

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

**Приладобудівний факультет  
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи  
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»**

**на тему: «Парктронік»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-01  
Брайловський Роман Дмитрович \_\_\_\_\_

Керівник:

доцент, к.т.н.  
Богдан Галина Анатоліївна \_\_\_\_\_

Рецензент:

асистент, к.т.н.  
Івасенко Віталій Михайлович \_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Київ – 2024 року**

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП 91.12. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	51	
2	A1	ДП 91.12. 01.001 E1	Схема структурна	1	
3	A1	ДП 91.12. 02.002 E2	Схема функціональна	1	
4	A1	ДП 91.12. 03.003	Схема ілюстративна	1	
5	A1	ДП 91.12. 04.004	Схема акустичного тракту	1	
6	A1	ДП 91.12. 05.005	Алгоритм	1	

				<b>ДП ПК01.210302.000</b>		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробник	Брайловський Р.Д.			Лист	Листів	
Керівник	Богдан Г.А.			1	1	
Консульт.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-01		
Н/контр.						
Зав. каф.	Киричук Ю.В.					
<b>Відомість дипломного проекту</b>						

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему: «Парктронік»**

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій КИРИЧУК**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Брайловський Роман. Дмитрович**

1. Тема роботи «Парктронік», керівник роботи Богдан Галина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. №2121-с

2. Термін подання студентом проєкту

3. Вихідні дані до проєкту: парктронік.

4. Зміст пояснювальної записки

Вступ

1.

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) 3 креслиників 2 плакати

1 – Схема електрична структурна

2 – Схема електрична функціональна

3 – Схема ілюстративна

4 – Структура акустичного тракту

5 - Алгоритм

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формулювання завдання проекту	12.02.2024	
2	Проведення аналітичного огляду	18.05.2024	
3	Проведення розрахунків	21.05.2024	
4	Розробка алгоритму роботи	28.05.2024	
5	Розробка креслеників	01.06.2024	

Студент

Роман Брайловський

Керівник

Галина БОГДАН

## Анотація

У цьому бакалаврському проекті розроблено систему парктроніка на основі ультразвукових датчиків, керовану мікроконтролером Arduino Uno, для полегшення паркування транспортних засобів. Основна особливість системи полягає у використанні доступних компонентів і можливості відображення результатів на LCD дисплеї та подачі звукових сигналів.

Перший розділ аналізує сучасні системи парктроніків, визначає їх переваги та недоліки, обґрунтовуючи вибір ультразвукової технології. Також розглянуто технічні характеристики існуючих систем і обґрунтовано вибір Arduino Uno як основного контролера.

У другому розділі проведено розрахунки параметрів системи. Описано методи обчислення коефіцієнтів і параметрів, необхідних для точної роботи ультразвукових датчиків. Наведено формули і приклади розрахунків, що підтверджують правильність вибору компонентів і алгоритмів.

Третій розділ присвячено структурній схемі системи, її компонентам та принципам взаємодії. Описано вибір компонентів, таких як ультразвукові датчики, світлодіоди, звуковий сигналізатор і LCD дисплей.

Четвертий розділ охоплює програмне забезпечення системи. Наведено аналіз і пояснення коду, що обробляє сигнали від датчиків, керує світлодіодами та звуковим сигналізатором. Описано алгоритми визначення відстані до перешкод і подачі сигналів водію.

Висновки оцінюють ефективність і надійність системи, а також можливості її подальшого розвитку.

Ключові слова: парктронік, ультразвукові датчики, Arduino Uno, система паркування, безпека водія.

## **Annotation**

In this bachelor's project, a parking sensor system based on ultrasonic sensors and controlled by an Arduino Uno microcontroller was developed to facilitate vehicle parking. The main feature of the system is the use of affordable components and the ability to display results on an LCD screen and provide audible signals.

The first section analyzes modern parking sensor systems, identifies their advantages and disadvantages, and justifies the choice of ultrasonic technology. The technical characteristics of existing systems are also considered, and the selection of Arduino Uno as the main controller is substantiated.

In the second section, the system parameters are calculated. The methods of calculating the coefficients and parameters necessary for the accurate operation of the ultrasonic sensors are described. Formulas and calculation examples are provided to confirm the correctness of the component and algorithm choices.

The third section is dedicated to the system's structural diagram, its components, and the principles of interaction. The selection of components, such as ultrasonic sensors, LEDs, sound beeper, and LCD display, is described.

The fourth section covers the system's software. An analysis and explanation of the code that processes signals from the sensors, controls the LEDs, and sound beeper is presented. The algorithms for determining the distance to obstacles and providing signals to the driver are explained.

The conclusions assess the system's efficiency and reliability, as well as the possibilities for its further development.

Keywords: parking sensor, ultrasonic sensors, Arduino Uno, parking system, driver safety.

## Зміст

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД АКТУАЛЬНИХ АСПЕКТІВ ТЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	10
1.1 Аналіз радарів для систем паркування автомобіля.....	10
1.1.1 Парктронік Pioneer ND-PS1 .....	11
1.1.2 Парктронік AMS A4191 .....	12
1.1.3 Парктронік Steelmate PTS410M22.....	13
1.1.4 Парктронік Steelmate SM PTS410M8 black .....	14
1.2 Огляд апаратної бази для розробки пристрою.....	15
1.2.1 Огляд та технічні показники плати Arduino Uno на базі ATmega328 .....	15
1.2.2 LCD дисплей MT-16S2H 28 .....	16
1.2.3 Ультразвуковий далекомір HC-SR04.....	18
1.2.4 Відтворювач звуку HPA17A .....	20
Висновки до 1 розділу .....	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК АКУСТИЧНОГО ТРАКТУ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПРИЛАДУ .....	22
2.1 Обґрунтування структури акустичного тракту.....	22
2.2 Акустичний тракт прямого ПЕП в ближній зоні: відбивач – донна поверхня .....	24
2.3 Розрахунок акустичного тракту парктроніка.....	27
Висновки до 2 розділу .....	31
РОЗДІЛ 3 ОБРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНО ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ... 33	33
3.1 Схематичний огляд плати Arduino UNO .....	33
3.2 Принципова електрична схема парктроніка .....	36
3.3 Висновки до 3 розділу .....	39
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПАРКТРОНІКА .....	40
4.1 Огляд та підключення бібліотек. ....	40
4.2 Програмна реалізація ультразвукового датчику.....	42
Висновки до 4 розділу .....	45
ВИСНОВКИ .....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	49

					<b>ПК01.210302.000ПЗ</b>		
Змн.	Ар	№ до	Підпис	Дата			
Розробив	Брайловський				<b>Парктронік</b>		
Перевір.ревів	Богдан Г.А.						
Реценз.					Літ.	Арк.	Акрушів
Н. Контр.					8		
Затверд.	Богдан Г.А.				<b>ПБФ, ПК-01</b>		



## ВСТУП

У сучасному світі, де автомобілі стають все більш необхідним елементом нашого щоденного життя, проблема паркування стає актуальнішою, ніж будь-коли раніше. Потік транспортних засобів на дорогах міст неперервно зростає, а інфраструктура паркування не завжди встигає за цим розвитком. У такому контексті виникає необхідність у нових технологіях, які допомагатимуть водіям ефективно та безпечно паркувати свої автомобілі.

Дипломний проєкт на тему "Парктронік на базі платформи Arduino з використанням ультразвукового датчика" спрямований на розробку системи паркування, яка буде відповідати сучасним вимогам ефективності та надійності. Використання платформи Arduino у поєднанні з ультразвуковим датчиком відкриває широкі можливості для створення компактних, економічних та функціональних систем паркування.

Мета даного проєкту - розробити та реалізувати прототип системи паркування на базі Arduino, яка буде здатна ефективно виявляти перешкоди та керувати рухом автомобіля в умовах обмеженого простору. Використання ультразвукового датчика дозволить системі точно визначати відстань до перешкод та надавати водію необхідну інформацію для безпечного паркування.

