування та наявністю значної кількості бібліотек для роботи з периферійними пристроями. Arduino UNO забезпечує достатню обчислювальну потужність для обробки сигналів з датчика, реалізації алгоритмів визначення відстані та керування виконавчими пристроями в реальному часі. Крім того, платформа має достатню кількість цифрових і аналогових входів/виходів, що дозволяє підключати всі елементи системи без використання додаткових модулів розширення. Низьке енергоспоживання та можливість роботи від стандартного джерела живлення 5 В роблять платформу придатною для використання у вбудованих та автономних системах.

Важливою перевагою є наявність апаратних таймерів, що дозволяють з високою точністю вимірювати часові інтервали, необхідні для визначення відстані за допомогою ультразвукового датчика, а також формувати керуючі сигнали для звукової індикації. МКП функціонує без використання операційної системи, що забезпечує детермінований характер виконання програми та мінімальні затримки обробки сигналів. Крім того, Arduino UNO має відкриту

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

архітектуру та підтримує можливість подальшого розширення функціональних можливостей системи шляхом підключення додаткових модулів, що підвищує гнучкість та перспективність її застосування.

Для вимірювання відстані до об'єктів обрано ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 (рисунок 2.4) [22].

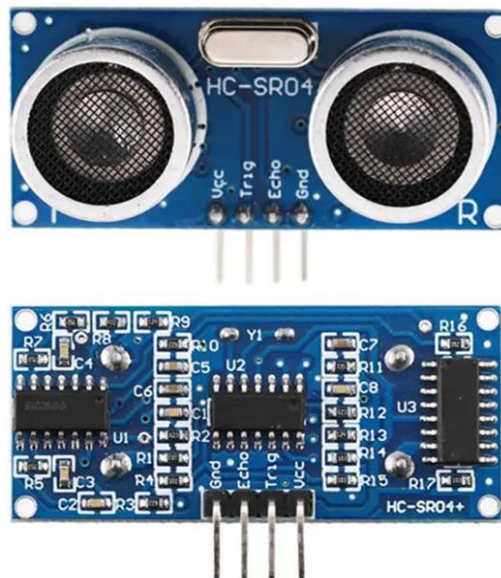


Рисунок 2.4 - Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04

Датчик виконаний у вигляді плати, де розміщено приймач /випромінювач ультразвуку та електронна керуюча схема. Основні характеристики датчик відстані-руху HC-SR04 наведено в таблиці 2.2 [22].

Таблиця 2.2 - Основні характеристики датчика HC-SR04

Характеристика	Значення
діапазон вимірювання	2–450 см
точність	до 3 мм
робоча частота	40 кГц
кут огляду	приблизно 15°
робоча температура	-20 - +70°C
робоча напруга	5 В

Принцип роботи датчика базується на вимірюванні часу проходження ультразвукового імпульсу до об'єкта та назад. Вибір HC-SR04 зумовлений його високою точністю, стабільністю роботи та незалежністю від умов освітлення, що є важливим для автомобільних систем. Датчик не залежить від кольору або прозорості об'єкта, що забезпечує універсальність застосування. Також він легко інтегрується з МКП завдяки простому інтерфейсу керування.

Для візуалізації текстової та числової інформації в КІС обрано РК-дисплей 16×2 (рисунок 2.5) [23].



Рисунок 2.5 – РК-дисплей

Основні характеристики LCD 16x2 наведено в таблиці 2.3 [23].

Таблиця 2.3 - Основні характеристики LCD 16x2

Характеристика	Значення
кількість рядків	2
кількість символів у рядку	16
режим роботи	4 та 8 біт
тип контролера	сумісний зі стандартом HD44780
інтерфейс	паралельний
напруга живлення	5 В

Даний дисплей дозволяє відображати як числову інформацію (відстань), так і текстові повідомлення. Його вибір обумовлений простотою підключення, низьким енергоспоживанням та широкою підтримкою бібліотек. Стандарт HD44780 забезпечує сумісність із більшістю МКП, що значно спрощує програмну реалізацію.

Для реалізації індикації рівня наближення до перешкоди використано набір світлодіодів, згрупованих за кольорами.



Рисунок 2.5 - Світлодіоди

Основні характеристики світлодіодів наведено в таблиці 2.4 [24].

Таблиця 2.4 – Характеристики світлодіодів для індикації рівня наближення до перешкоди

Характеристика	Значення
тип індикації	дискретна
струм споживання	5–15 мА
робоча напруга	2–3 В
інтенсивність	1000-5000 мкд
довжина хвилі	515-625 нм
кут огляду	30°

Світлодіодна шкала зелений – жовтий - червоний забезпечує швидке та інтуїтивне сприйняття інформації користувачем. Різні кольори дозволяють відобразити ступінь небезпеки безпечна, попереджувальна, критична зона відповідно. Такий підхід широко використовується в промислових та автомобільних системах індикації завдяки високій наочності та надійності.

Блок звукової сигналізації реалізовано на основі пасивного модуля зумера MH-FMD (рисунок 2.6) [25].



Рисунок 2.6 – Звуковий сповіщувач

Модуль призначений для формування звукових сигналів у мікроконтролерних системах і може живитися від напруги 3,3–5 В, що забезпечує його безпосередню сумісність із платформою керування системи. Конструктивно модуль має три виводи: живлення, загальний провід та керуючий сигнальний вхід. За технічними даними модуль працює при напрузі 3,3–5 В, споживає 30–50 мА, має частоту сигналу близько 2 кГц та габаритні розміри 33 × 13 мм.

Пасивний принцип роботи означає відсутність вбудованого генератора, тому формування звукового сигналу здійснюється зовнішнім керуючим пристроєм. Така особливість є перевагою для системи парктроніка, оскільки дозволяє програмно змінювати характер звукового сповіщення залежно від відстані до перешкоди. Додатковими перевагами вибраного модуля є простота підключення, малі габаритні розміри та достатні електричні параметри для роботи у складі розроблюваної системи.

Застосування зумера дозволяє реалізувати акустичне оповіщення, що є особливо важливим у випадках, коли візуальна інформація може бути недостатньо помітною. Простота керування та сумісність із цифровими

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виходами МКП роблять цей елемент ефективним рішенням для даної системи.

Для забезпечення коректної роботи світлодіодів та інших елементів використано пасивні компоненти - резистори. Основні їх характеристики наступні: номінал опору- 220 Ом (для світлодіодів). Вони виконують функції обмеження струму та захисту елементів. Застосування резисторів є необхідним для запобігання перевищенню допустимих струмів, що може призвести до виходу з ладу компонентів. Крім того, вони забезпечують стабільність роботи індикаторів та можливість регулювання параметрів відображення (контраст дисплея, гучність сигналу).

Живлення системи здійснюється від джерела постійної напруги 5 В. Такий вибір обумовлений необхідністю забезпечення стабільної роботи мікроконтролерного блоку та периферійних елементів, для яких дана напруга є номінальною. Джерело живлення повинно характеризуватися достатньою стабільністю вихідної напруги та відповідати вимогам за струмовим навантаженням усіх компонентів системи. У якості джерела може використовуватися як USB-інтерфейс, так і зовнішній блок живлення з відповідними параметрами. Застосування напруги 5 В дозволяє забезпечити повну сумісність елементної бази, уникнути необхідності використання додаткових перетворювачів рівнів сигналів та спростити загальну схему живлення пристрою.

Обрані ТЗА повністю відповідають вимогам проекрованої КІС паркування ТЗ, забезпечуючи необхідну функціональність, надійність та простоту реалізації. Їх технічні характеристики є достатніми для вирішення задачі вимірювання відстані та формування сигналів оповіщення, а також забезпечують можливість подальшого розширення та модернізації системи.

2.4 Розробка алгоритму роботи проекрованої системи

Алгоритм функціонування проекрованої системи парктроніка базується на циклічному опитуванні сенсорного блоку, обробці отриманих даних та

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

формуванні сигналів оповіщення користувача (рисунок 2.7). Після подачі живлення ініціалізується мікроконтролерний блок, виконується налаштування портів введення-виведення, а також підготовка до роботи підключених периферійних елементів індикації та сигналізації.