Через впровадження цієї інноваційної системи паркування очікується зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод та подій, пов'язаних із паркуванням, а також полегшення життя водіїв у міських умовах.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>9</b>

# РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД АКТУАЛЬНИХ АСПЕКТІВ ТЕМАТИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Аналіз радарів для систем паркування автомобіля

Парктронік - це технологічне рішення, яке стає все більш важливим у сучасному світі автомобільної індустрії. Переходячи через вулиці міст, неможливо не помітити, як швидко збільшується кількість транспортних засобів, які шукають місця для паркування. Ця проблема не тільки займає багато часу водіїв, але й призводить до заторів та небезпеки зіткнень на дорозі.

Давайте згадаємо, як колись ми намагалися паркувати автомобілі без будь-якої технологічної допомоги. Це було завданням, що часто викликало стрес і турботи, особливо у тісних і переповнених місцях. Проте з появою систем парктроніку, паркування стало значно менш страшним завданням. Сучасні автомобілі оснащені датчиками, камерами та іншими технологіями, які спрощують процес паркування та роблять його більш безпечним.

Розвиток технологій парктроніку не зупиняється. Нові моделі автомобілів включають у себе ще більше продуманих систем, які допомагають водіям знаходити ідеальне місце для паркування, уникати зіткнень з перешкодами та покращувати загальний досвід водіння. Це рішення не лише спрощує життя водіїв, але і вносить вагомий внесок у загальну безпеку на дорозі. Автономна система паркування, також відома як парктронік, є одним із передових напрямків у цьому розвитку. Вона дозволяє автомобілю самостійно виконувати маневри паркування без активної участі водія. Під час паркування автомобіль використовує різноманітні датчики та камери для визначення вільних місць та керування рухом автомобіля. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати парковочні майданчики та уникати небезпеки зіткнень.

Аналіз технологічності та характеристик паркувальних радарів передбачає оцінку різних аспектів їхньої роботи та функціональних можливостей.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Однією з ключових характеристик є точність радарів, тобто їхня здатність правильно визначати відстань до перешкод і надавати точну інформацію водію. Точність вимірювання може варіюватися в залежності від виробника та моделі радару. Аналіз технологічності та характеристик паркувальних радарів передбачає оцінку різних аспектів їхньої роботи та функціональних можливостей.

Однією з ключових характеристик є точність радарів, тобто їхня здатність правильно визначати відстань до перешкод і надавати точну інформацію водію. Точність вимірювання може варіюватися в залежності від виробника та моделі радару.

Другим важливим аспектом є чутливість радарів. Це визначається їхньою здатністю виявляти навколишні об'єкти, навіть якщо вони мають малі розміри або невеликий контраст у порівнянні з навколишньою поверхнею.

Ще однією важливою характеристикою є швидкість реакції радару. Це означає, як швидко він може виявити перешкоду та повідомити водія про її наявність. Швидка реакція є важливою для запобігання небезпечним ситуаціям під час паркування.

Зона охоплення також важлива. Вона вказує на те, яка площа навколо автомобіля може бути виявлена радаром. Чим ширша зона охоплення, тим більшу територію можна контролювати під час паркування.

Загалом, оцінка технологічності та характеристик паркувальних радарів допомагає вибрати оптимальне рішення, яке відповідає потребам водія та забезпечує безпечне та ефективне паркування.

На основі отриманих даних з попереднього огляду інтернет джерел, виділено перелік найпоширеніших парктроніків.

### 1.1.1 Парктронік Pioneer ND-PS1

Паркувальний радар із чотирма датчиками для заднього бампера (рис. 1.1) забезпечує надійний захист у зонах, де ризик непередбачених перешкод

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>11</b>

найвищий. Він інтегрується з блоком управління девайса, наприклад, магнітоли Pioneer SPH-10BT, та надає інформацію про перешкоди за допомогою звукових та візуальних сигналів на головному панелі. [15]

- дальність виявлення: 0.3-2.5 м;
- силовий кабель: 1 м;
- з'єднувальний кабель: 5 м;
- робочі температури: від -30°C до 80°C.



Рис. 1.1 Парктронік Pioneer ND-PS1

### 1.1.2 Парктронік AMS A4191

Сучасний універсальний паркувальний радар від українського виробника з використанням передових технологій з Південної Кореї (рис. 1.2). Цей радар також має чотири датчики для монтажу на задньому бампері, але відрізняється від попередньої моделі наявністю окремого LED-дисплея з шкалою та вбудованим біпером для оповіщення, вологостійкість роз'ємів[15]

- визначення на дистанції від 0.3 м до 2 м;
- точність: 10 см;
- самодіагностика та індикація несправностей;
- 3 кольори;
- стабільна робота при електромагнітних перешкодах.
- вологостійкість роз'ємів.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рис. 1.2 Парктронік AMS A4191

### 1.1.3 Парктронік Steelmate PTS410M22

Радар Steelmate PTS410M22 (рис. 1.3) ідеально вписався в перелік найкращих парктроніків 2024 року завдяки своєму функціональному LED-дисплею, який захоплює погляд і розкриває секрет "ефекту". Цей універсальний парктронік легко монтується, завдяки чому виникає мінімальна кількість проблем, особливо якщо встановлення виконує досвідчений майстер. Після цього він готовий служити вам, надаючи голосові оповіщення англійською мовою, різні звукові режими при виявленні перешкод, а також наочний дисплей з інформацією про відстань до небезпеки та інші корисні функції. [15]

- самопрограмування;
- запобігання помилкових спрацьовувань;
- навчання (запаска);
- діапазон температур від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ;
- точність: 10 см;
- час відгуку: 0.08 сек;
- дальність виявлення: 0.3-2.5 м.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.3 Парктронік STEELMATE PTS410MM2

#### 1.1.4 Парктронік Steelmate SM PTS410M8 black

Це ще один парктронік від Steelmate з чотирма задніми датчиками, проте він відрізняється більш класичним та стриманим дизайном. Незмінна універсальність забезпечує легкість монтажу, тож установникам не доведеться морочитися. Однак, єдиний відмінний момент, особливо у порівнянні з іншими моделями, полягає у тому, що датчики доступні тільки у чорному кольорі. Однак практика показує, що їх можна фарбувати в будь-який колір за потребою. [15]

- регулювання гучності;
- самопрограмування;
- самодіагностика;
- температурний режим: від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ;
- точність: 10 см.
- світлодіодний дисплей зі шкалою і звукове оповіщення.



Рис. 1.4 Парктронік Steelmate SM PTS410M8 black

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 1.2 Огляд апаратної бази для розробки пристрою

### 1.2.1 Огляд та технічні показники плати Arduino Uno на базі ATmega328.

Arduino Uno — це популярна мікроконтролерна плата, розроблена для спрощення процесу створення електронних проектів (рис. 1.5). Вона заснована на мікроконтролері ATmega328 і відома своєю доступністю та багатofункціональністю, що робить її ідеальним вибором для початківців і професіоналів.