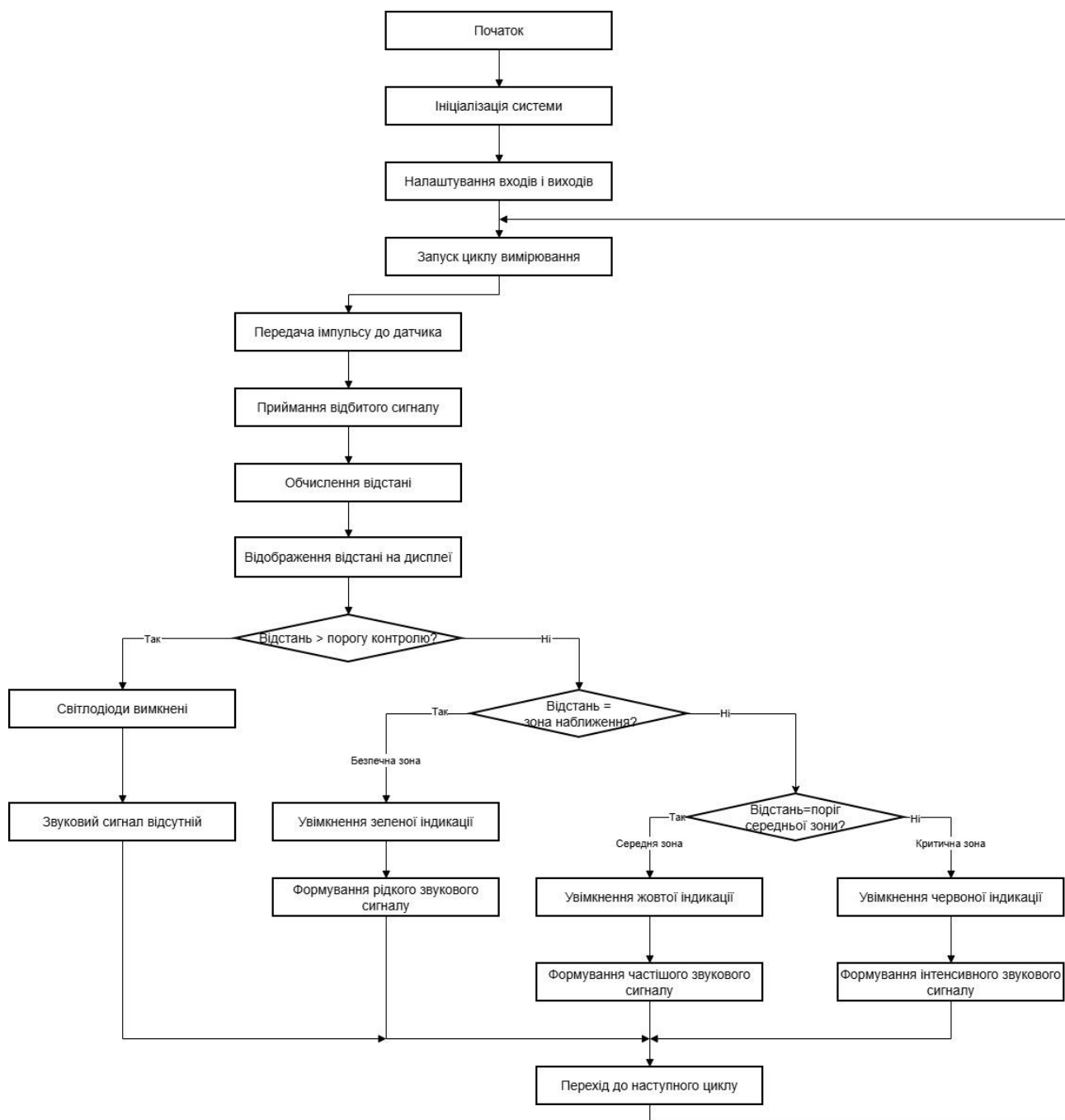


Рисунок 2.7- Схема алгоритму роботи КІС

У процесі роботи система функціонує в безперервному циклі. На першому етапі здійснюється ініціювання вимірювання відстані: сенсорний блок формує імпульс випромінювання, після чого відбувається прийом відбитого сигналу від

об'єкта. Мікроконтролер фіксує час проходження сигналу та на його основі обчислює відстань до перешкоди.

Отримане значення відстані надходить на етап аналізу, де воно порівнюється із заданими пороговими значеннями, що визначають рівень небезпеки. Залежно від результатів порівняння система переходить до формування відповідних сигналів оповіщення.

Візуалізація інформації здійснюється шляхом виведення поточного значення відстані на дисплей, що дозволяє користувачу отримати точну числову оцінку. Одночасно формується світлодіодна індикація, яка відображає рівень наближення до перешкоди у дискретній формі. При цьому кількість активних індикаторів або їх колір відповідає визначеній зоні відстані.

Паралельно з візуальним інформуванням система формує звуковий сигнал, параметри якого змінюються залежно від відстані до об'єкта. Зі зменшенням відстані частота або інтервал звукових сигналів збільшується, що забезпечує інтуїтивне сприйняття рівня небезпеки без необхідності постійного контролю візуальної інформації.

Після завершення одного циклу вимірювання система автоматично переходить до наступного, забезпечуючи безперервний моніторинг простору позаду транспортного засобу. Така організація алгоритму дозволяє оперативно реагувати на зміну відстані до перешкод та підвищує безпеку процесу паркування.

Розроблений алгоритм роботи КІС забезпечує узгоджену взаємодію сенсорного, обчислювального та виконавчих блоків, що дозволяє реалізувати ефективне виявлення перешкод і своєчасне інформування користувача.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

3.1 Реалізація прототипу проєктованої системи

Реалізація КІС паркування ТЗ здійснювалася шляхом створення дослідного зразка (прототипу) у середовищі моделювання електронних пристроїв Tinkercad [26]. Дане середовище дозволяє виконувати віртуальне проєктування, монтаж та тестування мікроконтролерних систем без необхідності використання фізичних компонентів, що значно спрощує процес налагодження та перевірки працездатності системи.

У процесі розробки було сформовано макетну схему підключення основних функціональних елементів системи (рисунок 3.1), зокрема мікроконтролерного блоку, сенсорного модуля вимірювання відстані, блоку світлодіодної індикації, звукового сповіщувача та дисплейного модуля.

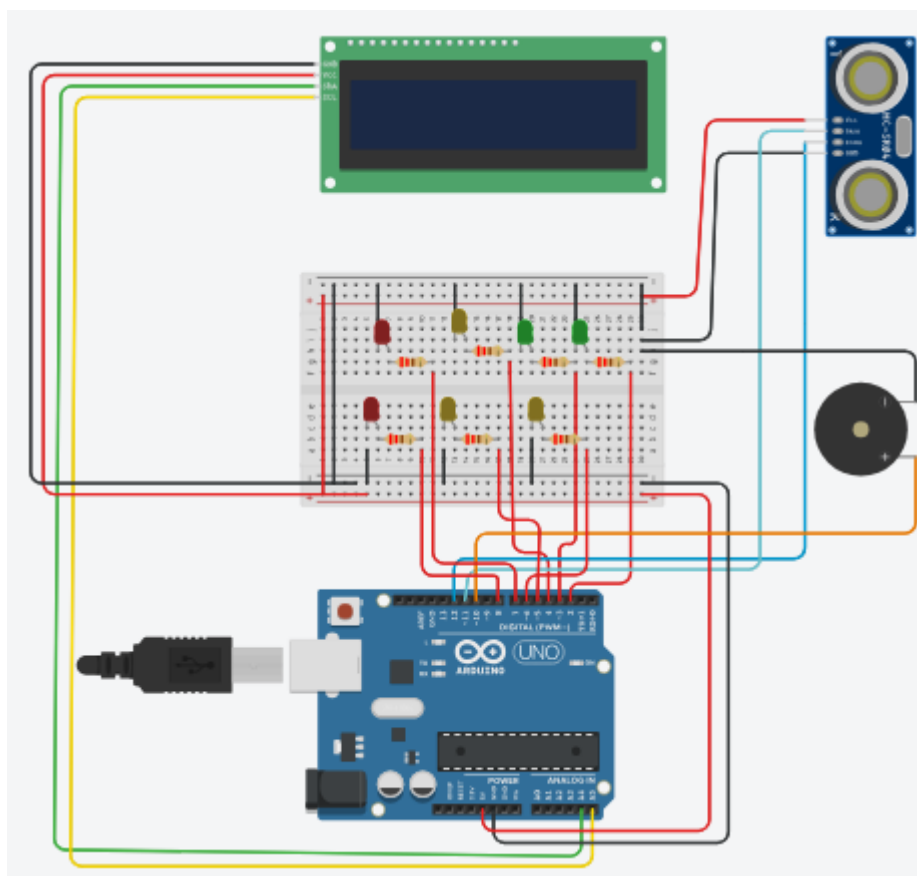


Рисунок 3.1 – Макетна схема прототипу КІС

Склад елементної бази дослідного зразка системи наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад та призначення компонентів

№	Найменування елемента	Позначення	Кількість	Примітка
1	Мікроконтролерна плата	Arduino UNO	1	Центральний блок
2	Ультразвуковий датчик	HC-SR04	1	Вимірювання відстані
3	РК-дисплей	LCD 16x2 (I2C)	1	Відображення
4	Світлодіод зелений	LED	2	Безпечна зона
5	Світлодіод жовтий	LED	3	Середня зона
6	Світлодіод червоний	LED	2	Критична зона
7	Резистори	220 Ω	7	Обмеження струму
8	Зумер	Buzzer	1	Звуковий сигнал
9	Макетна плата	Breadboard	1	Прототипування
10	З'єднувальні провідники	Jumper wires	—	Монтаж

Центральним елементом прототипу виступає МКП, до якої підключено всі периферійні пристрої відповідно до розробленої структурної схеми.

Підключення ультразвукового датчика відстані здійснено за допомогою чотирьох виводів: живлення (VCC), загальний провід (GND), сигнальний вхід запуску вимірювання (TRIG) та вихідний сигнал (ECHO). Сигнальні виводи датчика підключено до цифрових входів/виходів мікроконтролера, що забезпечує можливість формування імпульсів та вимірювання часу їх проходження.