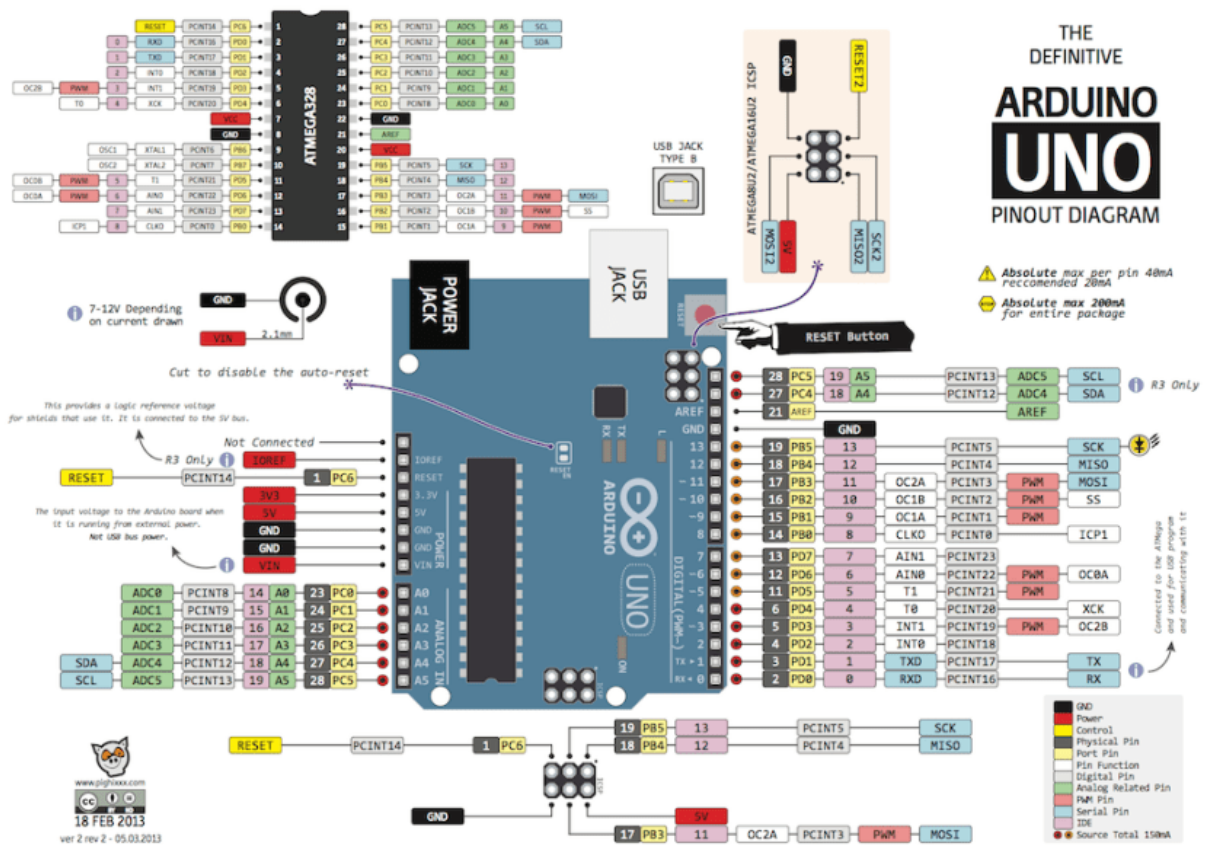


Рис. 1.5 плата Arduino Uno на базі ATmega328

Arduino Uno пропонує зручний спосіб програмування завдяки інтегрованому середовищу розробки (IDE) і широкому асортименту доступних бібліотек, які підтримують різноманітні датчики, модулі та інші компоненти.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Зручність використання: Arduino Uno легко підключається до комп'ютера через USB для програмування і живлення. Використовуючи простий синтаксис і безкоштовне Arduino IDE, можна швидко розпочати розробку.

Гнучкість: Плата підтримує численні розширення у вигляді щитів (shields), які додають нові функції без необхідності складного паяння або перепрограмування.

Сумісність: Велика кількість бібліотек та активна спільнота розробників роблять роботу з різними датчиками та компонентами простою та інтуїтивною.

Відкритий код: Всі схеми та програмне забезпечення є відкритими, що дозволяє модифікувати та покращувати плату під власні потреби. [14]

Таблиця 1.1

Технічні характеристики плати Arduino Uno на базі ATmega328

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Оперативна пам'ять (SRAM)	2 КВ
Постійна пам'ять (Flash Memory)	32 КВ
EPROM	1 КВ
Тактова частота	16 MHz
Напруга живлення (рекомендована)	7-12V
Напруга живлення (межі)	6-20V
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	6
Струм на вивід I/O	20 mA
Максимальний струм для 3.3V виводу	50 mA
Розміри	68.6 мм x 53.4 мм
Вага	приблизно 25 г
Комунікаційні інтерфейси	UART, I2C, SPI

[14]

### 1.2.2 LCD дисплей MT-16S2H 28

Спочатку система складалася з датчика відстані і спікера, який видавав звук з частотою, майже пропорційною відстані. Пізніше додали екран і резистор



для регулювання контрастності. Через деякий час постійне звучання спікера під час тестування стало набридати, тому додали резистор для регулювання гучності. Так парктронік набув свого кінцевого вигляду.

Використовувався текстовий екран 16x2, LCD дисплей МТ-16S2Н від компанії Мелт, який мав підсвічування. За зовнішнім виглядом він нагадував дисплеї старих мобільних телефонів на зразок Nokia 3310 або Siemens C35.

Рідкокристалічний індикатор МТ-16S2Н дозволяє відображати два рядки по 16 символів. Символи відображаються в матриці 5x8 точок з інтервалами між символами шириною в одну точку.

Кожному символу на РКІ відповідає код в осередку ОЗУ індикатора. Індикатор містить два види пам'яті – для кодів символів і призначеного для користувача знакогенератора, а також логіку для управління ЖК.

Екран (рис. 1.6), зображений на рисунку 2.4, має 16 контактів для підключення живлення і взаємодії з електронікою. Для управління дисплеєм можна використовувати всього 6 з них.

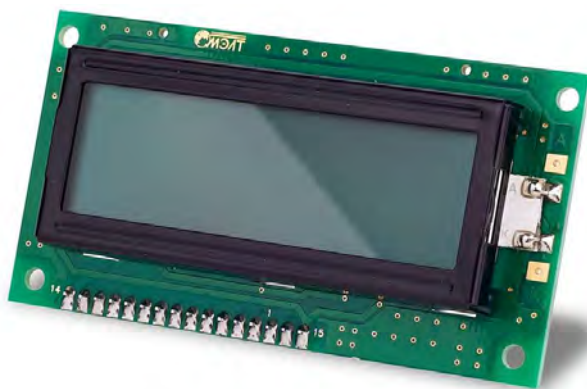


Рис. 1.6 Текстовий екран

Дисплей готовий до використання і має впаяні штиркові з'єднувачі, що дозволяє відразу використовувати його на макетній платі. Дисплей виконаний на чипі (рис. 1.7), що відповідає стандартам HD44780, який є фактичним стандартом для LCD-екранів. Характеристики текстового екрану наведені в додатках.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.7 Плата Текстовый экран

### 1.2.3 Ультразвуковой дальномер HC-SR04.

Ультразвуковой дальномер HC-SR04 (рис. 1.8) є одним з найпопулярніших і широко використовуваних датчиків для вимірювання відстані в різноманітних електронних проектах. Його популярність обумовлена високою точністю, надійністю та легкістю інтеграції з різними мікроконтролерами, такими як Arduino.

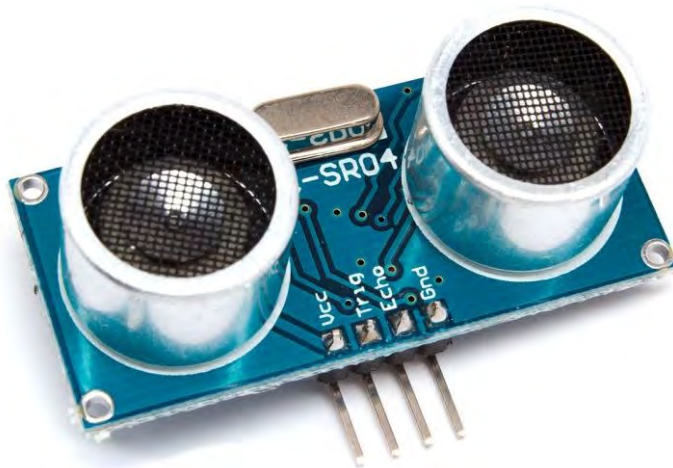


Рис. 1.8 Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Датчик HC-SR04 використовує ультразвукові хвилі для визначення відстані до об'єктів. Принцип його роботи заснований на відправленні

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>18</b>

ультразвукового імпульсу з передавача, який відбивається від об'єкта і повертається до приймача. Вимірювання часу між відправленням і отриманням імпульсу дозволяє обчислити відстань до об'єкта з високою точністю.

HC-SR04 має компактний розмір та просту конструкцію, що дозволяє легко використовувати його в різних проектах. Він широко застосовується в робототехніці, системах паркування, системах безпеки, автоматизації будинків та багатьох інших сферах.