Світлодіодна індикація реалізована за допомогою груп світлодіодів різних кольорів, які підключені до цифрових виходів мікроконтролера через обмежувальні резистори. Така організація дозволяє формувати дискретну шкалу індикації відстані до перешкоди відповідно до визначених зон: безпечної,

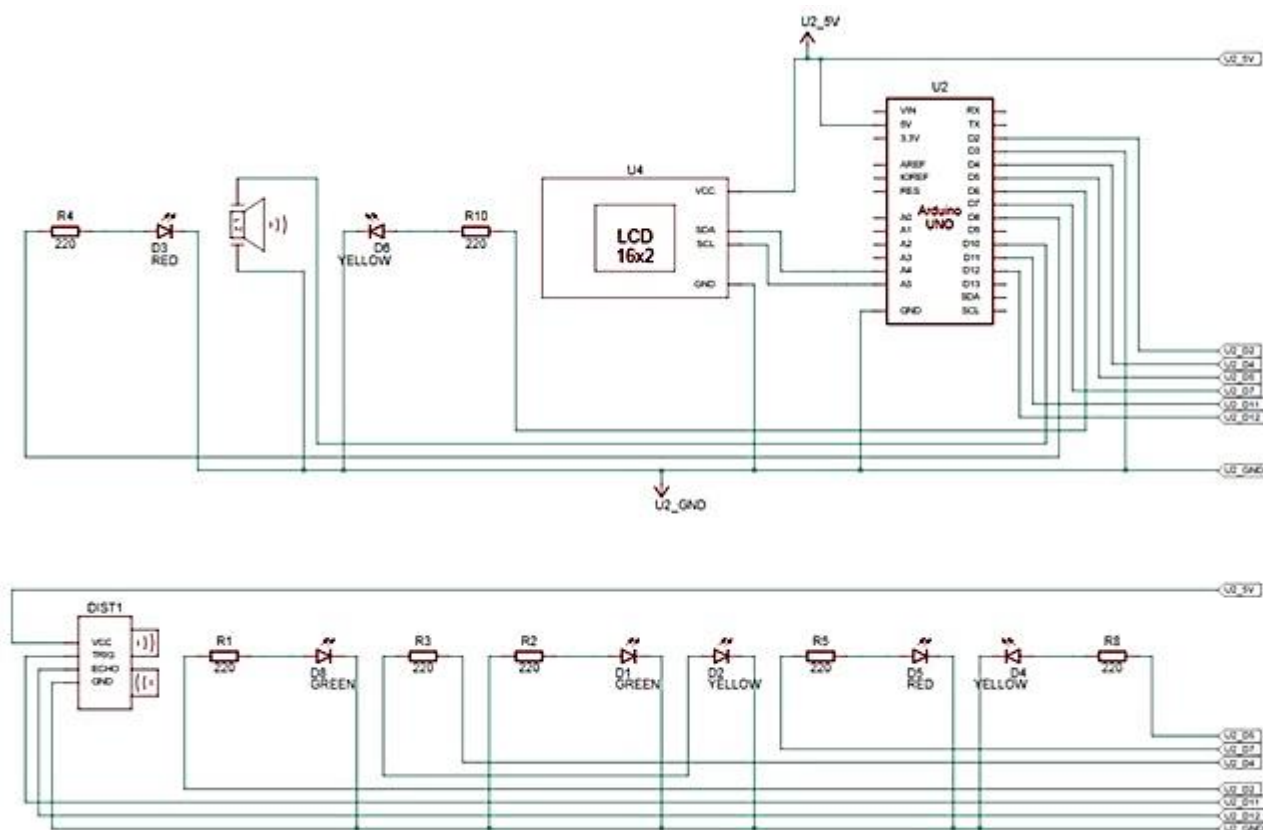
					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

попереджувальної та критичної.

Для формування звукового попередження використано звуковий випромінювач, підключений до одного з цифрових виходів мікроконтролера, що дозволяє програмно керувати частотою та інтенсивністю сигналу.

Відображення інформації реалізовано за допомогою рідкокристалічного дисплея, підключеного через інтерфейс I2C. Використання даного інтерфейсу дозволяє суттєво зменшити кількість задіяних виводів мікроконтролера та спростити схему підключення.

Сформована макетна схема підключення відображає фізичну реалізацію взаємозв'язків між елементами системи та відповідає принциповій логіці її функціонування. На основі макетної реалізації було побудовано електричну схему (рисунок 3.2), яка формалізує всі електричні з'єднання та може бути використана для подальшої апаратної реалізації пристрою.



більшу кількість (від 4 шт) сенсорних елементів, які підключаються аналогічним чином та обробляються за аналогічним алгоритмом. Таким чином, розроблений прототип дозволяє відтворити основні принципи роботи системи та підтвердити її працездатність.

3.2 Програмна реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи

Програмна реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи паркування автомобіля виконана у середовищі Arduino IDE із використанням мови програмування C/C++, що забезпечує ефективну взаємодію між мікроконтролерним блоком та периферійними пристроями.

Програмне забезпечення реалізує алгоритм роботи системи, який включає ініціалізацію апаратних ресурсів, циклічне вимірювання відстані до перешкоди, обробку отриманих даних та формування відповідних сигналів індикації і звукового оповіщення.

На початковому етапі виконання програми здійснюється оголошення та ініціалізація змінних, що відповідають за підключення елементів системи відповідно до розробленої макетної схеми.

Зокрема, у програмі визначено відповідність між виводами мікроконтролера та функціональними блоками:

```
const int G1 = 2;
const int G2 = 3;

const int Y1 = 4;
const int Y2 = 5;
const int Y3 = 6;

const int R1 = 7;
const int R2 = 8;

const int BUZZER = 10;
const int TRIG = 11;
const int ECHO = 12;
```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, реалізовано підключення світлодіодної індикації до цифрових виходів D2–D8, звукового сповіщувача до виводу D10, а ультразвукового датчика - до виводів D11 (TRIG) та D12 (ECHO). Рідкокристалічний дисплей підключено через інтерфейс I2C до виводів A4 (SDA) та A5 (SCL).

Для роботи з дисплеєм використано бібліотеки Wire та LiquidCrystal_I2C:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

У функції setup() здійснюється налаштування режимів роботи виводів мікроконтролера:

```
void setup() {
    pinMode(G1, OUTPUT);
    pinMode(G2, OUTPUT);
    pinMode(Y1, OUTPUT);
    pinMode(Y2, OUTPUT);
    pinMode(Y3, OUTPUT);
    pinMode(R1, OUTPUT);
    pinMode(R2, OUTPUT);

    pinMode(BUZZER, OUTPUT);
    pinMode(TRIG, OUTPUT);
    pinMode(ECHO, INPUT);

    lcd.init();
    lcd.backlight();
}
```

Вимірювання відстані до перешкоди здійснюється за допомогою ультразвукового датчика. Для цього формується короткий імпульс на виводі TRIG, після чого вимірюється тривалість сигналу на виводі ECHO.

Отримане значення часу використовується для обчислення відстані з урахуванням швидкості поширення звуку в повітрі.

Відповідний фрагмент програми має вигляд:

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

float getDistanceCm() {
    digitalWrite(TRIG, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(TRIG, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG, LOW);

    long duration = pulseIn(ECHO, HIGH, 30000);

    if (duration == 0) {
        return -1.0;
    }

    return duration * 0.0343 / 2.0;
}

```

У головному циклі програми (`loop()`) реалізовано безперервне вимірювання відстані та визначення зони наближення об'єкта.

```

void loop() {
    float distance = getDistanceCm();

    if (distance > SAFE_ZONE) {
        greenZone();
    }
    else if (distance > MED_ZONE) {
        yellowZone();
    }
    else {
        redZone();
    }
}

```

Для кожної зони передбачено окрему функцію керування світлодіодною індикацією:

```

void greenZone() {
    digitalWrite(G1, HIGH);
    digitalWrite(G2, HIGH);
}

```

Аналогічно реалізовано функції для жовтої та червоної зон.

Звуковий сигнал формується за допомогою зумера, підключеного до

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

цифрового виходу. Частота та інтенсивність сигналу змінюються залежно від відстані до перешкоди:

```
tone(BUZZER, 2000);  
delay(120);  
noTone(BUZZER);
```

Для критичної зони використовується більш висока частота та менший інтервал між сигналами, що забезпечує інтуїтивне сприйняття рівня небезпеки.

Виведення інформації про відстань та стан системи здійснюється за допомогою LCD-дисплея:

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Dist: ");  
lcd.print(distance, 1);  
lcd.print(" cm");
```

На другому рядку відображається текстова інформація про поточну зону:

```
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Zone: SAFE");
```

З метою уникнення мерехтіння дисплея очищення екрана виконується шляхом перезапису рядків, а не використання функції `lcd.clear()` у кожному циклі.