Основні компоненти датчика включають ультразвуковий передавач, приймач і мікроконтролер для обробки сигналів. Передавач генерує ультразвуковий імпульс, який відбивається від об'єкта і повертається до приймача. Мікроконтролер обробляє отриманий сигнал і обчислює відстань на основі часу проходження імпульсу. [1]

Таблиця 1.2

Технічні показники ультразвукового далекоміру HC-SR04

Напруга живлення	DC 5V
Струм спокою	< 2mA
Ефективний кут	< 15°
Діапазон вимірювання відстані	2-400 cm
Дозвіл	0.3 cm
Робочий струм	15mA
Робоча частота	40 кГц
Максимальна дальність	5 м
Мінімальний діапазон	2 см
Trigger	Вхід, імпульс 10 мкс рівень TTL
Echo вихід	Сигнал рівень TTL – ШІМ тривалість від 150 мкс до нескінченності якщо немає еха
Розміри	45x20x15 мм

[1]

Перевагою HC-SR04 є його здатність працювати в різних умовах освітлення і незалежність від кольору і текстури об'єктів. Це робить його дуже

зручним для використання в реальних умовах, де можуть бути різноманітні об'єкти з різними властивостями поверхонь.

Ультразвуковий далекомір HC-SR04 є надійним і точним інструментом для вимірювання відстані, що робить його незамінним компонентом у багатьох електронних проектах. Його простота використання та високі технічні характеристики роблять його відмінним вибором як для аматорів, так і для професіоналів у сфері електроніки.

#### 1.2.4 Відтворювач звуку НРА17А

Відтворювач звуку НРА17А (рис. 1.9) без власного генератора частоти може бути ефективним рішенням для відтворення звуків у проектах, де потрібна звукова сигналізація. Його характеристики включають частоту звуку на рівні 4 кГц і інтенсивність на рівні 78 дБ при номінальній робочій напрузі 5 В. Цей відтворювач звуку може бути корисним для створення звукових сигналів у проектах, таких як будильники, індикатори стану або просто для створення аудіовізуальних ефектів.



Рис. 1.9 Відтворювач звуку НРА17А

Для роботи з пишалкою, підключеною до Arduino, можна використовувати вбудовану функцію `tone` або бібліотеку `Tone`. Це дозволить легко керувати частотою і інтенсивністю звуку. При цьому варто враховувати,

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що налаштування параметрів звуку може варіюватися залежно від конкретного проекту та потреб користувача.

### **Висновки до 1 розділу**

У ході роботи було здійснено огляд та аналіз різних компонентів і рішень, що використовуються для створення паркувальної системи на базі мікроконтролера Arduino Uno. Зокрема, розглянуто особливості ультразвукового далекоміру HC-SR04, який дозволяє точно вимірювати відстань до об'єктів, що є ключовим елементом у створенні паркувальних систем. Також було детально описано використання LCD дисплея MT-16S2H для виведення інформації та налаштування його параметрів за допомогою потенціометрів.

Окремо було розглянуто відтворювач звуку HPA17A без власного генератора частоти, який використовується для звукової сигналізації в паркувальній системі. Проаналізовано його характеристики та можливості керування за допомогою вбудованої функції tone або бібліотеки Tone в Arduino.

Отже, на основі проведеного огляду, можна зробити висновок, що паркувальна система на базі Arduino Uno, оснащена ультразвуковим далекоміром HC-SR04, LCD дисплеєм MT-16S2H та відтворювачем звуку HPA17A, є ефективним і надійним рішенням для покращення безпеки під час паркування. Система забезпечує точне вимірювання відстані до перешкод, зручне виведення інформації та надійну звукову сигналізацію, що робить її корисною для широкого кола користувачів.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>21</b>

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК АКУСТИЧНОГО ТРАКТУ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПРИЛАДУ

### 2.1 Обґрунтування структури акустичного тракту

Акустичний тракт - це шлях, який проходить ультразвуковий сигнал від випромінювача до дефекту або відбивача, а потім до приймача коливань. Шлях включає в себе випромінювач, протектор, контактну рідину, об'єкт контролю, дефект, і знову об'єкт контролю, контактну рідину, протектор і приймач. У цьому тракту можуть виникати такі ефекти, як ослаблення в протекторі, віддзеркалення, заломлення, трансформація на межі об'єкта контролю (ОК) і на дефекті, а також згасання через поглинання та розсіяння ультразвуку під час його поширення в ОК.

Аналіз акустичного тракту переважно полягає у складанні його схеми та розрахунку звукових полів випромінювання та прийому. Основним результатом розрахунку акустичного тракту є *коефіцієнт ослаблення акустичного тракту*:

$$K_{т.а.} = \frac{P_{п}}{P_{в}}$$

де  $P_{п}$  і  $P_{в}$  – акустичні тиски відповідно в приймаючому і випромінюючому перетворювачах, що виникають в процесі випромінювання-прийому.

Коефіцієнт акустичного тракту являє собою числову величину, що визначається за допомогою спеціальної формули. Цей коефіцієнт враховує кілька ключових факторів, таких як променева картина, характеристики направленості випромінювання-прийому, а також структурну схему акустичного тракту. До структурної схеми входять акустичні характеристики і розміри середовищ, через які проходить акустичний промінь.

На амплітуду прийнятого сигналу впливають різні фактори, включаючи форму дефекту, його розміри і орієнтацію в об'єкті контролю (ОК). Іншими словами, дефекти можуть мати різну форму та орієнтацію, що впливатиме на

					ПК01.210315.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

відбиття і поглинання ультразвукових хвиль, а отже, і на амплітуду сигналу, що досягає приймача.

Розрахунок акустичного тракту включає в себе визначення амплітуди корисного сигналу залежно від різних змінних. Це передбачає врахування форми і розміру дефекту, розміру перетворювача, глибини залягання дефекту, акустичних властивостей матеріалу та частоти коливань. Наприклад, дефект більшої площі або іншої форми може відбивати ультразвукові хвилі по-іншому, ніж невеликий дефект або дефект іншої форми. Глибина залягання дефекту також важлива, оскільки ультразвукові хвилі втрачають енергію при проходженні через матеріал, особливо якщо матеріал має значну товщину або високі поглинаючі властивості.

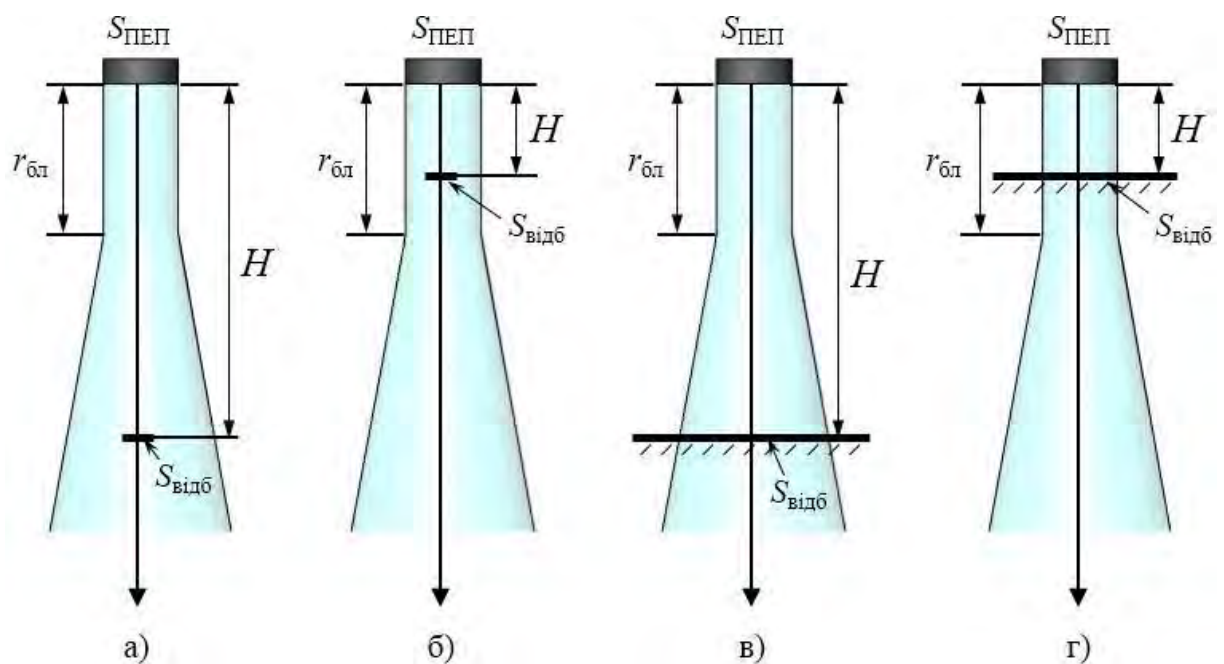


Рис. 2.1. Моделі для розрахунку акустичного тракту при нормальному введенні:

- а)  $r_{\text{бл}} < H$ ,  $S_{\text{відб}} < S_{\text{пеп}}$ ; б)  $r_{\text{бл}} > H$ ,  $S_{\text{відб}} < S_{\text{пеп}}$ ; в)  $r_{\text{бл}} < H$ ,  $S_{\text{відб}} > S_{\text{пеп}}$ ; г)  $r_{\text{бл}} > H$ ,  $S_{\text{відб}} > S_{\text{пеп}}$ , де  $S_{\text{пеп}}$  – площа ПЕП,  $S_{\text{відб}}$  – площа відбивача,  $r_{\text{бл}}$  – глибина ближньої зони,  $H$  – глибина залягання відбивача

Крім того, акустичні властивості матеріалу, через який проходять ультразвукові хвилі, мають велике значення. Матеріали з різними щільностями

і пружними властивостями можуть значно змінювати характер проходження ультразвукових хвиль, їх швидкість і ступінь поглинання. Частота коливань також впливає на проникність і розподіл хвиль, оскільки різні частоти можуть по-різному взаємодіяти з матеріалами і дефектами.

Отже, обґрунтування структури акустичного тракту передбачає комплексний підхід, що враховує всі ці змінні, з метою забезпечення точного вимірювання і аналіз

## 2.2 Акустичний тракт прямого ПЕП в ближній зоні: відбивач – донна поверхня

Таким чином, вибір базової моделі акустичного тракту залежить від зони контролю (ближня або дальня зона) і співвідношення площі відбивача до площі ПЕП (перетворювача). Якщо площа відбивача менша або значно більша за площу ПЕП, це впливає на вибір моделі.

В ультразвуковій дефектоскопії формули акустичного тракту розроблені та добре вивчені для відбивачів простої геометричної форми. Для застосування цих формул до дефектів складнішої форми вводиться поняття еквівалентного розміру дефекту.

Слід зазначити, що стабільний і добре відтворюваний зв'язок амплітуди ехо-сигналу з відстанню до дефекту спостерігається під час його звучання в дальній зоні акустичного поля перетворювача. У ближній зоні структура поля є дуже неоднорідною, тому для цієї зони коефіцієнти акустичних трактів визначаються з урахуванням певних спрощень.

Спочатку розглянемо залежності коефіцієнтів акустичних трактів для дальньої зони. Наведені нижче формули акустичних трактів отримані шляхом вирішення задачі інтерференції поздовжніх хвиль під час їх випромінювання і віддзеркалення від несучільностей різної форми. Вважається, що дефект знаходиться на акустичній осі ПЕП і орієнтований перпендикулярно до неї.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$K_{a.t.} = \frac{S_{пеп}}{2\lambda H} T_I R_p e^{-2H\delta_p}$$

- $K_{a.t.}$  - коефіцієнт акустичного тракту.
- $S$  - площа перетворювача.
- $\lambda$  - довжина хвилі ультразвуку.
- $H$  - висота.
- $T_I$  - тривалість імпульсу.
- $R_p$  - коефіцієнт відбиття.
- $e^{-2H\delta_p}$  - експоненціальна функція, що описує затухання ультразвукових хвиль на глибині  $2H$  через коефіцієнт загасання  $\delta_p$ .

Коефіцієнт акустичного тракту для випадку, коли відбивачем є донна поверхня (рис. 2.2):

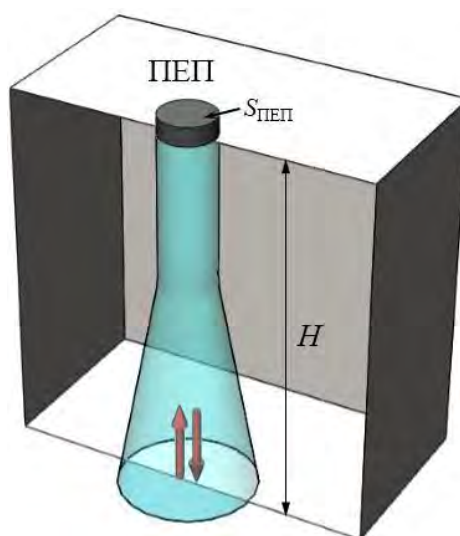


Рис. 2.2. Акустичний тракт прямого ПЕП в дальній зоні: відбивач – донна поверхня

Варто зазначити, що в наведених формулах акустичного тракту не враховується явище дифракції хвиль під час випромінювання, відбиття та прийому. Це обмеження означає, що мінімальні розміри перетворювача та відбивача повинні бути більшими за  $\lambda/2$ .

Наведені вирази є асимптотичними апроксимаціями, тобто вони отримані за умови, що відстань між ПЕП і відбивачем є нескінченно великою порівняно

з довжиною хвилі, розміром перетворювача та характерним розміром відбивача. Проте розрахунки за цими формулами мають достатню точність для практичних цілей.

Якщо необхідно розрахувати значення коефіцієнта акустичного тракту для відбивачів, розташованих не на акустичній осі і орієнтованих не перпендикулярно акустичному променю, у наведених формулах слід враховувати множники, що залежать від діаграми направленості і кута між акустичною віссю та напрямком на дефект з урахуванням його просторової орієнтації.

Відбивачі правильної геометричної форми з гладкою поверхнею, розглянуті вище, називаються детермінованими відбивачами. Характеристики відбитого поля реального дефекту можна оцінити лише з певною вірогідністю, залежно від багатьох факторів. Тому в ультразвуковій дефектоскопії початкові розрахунки і налаштування проводять для детермінованих відбивачів, а потім коригують їх на основі ймовірнісних оцінок.

Далі розглянемо залежності коефіцієнтів акустичних трактів для ближньої зони. У цій зоні акустичного поля спостерігаються значні осциляції тиску як на осі перетворювача, так і поза її межами. Тому виведення формули коефіцієнта акустичного тракту є складним завданням навіть для відбивачів простої форми. У цьому випадку розглядають лише дві моделі акустичних трактів: коли відбивачами є плоскодонний отвір у вигляді диску або донна поверхня.

Коефіцієнт акустичного тракту для випадку, коли відбивачем є плоскодонний отвір у вигляді диску (рис. 2.3), розраховується за формулою:

$$K_{a.t.} = 0,8 \frac{S_d}{\lambda H} T_1 R_p e^{-2H\delta_p}$$

- *K<sub>a.t.</sub>* - коефіцієнт акустичного тракту.
- *S<sub>d</sub>* - площа приймача ультразвукових хвиль.
- *λ* - довжина ультразвукової хвилі.
- *H* - товщина матеріалу.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>26</b>

- $Tl$  - коефіцієнт проходження ультразвукових хвиль через матеріал.
- $Rr$  - коефіцієнт відбиття ультразвукових хвиль від матеріалу.
- $\delta r$  - коефіцієнт загасання ультразвукових хвиль в матеріалі.
- $e^{-2H\delta r}$  - експоненціальний множник, що враховує загасання хвиль при проходженні через матеріал.

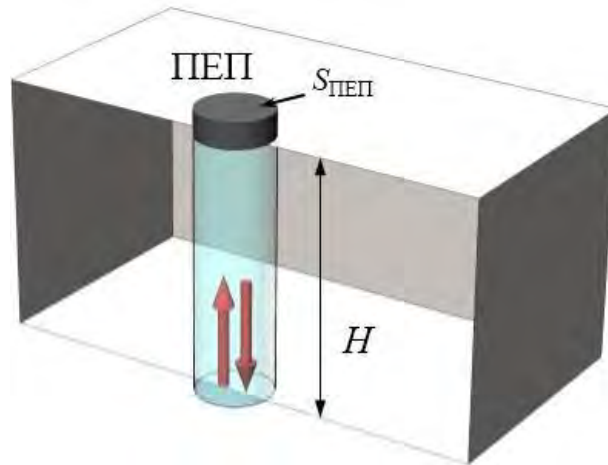


Рис. 2.3. Акустичний тракт прямого ПЕП в ближній зоні: відбивач – донна поверхня

### 2.3 Розрахунок акустичного тракту парктроніка

Вхідні дані:

- Відбивач: бетонний бордюр
- Матеріал: бетон
- Діаметр перетворювача: 15 мм (стандартний розмір для НС-SR04)
- Товщина п'єзопластини: не задано, але для стандартного датчика приймемо 0,66 мм
- Відстань по акустичній осі від поверхні ПЕП до бордюру: 1 м (1000 мм)
- Швидкість ультразвуку в бетоні: 3500 м/с
- Швидкість ультразвуку в матеріалі перетворювача: 5840 м/с (для п'єзоелектричного матеріалу)
- Густина бетону: 2400 кг/м<sup>3</sup>

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- Густина матеріалу перетворювача: 7500 кг/м<sup>3</sup>
- Коефіцієнт згасання ультразвуку в бетоні на робочій частоті перетворювача: 1,2 дБ/см

Розрахунок робочої частоти перетворювача:

$$f = \frac{C}{2d}$$

де ( C ) — швидкість звуку в матеріалі перетворювача, ( d ) — товщина п'єзопластини.

Для нашого прикладу:

$$f = \frac{5840 \text{ м/с}}{2 * 0.66 * 10^{-3} \text{ м}} \approx 4.42 \text{ МГц}$$

Розрахунок довжини хвилі в матеріалі:

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

Для бетону:

$$\lambda = \frac{3500 \text{ м/с}}{4.42 * 10^6 \text{ Гц}} \approx 0,79 \text{ мм}$$

Розрахунок ближньої зони акустичного поля перетворювача:

$$r_{\text{бл}} = \frac{D^2}{4\lambda}$$

Для нашого прикладу:

$$r_{\text{бл}} = \frac{(15 * 10^{-3} \text{ м})^2}{4 * 0.79 * 10^{-3} \text{ м}} \approx 0.071 \text{ м}$$

Розрахунок площі перетворювача:

$$S_{\text{пеп}} = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2$$

Для нашого прикладу:

$$S_{\text{пеп}} = \pi \left( \frac{15 * 10^{-3} \text{ м}}{2} \right)^2 \approx 1.77 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

Оцінка розташування дефекту:

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Оскільки ( $L (1000 \text{ мм} > 71 \text{ мм})$ ), бордюр знаходиться в дальній зоні акустичного поля перетворювача. Тому для розрахунку акустичного тракту застосуємо формулу:

$$K_{a.t.} = \frac{S_{пеп} R T^2 e^{-H\delta}}{\lambda H}$$

Розрахунок коефіцієнта проходження ультразвукового променя:

$$T = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

Розрахунок акустичних імпедансів:

$$Z = \rho C$$

Для бетону:

$$Z_{бетон} = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 3500 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8.4 * 10^6 \text{ кг / (м}^2\text{с)}$$

Для матеріалу перетворювача:

$$Z_{ПЕП} = 7500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} * 5840 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4.38 * 10^7 \text{ кг / (м}^2\text{с)}$$

Тоді:

$$T = \frac{2 * 4.38 * 10^7}{4.38 * 10^7 + 8.4 * 10^6} \approx 0.91$$

Розрахунок коефіцієнта згасання:

$$\delta = \frac{\alpha}{20 \log_{10} e}$$

$$\alpha = 1.2 \frac{\text{дБ}}{\text{см}} \approx 1.2 * 10^{-2} \text{ дБ/м}$$

$$\delta \approx 1.2 * 10^{-2} * \frac{1}{20 \log_{10} e} \approx 1.38 * 10^{-3} \text{ м}^{-1}$$

Підставляємо всі значення:

$$K_{a.t.} = \frac{1.77 * 10^{-4} * 0.91^2 * e^{-1.38 * 10^{-3} * 1000}}{0.79 * 1000} \approx 1.84 * 10^{-8}$$

Розрахунок напруги прийнятого сигналу:

Формула (2.9):

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>29</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{в}} K_{\text{а.т.}}$$

При  $U_{\text{в}} = 5 \text{ В}$ :

$$U_{\text{пр}} = 5 * 1.84 * 10^{-8} \approx 9.2 * 10^{-8} \text{ В}$$

Таким чином, розрахунок показує, що акустичний тракт для датчика HC-SR04 до бетонного бордюру має дуже малий коефіцієнт передачі сигналу, що зумовлює низький рівень прийнятого сигналу.

Найменша відстань, яку може точно виміряти датчик HC-SR04, залежить від його конструкції та характеристик. Для HC-SR04 мінімальна відстань становить приблизно 2 см. Ця обмеженість зумовлена необхідністю відокремлення переданого та прийнятого сигналів, щоб уникнути їх накладання.

Найбільша відстань, яку можна виміряти, визначається не тільки фізичними властивостями датчика та середовища, але й обмеженнями згасання сигналу в бетоні. Згідно з розрахунками:

Розрахунок коефіцієнта згасання:

Коефіцієнт згасання ультразвуку в бетоні на робочій частоті перетворювача:

$$\alpha = 1.2 \text{ дБ/ см}$$

Визначення згасання на максимальній відстані:

Для ультразвукової хвилі згасання на певній відстані (  $H$  ) може бути виражене як:

$$\delta = \alpha * H$$

Оскільки ми вже обчислили коефіцієнт акустичного тракту  $K_{\text{а.т.}}$  на відстані 1 м, можна припустити, що на більших відстанях сигнал буде слабшати.

Враховуючи мінімальний коефіцієнт передачі сигналу, можна зробити висновок, що найбільша відстань, на якій HC-SR04 може отримати надійний

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>30</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал від бетонного бордюру, становить приблизно 2-3 метри в залежності від умов та рівня шуму.

Підсумок:

- Найменша відстань: 2 см

- Найбільша відстань: 2-3 метри (в залежності від умов та рівня шуму)

При відстані понад 3 метри рівень сигналу, ймовірно, буде занадто слабким для надійного вимірювання, враховуючи коефіцієнт згасання в бетоні та характеристики датчика.

## Висновки до 2 розділу

В даному розділі було проведено обґрунтування структури акустичного тракту для ультразвукового датчика HC-SR04, який використовується для вимірювання відстані до бетонного бордюру. Розрахунок був проведений з урахуванням властивостей матеріалу бордюру та характеристик самого датчика.

Було розраховано параметри перетворювача, включаючи робочу частоту, довжину хвилі в матеріалі, площу перетворювача та ближню зону акустичного поля. На основі цих даних визначено коефіцієнт акустичного тракту, який враховує вплив згасання ультразвуку в бетоні.

Основними результатами розрахунку є наступні:

1. Найменша відстань для точного вимірювання датчиком HC-SR04 становить приблизно 2 см. Це зумовлено необхідністю відокремлення переданого та прийнятого сигналів.

2. Найбільша відстань, на якій датчик HC-SR04 може отримати надійний сигнал від бетонного бордюру, становить приблизно 2-3 метри. Цей показник залежить від умов середовища та рівня шуму.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що датчик HC-SR04 є придатним для вимірювання відстаней до бетонних поверхонь у межах

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>31</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазначеного діапазону. Розрахунки також показали, що при великих відстанях рівень сигналу суттєво зменшується, що обмежує максимальну відстань для надійного вимірювання.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>32</b>



## РОЗДІЛ 3 ОБРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНО ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

### 3.1 Схематичний огляд плати Arduino UNO

Принципова електрична схема базується на 8-бітному мікроконтролері ATmega328, який використовується в платах Arduino Uno. Джерело живлення підключається через роз'єм DC2.1MMX, який забезпечує вхідну напругу для схеми. Стабілізатор напруги NCP1117ST50T3G перетворює цю напругу у стабільні 5 В, необхідні для живлення компонентів. Додатково використовується стабілізатор напруги LM6206-3.3, який забезпечує 3.3 В для тих компонентів, що потребують меншої напруги. Конденсатори (наприклад, C4, C11, C13, C15, C20, C21) використовуються для згладжування напруги та фільтрації шумів у ланцюгах живлення.