Таким чином, програмна реалізація системи (додаток А) має модульну структуру та включає:

- блок ініціалізації апаратних ресурсів;
- функцію вимірювання відстані;
- блок обробки даних;
- підсистему світлової індикації;
- підсистему звукового оповіщення;
- модуль відображення інформації.

Розроблене програмне рішення забезпечує узгоджену роботу всіх компонентів КІС та дозволяє реалізувати функції моніторингу відстані і своєчасного попередження користувача про наявність перешкод.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3.3 Тестування працездатності системи

Для перевірки працездатності прототипу проєктованої КІС було розроблено тестову програму, яка на початковому етапі реалізує процедуру тестування всіх основних компонентів КІС:

- дисплея,
- світлодіодної індикації,
- звукового сповіщувача
- ультразвукового датчика відстані.

Поетапна діагностика основних функціональних вузлів дозволяє перевірити їх працездатність перед переходом у робочий режим.

Після запуску системи на дисплеї відображається стартове повідомлення, яке інформує користувача про ініціалізацію прототипу (рисунок 3.3).

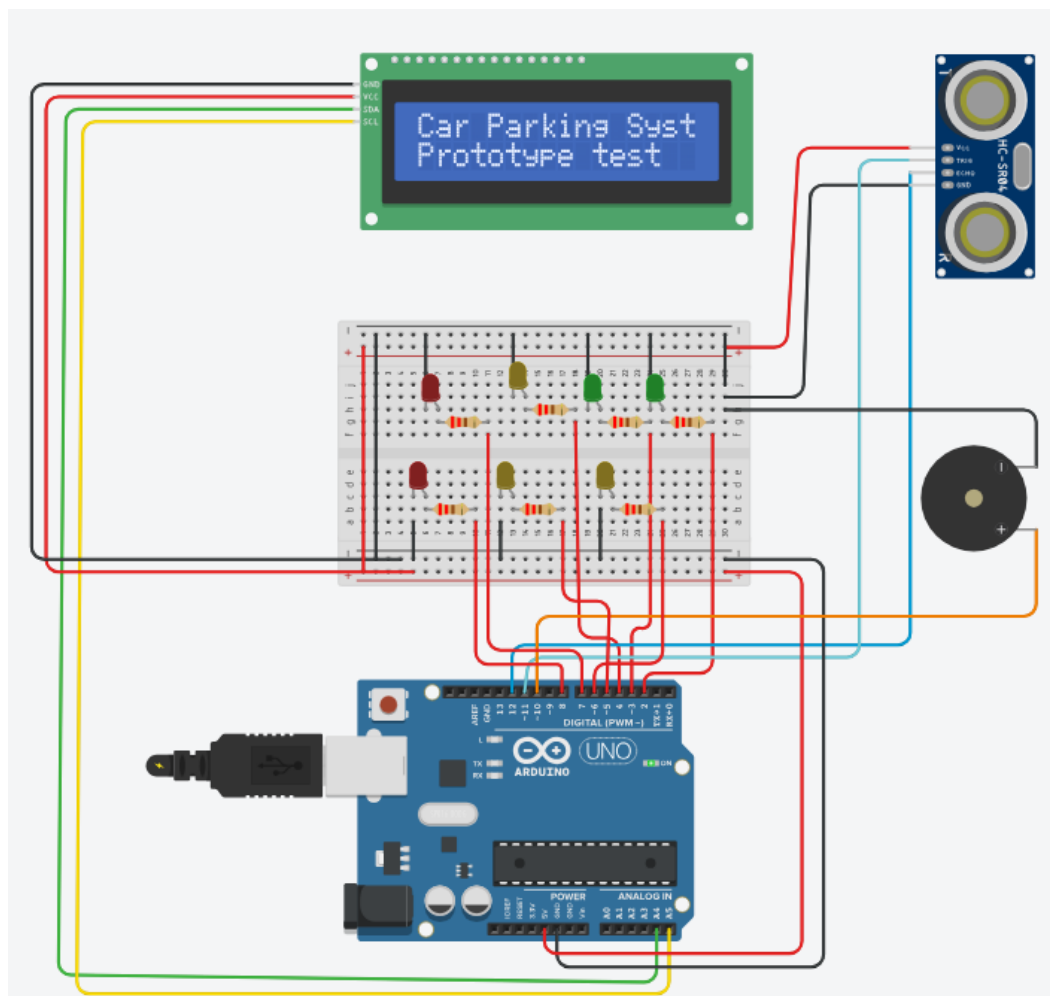


Рисунок 3.3 – Початкове повідомлення після запуску системи

Даний етап підтверджує коректність підключення та роботи дисплейного модуля, а також успішне виконання початкової ініціалізації мікроконтролера.

Після завершення ініціалізації система переходить до тестування світлодіодної індикації (рисунок 3.4).

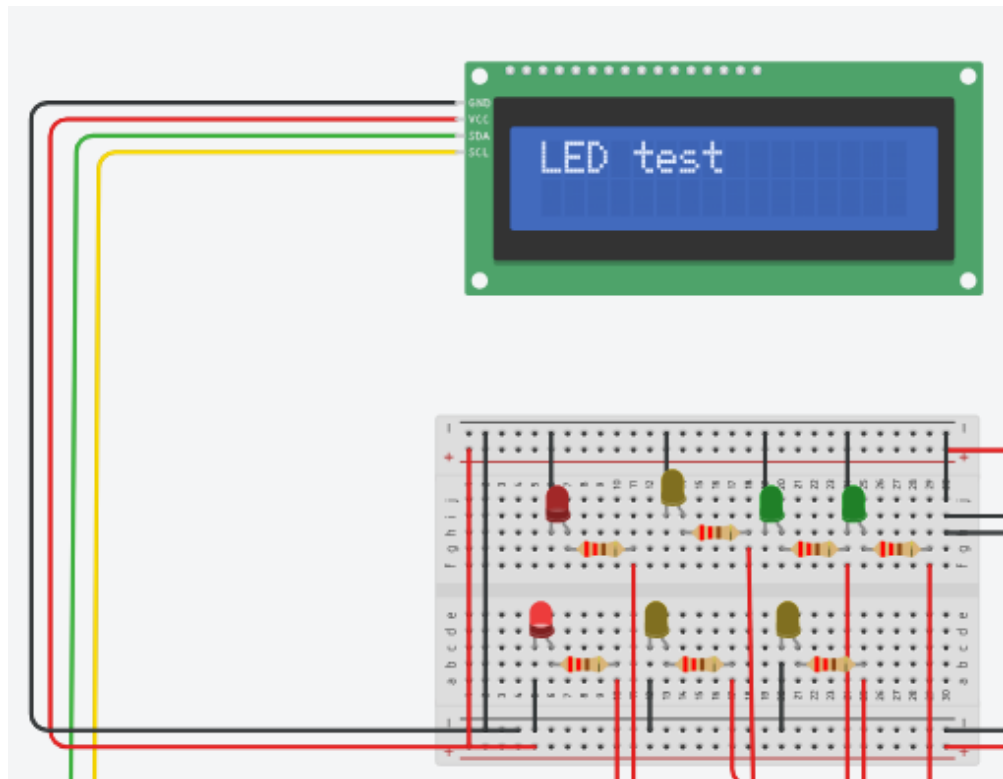


Рисунок 3.4 – Тестування блоку індикації

У цьому режимі кожен світлодіод активується по черзі, що дозволяє перевірити правильність їх підключення до відповідних цифрових виходів мікроконтролера та оцінити працездатність індикаторів різних зон.

Наступним етапом є перевірка звукового сповіщувача (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Тестування сповіщувача

У цьому режимі генерується короткочасний звуковий сигнал різної частоти, що підтверджує справність зумера та можливість керування ним

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

програмними засобами.

На завершальному етапі тестування здійснюється перевірка сенсорного модуля (рисунок 3.6).

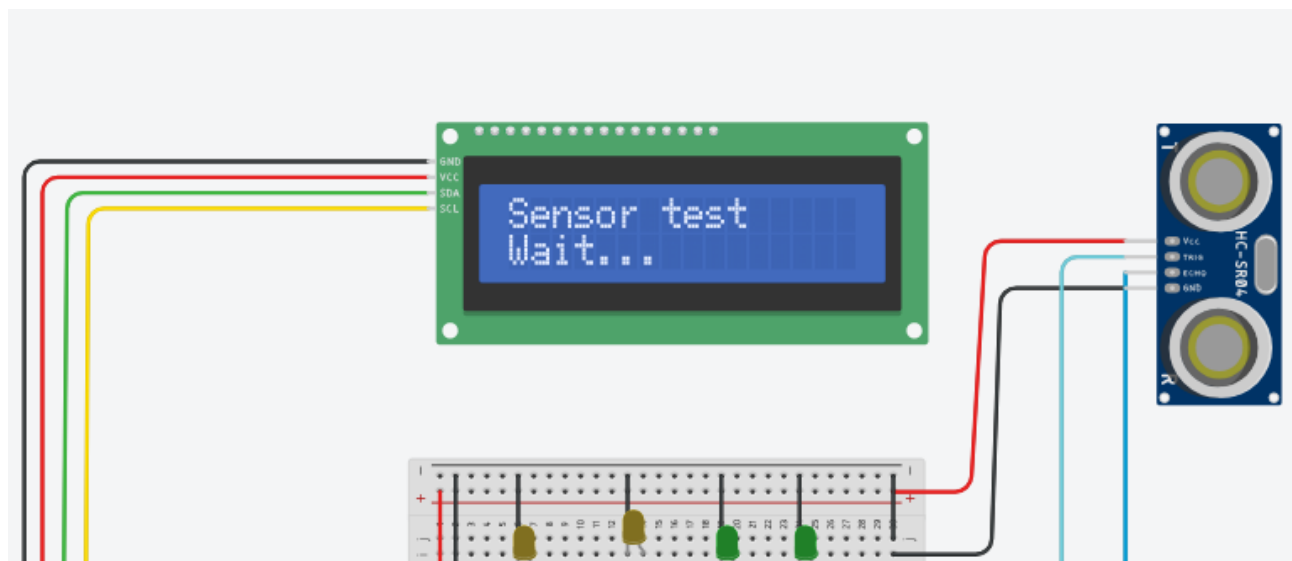


Рисунок 3.6 – Тестування сенсорного модуля

На дисплеї відображається повідомлення про початок вимірювання, після чого виконується зчитування даних з ультразвукового датчика. Це дозволяє переконатися у коректності формування імпульсів запуску, прийому сигналу та обчислення відстані до об'єкта.

Реалізована процедура тестування забезпечує поетапну перевірку всіх функціональних вузлів системи, що дозволяє виявити можливі помилки підключення або програмної реалізації ще до переходу системи у штатний режим роботи, що підвищує надійність функціонування розробленого прототипу.

3.4 Дослідження режимів роботи системи

Далі система переходить у робочий режим безперервного вимірювання відстані до перешкоди (рисунок 3.7). Отримане значення виводиться на дисплей і використовується для формування світлового та звукового попередження відповідно до визначеної зони наближення.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

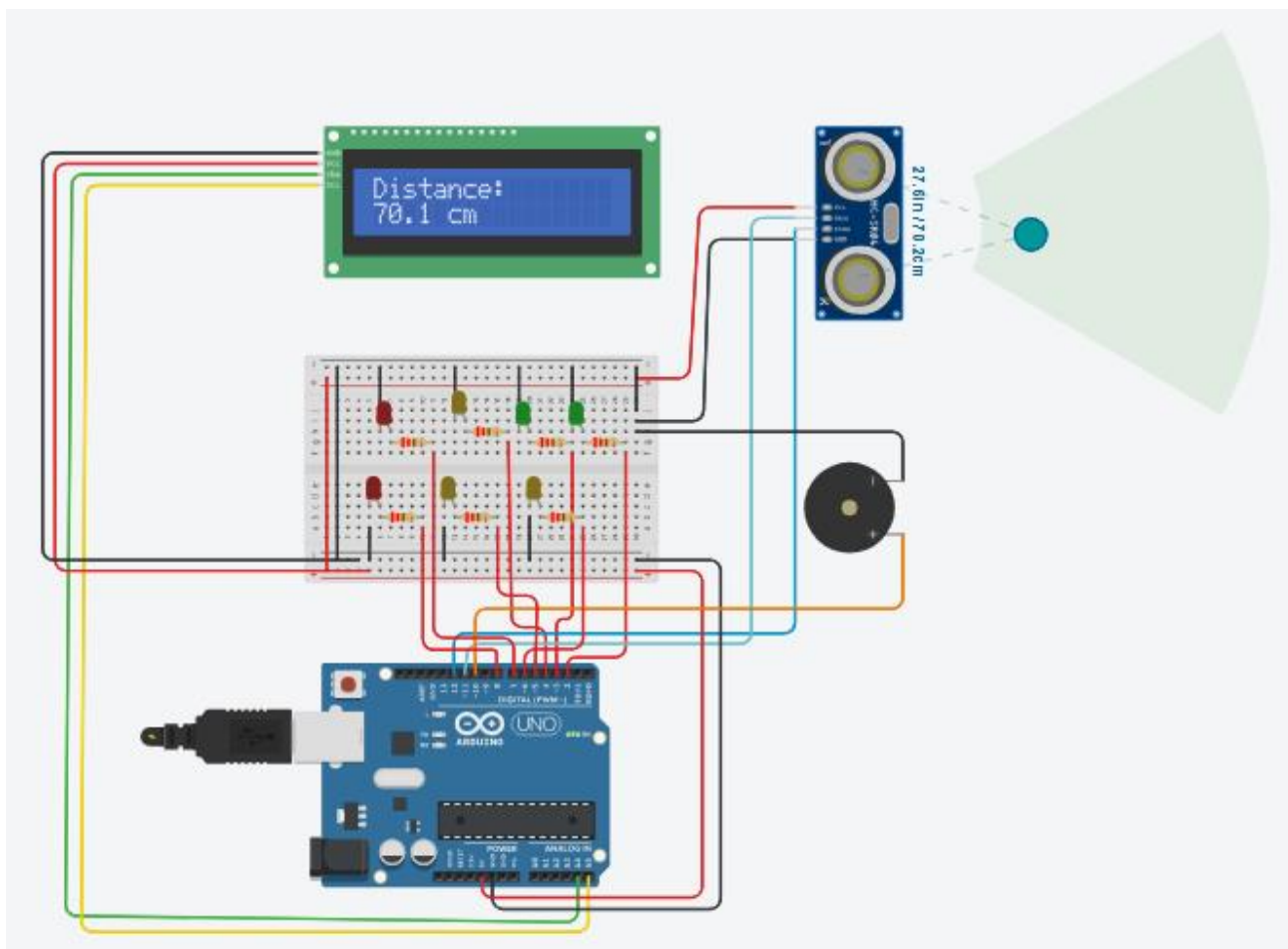


Рисунок 3.7 – Проектована система в робочому режимі

У процесі виконання роботи було проведено тестування дослідного зразка комп'ютерно-інтегрованої системи паркування з метою перевірки коректності функціонування всіх її основних режимів. Дослідження здійснювалося шляхом моделювання різних відстаней до перешкоди та аналізу реакції системи у вигляді світлової, звукової індикації та відображення інформації на дисплеї.

У ході тестування було розглянуто декілька характерних режимів роботи системи, що відповідають різним зонам наближення об'єкта.

Як показано на рисунку 3.8, при значній відстані до перешкоди (близько 50 см) система ідентифікує безпечну зону.

На дисплеї відображається поточне значення відстані та повідомлення про безпечний режим («SAFE»). При цьому активуються зелені світлодіоди, а звуковий сигнал відсутній, що відповідає нормальному режиму експлуатації.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

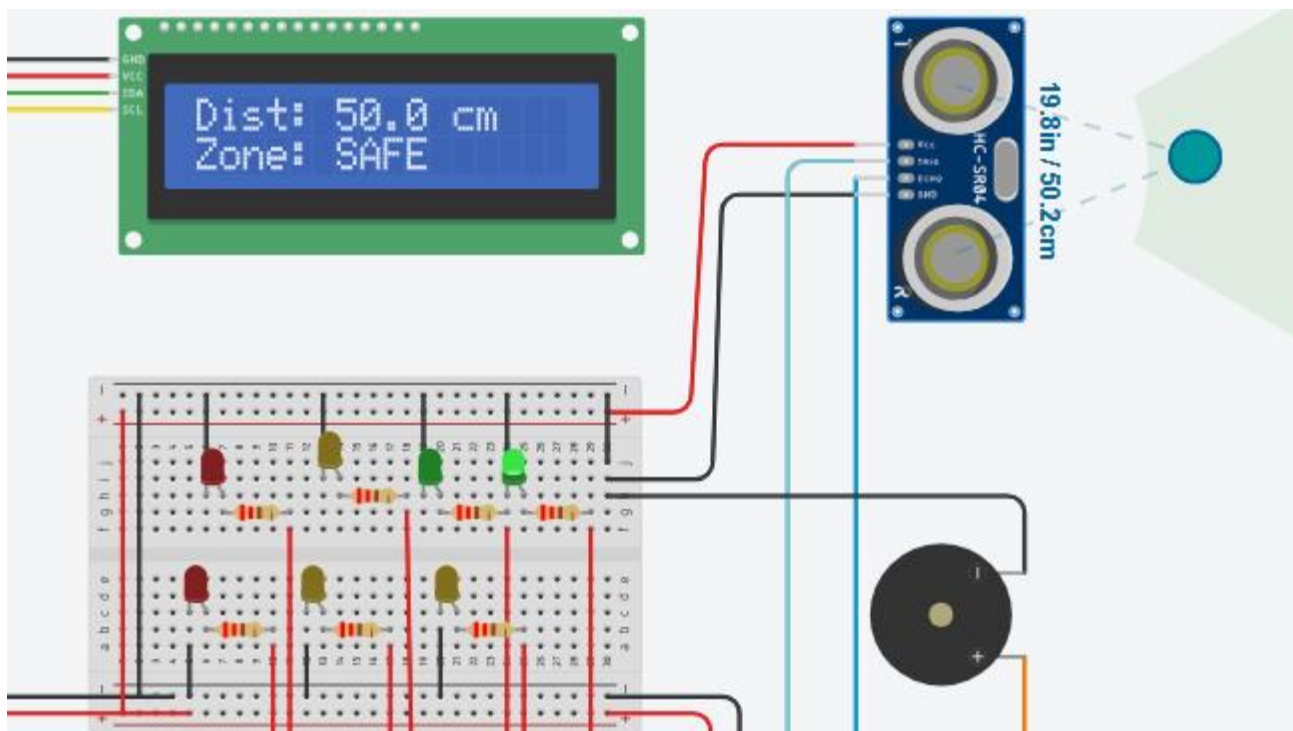


Рисунок 3.8 – Приклад роботи системи в безпечному режимі

На рисунку 3.9 представлено випадок, коли перешкода знаходиться на великій відстані (понад 300 см) або відсутній у зоні дії датчика. У цьому режимі система також перебуває у безпечному стані, що підтверджується індикацією «SAFE». Це свідчить про коректну обробку граничних значень та стабільність вимірювань.