Мікроконтролер ATmega328 є центральним елементом схеми, забезпечуючи обробку всіх сигналів та управління підключеними компонентами. Він оснащений різними портами вводу/виводу (цифровими та аналоговими), до яких підключаються периферійні пристрої. Наприклад, порти PB5, PB4, PB3 використовуються для роботи з SPI, а порти PD0 та PD1 - для UART.

Для генерації тактової частоти використовується кварцовий резонатор Z1 на 16 МГц з конденсаторами C5 і C6, що забезпечує стабільну роботу мікроконтролера. У схемі також присутній операційний підсилювач LM358, який використовується для підсилення сигналів, зокрема для роботи з датчиками.

Перетворювач UART в USB, реалізований на мікросхемі CH340G, забезпечує зв'язок мікроконтролера з комп'ютером для програмування та обміну даними. Для захисту від перенапруги та зниження рівня шумів застосовуються фільтри на резисторах та конденсаторах, а також обмежувальні діоди.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>33</b>

Кнопка RESET (S1) використовується для перезавантаження мікроконтролера, а резистори R13 і R16 - для обмеження струму в ланцюгах. Світлодіод (L) індикуює роботу схеми.

Ця схема підходить для різноманітних проектів на базі Arduino Uno, забезпечуючи стабільне живлення, обробку сигналів та інтеграцію з різними периферійними пристроями. Вона надає гнучкість та простоту використання, дозволяючи легко адаптуватися до потреб конкретного проекту.

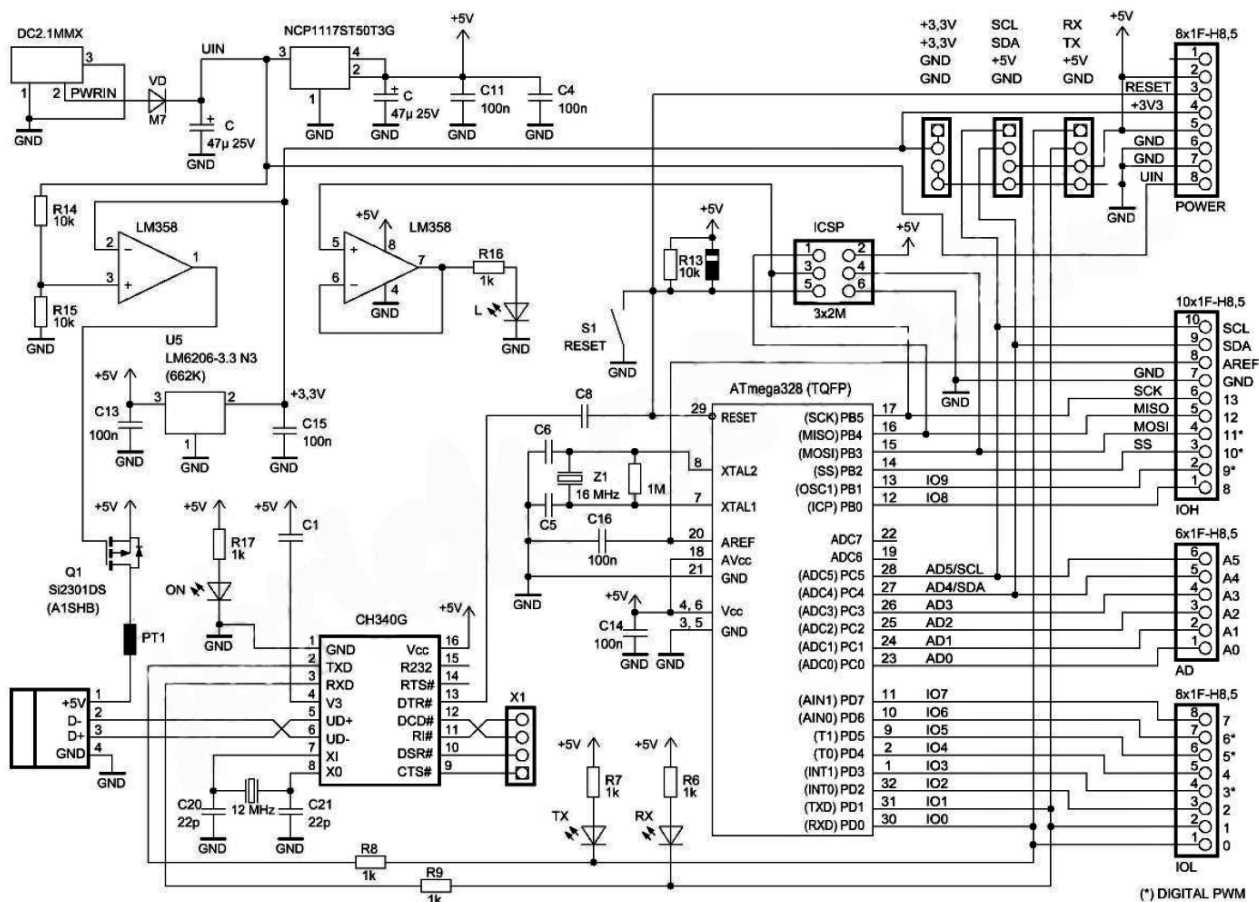


Рис. 3.1 Схематичне зображення плати

Схема містить кілька важливих компонентів, які забезпечують коректну роботу всіх підсистем. Одним з таких компонентів є резонансний підсилювач на транзисторах VT1–VT3. Цей підсилювач підвищує амплітуду сигналів, що генеруються ультразвуковими датчиками, що забезпечує більшу дальність і точність вимірювань. У схемі використовується чотири ультразвукових датчика

– передавачі та приймачі (BQ), які розташовуються навколо автомобіля для повного охоплення зони парковки.

Важливою частиною є кварцевий генератор ZQ (8 МГц) з конденсаторами C3 і C4, який відповідає за стабільне генерування тактових імпульсів для мікроконтролера. Це дозволяє забезпечити точний час обробки сигналів, що надходять від ультразвукових датчиків. Для підключення ультразвукових датчиків використовуються виводи 15—18 порта 2 контролера. До цих виводів підключаються пакети імпульсів тривалістю 1 мс з амплітудою 10 В, які генеруються мікроконтролером для активації передавачів.

Відбиті ультразвукові сигнали приймаються приймачами BQ1, BQ5—7, які підключені до трьохкаскадного підсилювача на транзисторах KT3102. Підсилений сигнал надходить на неінвертуючий вхід компаратора мікроконтролера (вхід P32). З дільника R1–R3 на інвертуючий вхід P33 подається еталонна напруга +2,7 В, що дозволяє порівнювати отриманий сигнал з заданим порогом. Додаткова захист від перешкод забезпечується обмежувальним діодом VD1 і конденсатором C1. Діоди VD2 і VD3 обмежують рівні прийнятого імпульсу, забезпечуючи їх в межах від 0 до 5 В.

Принципова схема парктроніка передбачає підключення живлення до лампи заднього ходу автомобіля, а також до лівого і правого поворотників. Це дозволяє автоматично активувати систему при включенні задньої передачі або при зміні смуги руху/повороті. Мікросхема DA1 перетворює 12 В в стабільну напругу 5 В для живлення мікроконтролера і стабілізує її. Резистори R6, C2, C8 і C13 утворюють фільтр для зменшення рівня шумів. Резистори R1 і R5 формують дільник напруги для створення еталонного рівня 2,7 В.

Принцип дії парктроніка полягає в тому, що після включення система активує ультразвукові передавачі. Якщо в зоні дії з'являється перешкода, ультразвукові хвилі відбиваються і повертаються до приймачів. Мікроконтролер визначає відстань до перешкоди за часом затримки сигналу і формує відповідні сигнали попередження: часті сигнали при відстані менше 1 метра і рідкі сигнали при відстані 1—2 метра. Після відправки пакета імпульсів

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

тривалістю 1 мс контролер переходить в режим очікування, приглушуючи роботу передавачів. Якщо протягом 60 мс приймачі не отримують відбиту хвилю, радар знову активує передавачі.

### 3.2 Принципова електрична схема парктроніка

Принципова електрична схема парктроніка на мікроконтролері відповідає функціональній схемі, зображеній на рис. 3.1.