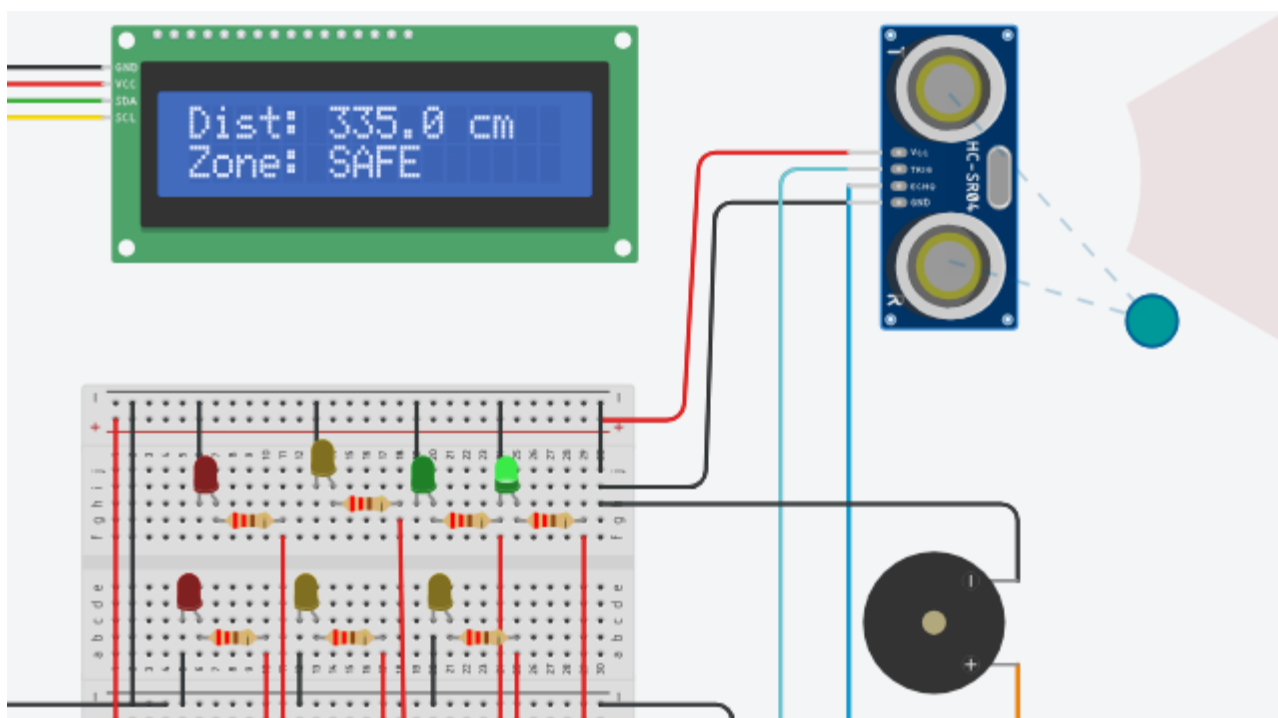


Рисунок 3.9 –Робота системи без перешкоди в зоні контролю датчика

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

На рисунку 3.10 наведено приклад роботи системи при середній відстані до перешкоди (приблизно 30 см).

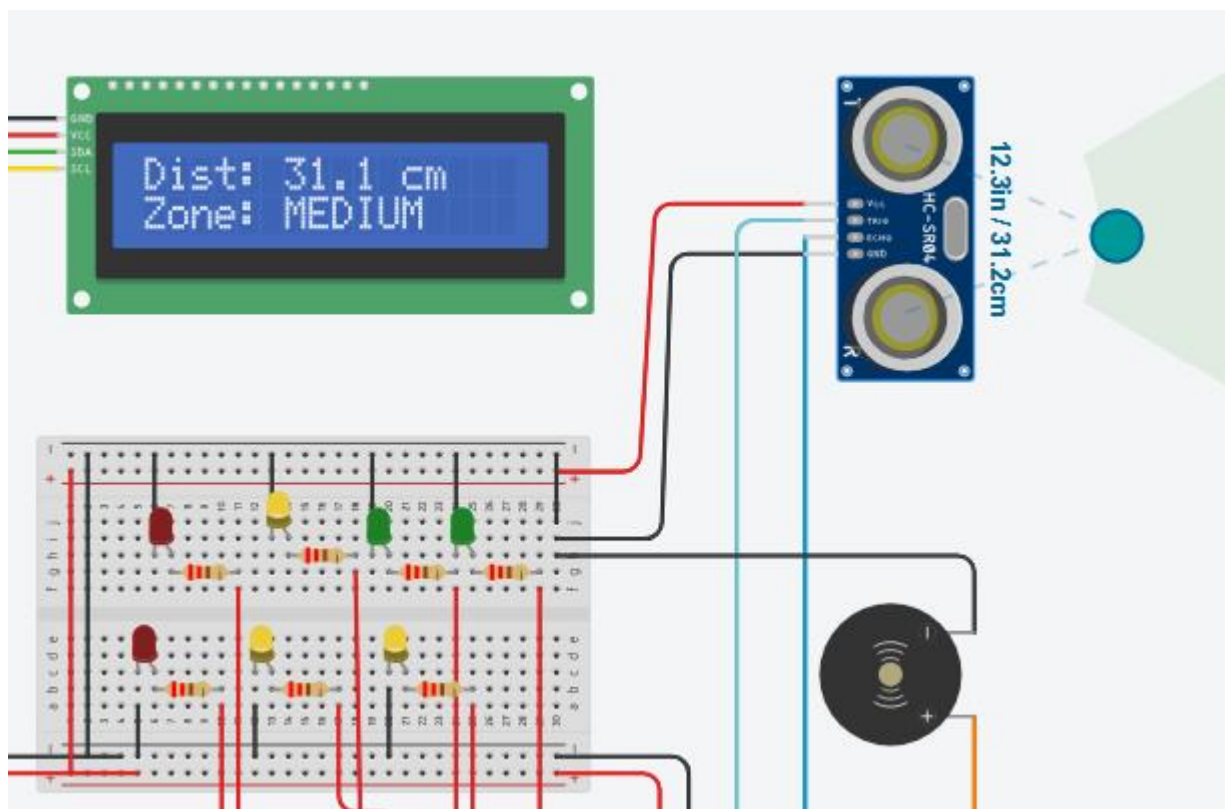


Рисунок 3.10 – Робота системи в режимі попередження

У цьому випадку система переходить у попереджувальний режим («MEDIUM»). Активуються жовті світлодіоди, а також генерується переривчастий звуковий сигнал, який сигналізує про необхідність підвищеної уваги під час маневрування. Частота звукового сигналу у даному режимі є середньою (приблизно 1,5–2 кГц), а інтервали між імпульсами є відносно тривалими, що забезпечує помірний рівень інтенсивності оповіщення без створення надмірного акустичного навантаження.

У міру зменшення відстані до перешкоди частота повторення звукових імпульсів зростає, а паузи між ними скорочуються. У критичному режимі сигнал стає значно частішим і може сприйматися як майже безперервний, що підсилює увагу користувача та інформує про небезпечне наближення. Таким чином, інтенсивність звукового сигналу змінюється пропорційно до відстані, що забезпечує інтуїтивно зрозумілу градацію рівня небезпеки.

В таблиці 3.2 наведено залежність режиму роботи системи від відстані до

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

перешкоди та параметрів звукової сигналізації та світлової індикації.

Таблиця 3.2 - Залежність режиму роботи системи від відстані до перешкоди

№	Відстань до перешкоди	Режим роботи	Світлова індикація	Частота звукового сигналу, Гц	Характер сигналу
1	> 50 см	Безпечний (SAFE)	Зелені світлодіоди	Відсутній	Звуковий сигнал відсутній
2	25 – 50 см	Попереджувальний (MEDIUM)	Жовті світлодіоди	1500–2000	Переривчастий, середня частота
3	10 – 25 см	Небезпечний (DANGER)	Червоні світлодіоди	2500–3000	Частий переривчастий сигнал
4	< 10 см	Критичний (CRITICAL)	Червоні світлодіоди	≈3000 і вище	Майже безперервний сигнал

Як видно з таблиці, інтенсивність звукового сигналу зростає зі зменшенням відстані до перешкоди. Це досягається шляхом підвищення частоти сигналу та зменшення інтервалів між імпульсами, що забезпечує інтуїтивне сприйняття рівня небезпеки користувачем.

Частота звукового сигналу задається за допомогою функції `tone()`, а його інтенсивність регулюється шляхом зміни тривалості пауз між імпульсами за допомогою функції `delay()`:

- при великій відстані сигнал відсутній;
- при середній - формується рідкісний переривчастий сигнал;
- при наближенні до перешкоди сигнал стає частішим і більш

інтенсивним.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Як показано на рисунку 3.11, при малих значеннях відстані (близько 10–15 см) система переходить у критичний режим («DANGER»).

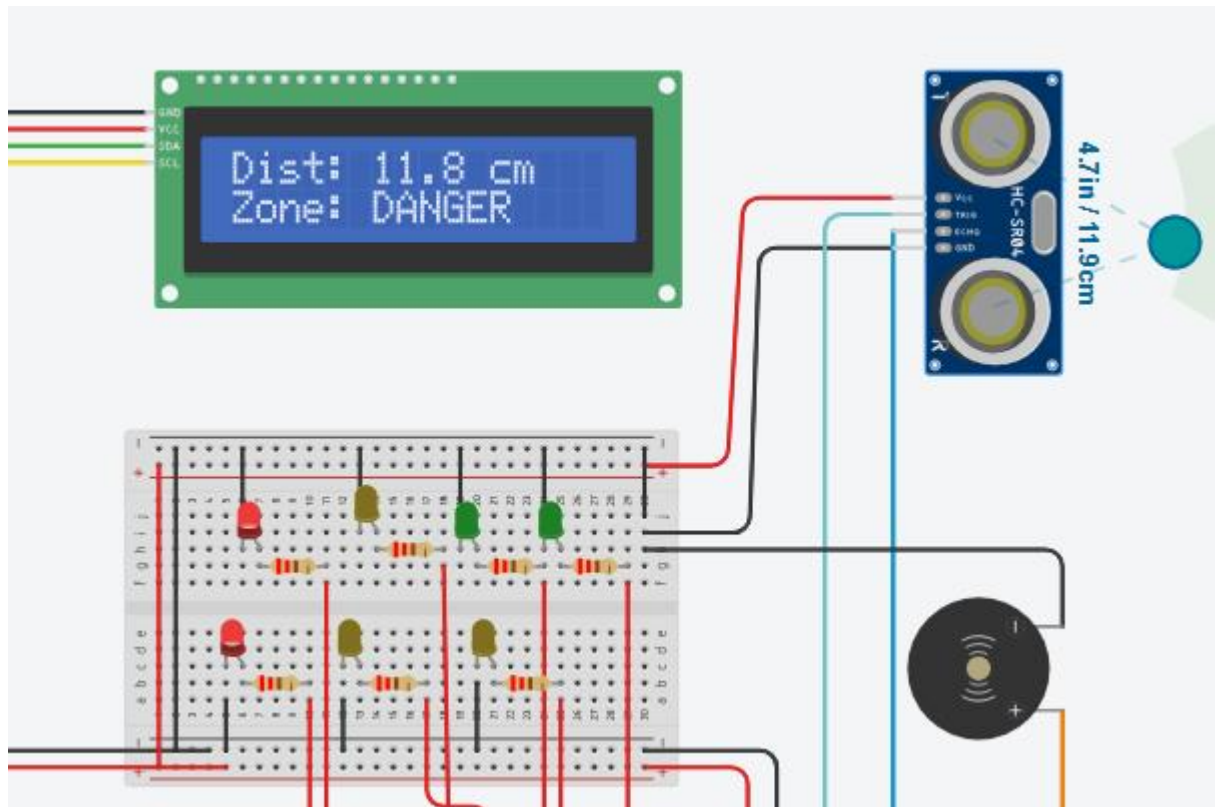


Рисунок 3.11 - Робота системи у режимі виявлення перешкоди

У цьому режимі активуються червоні світлодіоди та формується інтенсивний звуковий сигнал з мінімальними паузами, що попереджає користувача про небезпечне наближення до перешкоди.

У результаті проведеного тестування встановлено, що розроблений прототип КІС паркування ТЗ коректно функціонує у всіх передбачених режимах. Система адекватно реагує на зміну відстані до об'єкта, забезпечуючи своєчасне інформування користувача за допомогою світлової та звукової індикації, а також відображення числового значення відстані на дисплеї.

Отримані результати підтверджують працездатність розробленого програмно-апаратного рішення та можливість його подальшого використання у реальних системах допомоги при паркуванні. Таблиця 3.3 містить результати отримані в результаті тестування прототипу КІС паркування автомобіля.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

Таблиця 3.3 - Результати тестування комп'ютерно-інтегрованої системи паркування

№	Параметр оцінювання	Метод оцінювання	Отримане значення
1	Час відгуку системи	Вимір часу між зміною відстані та оновленням індикації	0,2–0,3 с
2	Частота оновлення даних	Визначення періоду циклу вимірювання	~3–5 Гц
3	Затримка обробки сигналу	Оцінка затримки між вимірюванням і відображенням	≤ 100 мс
4	Точність вимірювання відстані	Порівняння показів з реальними значеннями	$\pm 1\text{--}2$ см
5	Діапазон вимірювання	Визначення мінімальної та максимальної відстані	2–400 см
6	Стабільність вимірювань	Аналіз коливань показів при сталому положенні об'єкта	± 1 см
7	Надійність роботи системи	Тривале тестування без збоїв	≥ 99 %
8	Коректність зон індикації	Перевірка переходів між зонами	0,1–0,2 с (час перемикання)
9	Швидкодія індикації	Візуальна оцінка реакції LED і дисплея	$\leq 0,1$ с
10	Робота звукового сигналу	Перевірка залежності частоти сигналу від відстані	0,1–0,3 с (період імпульсів)
11	Стійкість до перешкод	Моделювання незначних коливань сигналу	Незначні відхилення $\leq 1\text{--}3$ см
12	Зручність сприйняття інформації	Експертна оцінка	Висока

Аналіз результатів тестування показав, що розроблена КІС паркування ТЗ забезпечує достатню швидкодію та ефективність функціонування в реальному часі. Час відгуку системи становить дозволяє оперативно реагувати на зміну відстані до перешкоди, а затримка обробки сигналу не перевищує 0,1 с.

Отримана точність вимірювання відповідає технічним характеристикам ультразвукового датчика і є високою для даного класу задач. Система демонструє стабільну роботу без збоїв протягом тривалого часу, що підтверджує її надійність. Перехід між зонами індикації відбувається швидко та коректно, а світлова і звукова сигналізація забезпечує своєчасне інформування користувача.

Загалом, результати дослідження підтверджують, що розроблений прототип має необхідні функціональні характеристики та може бути використаний як основа для подальшої реалізації реальної системи допомоги при паркуванні автомобіля.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання розробки КІС паркування ТЗ, яка забезпечує визначення відстані до перешкод та своєчасне інформування водія про потенційно небезпечні ситуації.

У першому розділі роботи проведено аналіз існуючих систем допомоги при паркуванні, розглянуто їх класифікацію, принципи функціонування та елементну базу. Встановлено, що сучасні системи базуються на використанні сенсорних технологій, зокрема ультразвукових датчиків, та реалізують комбіновану індикацію інформації для підвищення безпеки руху.

У другому розділі сформульовано вимоги до проєктованої КІС, розроблено її структурну схему та обґрунтовано вибір елементної бази. Розроблено алгоритм роботи системи, який забезпечує обробку вимірювальних сигналів у реальному часі та формування світлової і звукової індикації відповідно до відстані до перешкоди.

У третьому розділі реалізовано дослідний зразок системи у середовищі моделювання, виконано програмну реалізацію алгоритму та проведено комплексне тестування. У ході експериментальних досліджень підтверджено працездатність системи, її здатність коректно визначати відстань до об'єктів, забезпечувати стабільну роботу в різних режимах та формувати інформативні сигнали для користувача.

За результатами тестування встановлено, що система характеризується достатньою швидкістю, точністю вимірювань ($\pm 1-2$ см), малим часом відгуку (0.2–0.3 с) та високою надійністю. Реалізована індикація забезпечує інтуїтивно зрозуміле сприйняття інформації, що є важливим фактором при використанні систем допомоги водію.

Розроблена КІС паркування автомобіля може бути використана як основа для створення реальних пристроїв допомоги при паркуванні транспортних засобів та має потенціал для подальшого вдосконалення шляхом розширення функціональних можливостей і інтеграції з іншими системами автомобіля.

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як вибрати парктронік для автомобіля? Функції, можливості та виробники. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://aas.com.ua/ua/ja-vibrati-parktronik.html>.

2. Парктронік - як це працює? [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://130.com.ua/uk/parktronik-kak-jeto-rabotaet>

3. Переваги та принцип роботи парктроніка – як обрати модель за кількістю датчиків. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://aas.com.ua/ua/perevagi-ta-printsip-roboti-parktronika-jak-obrati-model-za-kilkistju-datchikiv.html>

4. Як підключити парктронік до машини? [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://atl.ua/ua/blog/polezno-znat/ustanovkaparktronika-887?srsId=AfmBOooFgW_WkB-U3cASL4l9BUV53p4kne28n2aCE_QOcnvssUWniyqk

5. Що таке парктронік? [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://chayka-school.com.ua/news/shho-take-parktronik/>

6. Принцип роботи парктроніків та їх види. Способи встановлення. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.forter.com.ua/princip-roboti-parktronikiv-ta-yih-vidi-sposobi-vstanovlennya/>

7. Парктронік в машині та як його вибрати. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://inzet.com.ua/ua/a478519-parktronik-mashine-kak.html>

8. Як встановити парктронік на авто. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.firstplace.com.ua/uk/2024/11/09/iak-pravylnovstanovyty-parktroniky-kerivnytstvo-dlia-avtoliubyteliv/>

9. Парктронік: як він працює та допомагає під час паркування. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.arma-motors.ua/uk/news/parktronik-jak-vin-pratsjuje-ta-dopomagaє-pid-chas-parkuvannja>

10. Як працюють парктроніки і для чого вони потрібні? [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://sensor.in.ua/ua/a457238-kak-rabotayut-parktroniki.html?srsId=AfmBOor1q8it2S5FI4kPawYIn87lpiyl4428MojB-m9ZRRb1amHAWe1R>

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

11. Що таке парктронік? [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://atl.ua/ua/blog/polezno-znat/chtotakoyeparktronik-625>
12. Підбираємо паркувальний радар – електромагнітний чи ультразвуковий? [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://130.com.ua/uk/ultrazvuk-elektromagnit-parktronik/?srsltid=AfmBOorfgIDZxJjXtygnNRSgYo9uJbLaakCVOUBF7MrcXuVq8g_Voft
13. Паркувальний радар: ультразвуковий чи електромагнітний? [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://www.forter.com.ua/index.php?route=blog/blog&blog_id=640
14. Що таке відеопарктронік і як він працює? [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://130.com.ua/uk/hto-takoe-videoparktronik-i-kak-on-rabotaet/?srsltid=AfmBOordgPK1u1_uRrjl9q9fx9a3CphnehbWuWQKney5v4BbRKGh65Yq
15. Система відеопаркування. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://drossel.ua/ua/catalog/system-video-parking/index.html>
16. Parking assistant Steelmate PTS410M7. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.tssgroup.eu/parking-assistant-steelmate-pts410m7>
17. Parking assist / reverse sensors. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://steelmatelatam.com/en/parking-sensor/>
18. Rear View Camera. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.ovt.com/applications/automotive/viewing-applications/rear-view-camera/>
19. Overview camera heads. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/camera/camera-heads/>
20. Visualization and parking functions. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.bosch-engineering.com/services/mobility-solutions/adas/visualisierung-und-parkfunktionen/>
21. Плата Arduino UNO R3 (ATmega328P). [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://arduino kit.com.ua/ua/p2443129646-plata-arduino-uno.html?srsltid=AfmBOoo5mxAjG4nt8ieO8KAK3TL6CpejMSodJooiWXVm5e6-Ot4Wj3eu>

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

22. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://beegreen.com.ua/ultrazvukovij-datchik-hc-sr04-arduino-avr-pic-10080>

23. Все про РК -дисплей 16x2. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://ua.allelcoelec.com/blog/Everything-About-LCD-16X2.html>

24. Світлодіод 3 мм. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://1wire.com.ua/svetodiod-3-mm.html>

25. Звукові випромінювачі. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://1wire.com.ua/shop/komponenti/zvukovie-izluchateli/>

26. Середовище моделювання електронних пристроїв Tinkercad. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.tinkercad.com/things/4IcFQ5qvr3B-amazing-blad-turing/editel>

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

Програмна реалізація КІС

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// ===== LCD =====
// Якщо не запрацює, зміни 0x27 на 0x3F
LiquidCrystal_I2C lcd(0x20, 16, 2);

// ===== ПІНИ СИСТЕМИ =====
// Зелені світлодіоди
const int G1 = 2;
const int G2 = 3;

// Жовті світлодіоди
const int Y1 = 4;
const int Y2 = 5;
const int Y3 = 6;

// Червоні світлодіоди
const int R1 = 7;
const int R2 = 8;

// Зумер
const int BUZZER = 10;

// Ультразвуковий датчик
const int TRIG = 11;
const int ECHO = 12;

// ===== ПОРОГИ ЗОН, см =====
const float SAFE_ZONE = 50.0; // далеко -> зелена зона
const float MED_ZONE = 25.0; // середня -> жовта зона
// <= 25 см -> червона зона

// ===== ДОПОМІЖНІ МАСИВИ =====
const int allLeds[] = {G1, G2, Y1, Y2, Y3, R1, R2};
const int ledCount = sizeof(allLeds) / sizeof(allLeds[0]);

// -----
// Ініціалізація
// -----
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(G1, OUTPUT);
  pinMode(G2, OUTPUT);

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55


```

pinMode(Y1, OUTPUT);
pinMode(Y2, OUTPUT);
pinMode(Y3, OUTPUT);

pinMode(R1, OUTPUT);
pinMode(R2, OUTPUT);

pinMode(BUZZER, OUTPUT);

pinMode(TRIG, OUTPUT);
pinMode(ECHO, INPUT);

offAll();
noTone(BUZZER);

lcd.init();
lcd.backlight();

startupScreen();
testLeds();
testBuzzer();
testSensorDisplay();

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("System ready");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Monitoring...");
delay(1200);
}

// -----
// Основний цикл
// -----
void loop() {
    float distance = getDistanceCm();

    Serial.print("Distance: ");
    if (distance < 0) {
        Serial.println("ERROR");
    } else {
        Serial.print(distance, 1);
        Serial.println(" cm");
    }

    updateSystem(distance);

    delay(200);
}

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

```

// -----
// Екран запуску
// -----
void startupScreen() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Car Parking System");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Prototype test");
    delay(1500);
}

// -----
// Тест світлодіодів
// -----
void testLeds() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("LED test");

    for (int i = 0; i < ledCount; i++) {
        offAll();
        digitalWrite(allLeds[i], HIGH);
        delay(250);
    }

    // тест по зонах
    offAll();
    greenZone();
    delay(400);

    offAll();
    yellowZone();
    delay(400);

    offAll();
    redZone();
    delay(400);

    offAll();
}

// -----
// Тест зумера
// -----
void testBuzzer() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Buzzer test");

    tone(BUZZER, 1800);
    delay(150);
    noTone(BUZZER);
}

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

delay(150);

tone(BUZZER, 2400);
delay(150);
noTone(BUZZER);
delay(150);

tone(BUZZER, 3000);
delay(150);
noTone(BUZZER);
delay(300);
}

// -----
// Тест датчика і дисплея
// -----
void testSensorDisplay() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Sensor test");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Wait...");
    delay(800);

    float d = getDistanceCm();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Distance:");

    lcd.setCursor(0, 1);
    if (d < 0) {
        lcd.print("No echo");
    } else {
        lcd.print(d, 1);
        lcd.print(" cm");
    }

    delay(1200);
}

// -----
// Основна логіка парктроніка
// -----
void updateSystem(float distance) {
    offAll();
    noTone(BUZZER);

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Dist:      ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Zone:      ");

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

if (distance < 0 || distance > 400) {
    lcd.setCursor(6, 0);
    lcd.print("Error");
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print("No echo");
    return;
}

lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print(distance, 1);
lcd.print(" cm");

if (distance > SAFE_ZONE) {
    greenZone();
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print("SAFE ");
    // у безпечній зоні сигнал відсутній
}
else if (distance > MED_ZONE) {
    yellowZone();
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print("MEDIUM ");

    tone(BUZZER, 2000);
    delay(120);
    noTone(BUZZER);
}
else {
    redZone();
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print("DANGER ");

    tone(BUZZER, 3000);
    delay(100);
    noTone(BUZZER);
}
}

// -----
// Вимірювання відстані
// -----
float getDistanceCm() {
    digitalWrite(TRIG, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(TRIG, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG, LOW);

    long duration = pulseIn(ECHO, HIGH, 30000);

    if (duration == 0) {
        return -1.0;
    }
}

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

    }

    return duration * 0.0343 / 2.0;
}

// -----
// Зони індикації
// -----
void greenZone() {
    digitalWrite(G1, HIGH);
    digitalWrite(G2, HIGH);
}

void yellowZone() {
    digitalWrite(Y1, HIGH);
    digitalWrite(Y2, HIGH);
    digitalWrite(Y3, HIGH);
}

void redZone() {
    digitalWrite(R1, HIGH);
    digitalWrite(R2, HIGH);
}

// -----
// Вимкнення всіх LED
// -----
void offAll() {
    for (int i = 0; i < ledCount; i++) {
        digitalWrite(allLeds[i], LOW);
    }
}

```

					ДП.АКІТ. 10659484.00.00.000ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		