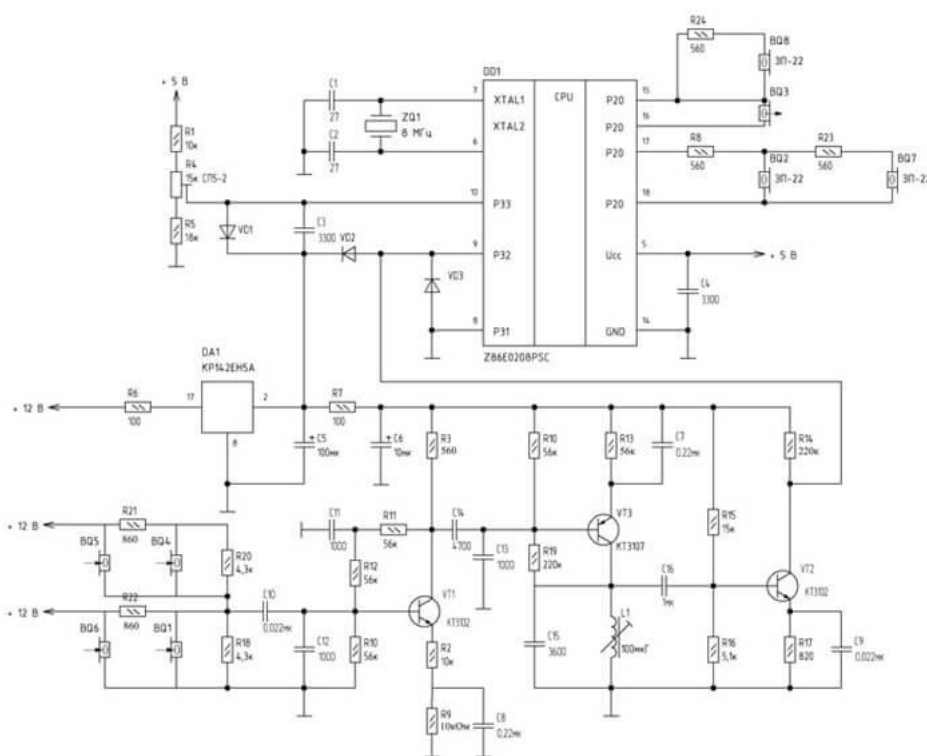


Рис. 3.1 Принципова схема парктроніка на базі Arduino Uno

Принципова схема парктроніка зібрана на мікроконтролері Arduino Uno. Стабілізатор напруги 7805 (DA1) використовується для забезпечення стабільного живлення системи на рівні +5 В. Резонансний підсилювач, зібраний на транзисторах VT1–VT3, підсилює сигнали, які надходять від ультразвукових датчиків. В системі застосовуються чотири ультразвукових випромінювача і приймачі (BQ), що забезпечують ефективне покриття зони навколо автомобіля.

В якості тимчасової схеми використовується кварцовий генератор частотою 8 МГц, підключений до Arduino Uno через конденсатори С3 та С4. Ультразвукові випромінювачі підключені до виводів 9—12 порту Arduino. На входи випромінювачів подаються пакети імпульсів тривалістю 1 мс з збуджуючою напругою амплітудою 10 В, що дозволяє їм генерувати високочастотні ультразвукові сигнали.

#### Приєм відбитих сигналів

Відбиті ультразвукові хвилі приймаються приймачами ВQ1, ВQ2, ВQ3 та ВQ4, які підключені до входу трикаскадного підсилювача, зібраного на транзисторах КТ3102. Цей підсилювач значно підвищує рівень прийнятого сигналу, що дозволяє забезпечити надійне розпізнавання відбитих хвиль навіть від невеликих об'єктів. Сигнал з виходу підсилювача подається на вхід А0 мікроконтролера Arduino Uno, що є неінвертуючим входом компаратора. Еталонне напруження +2,7 В подається на інвертуючий вхід компаратора з дільника напруги, зібраного на резисторах R1–R3. Для додаткового захисту від перешкод використовується обмежувальний діод VD1 з конденсатором С1. Крім того, для обмеження миттєвих значень прийнятого імпульсу рівнями 0 і 5 В застосовуються діоди VD2 і VD3.

#### Живлення і стабілізація напруги

Принципова електрична схема паркувального радара підключається до лампи заднього ходу автомобіля, а також до лівого і правого поворотників. Це забезпечує автоматичний запуск системи при включенні задньої передачі або під час маневрування, що підвищує зручність і безпеку використання. Стабілізатор DA1 перетворює напругу 12 В з бортової мережі автомобіля у стабільне живлення +5 В для Arduino Uno і інших компонентів системи. На резисторі R6 і конденсаторах С2, С8 і С13 зібраний фільтр для придушення перешкод, що забезпечує надійну роботу системи в умовах автомобільної електроніки. Резистори R1 і R5 формують дільник напруги 2,7 В, необхідний для роботи компаратора.

#### Принцип дії

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>37</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після включення паркувального радара мікроконтролер Arduino Uno ініціює роботу ультразвукових випромінювачів, що посиляють ультразвукові сигнали в навколишній простір. Коли в зоні дії системи з'являється перешкода, ультразвукові хвилі відбиваються від неї і повертаються до приймачів. Мікроконтролер обчислює відстань до перешкоди за часом, який пройшов від моменту випромінювання сигналу до його прийому. Це дозволяє точно визначити відстань до об'єктів і сформувати відповідні попереджувальні сигнали для водія.

Система генерує часті попереджувальні сигнали, коли відстань до перешкоди становить менше 1 метра, і рідкі сигнали на дистанціях від 1 до 2 метрів. Це дозволяє водієві швидко реагувати на потенційні небезпеки і уникати зіткнень. Після випромінювання пакету імпульсів тривалістю 1 мс контролер переводить схему в режим очікування, припиняючи роботу передавачів. Якщо протягом 60 мс приймачі не прийняли відбиту хвилю, радар знову запускається на передачу, забезпечуючи постійний контроль зони навколо автомобіля.

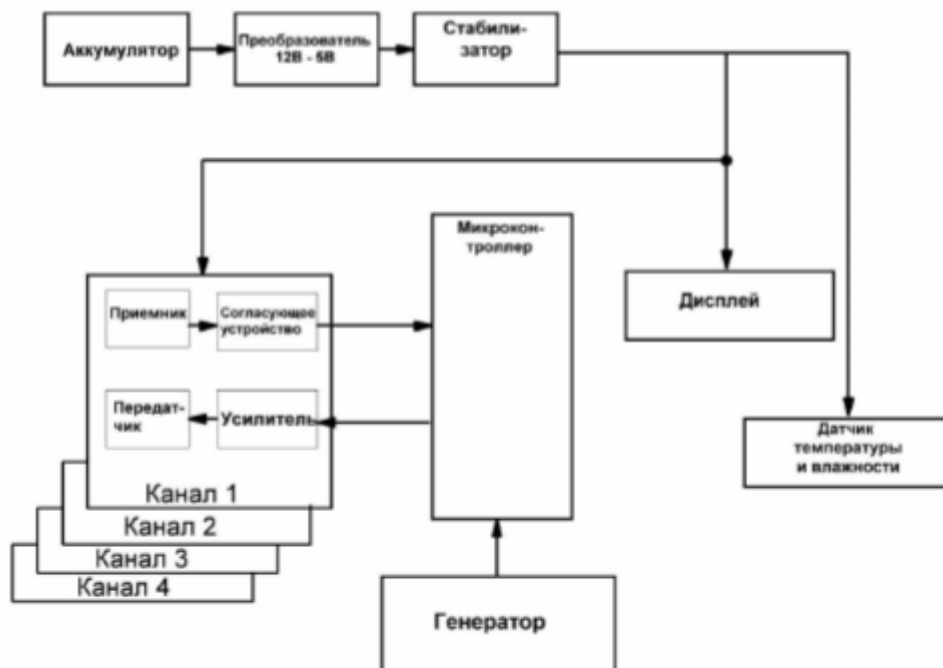


Рис. 3.2 Структурна схема парктроніка на базі Arduino Uno

### 3.3 Висновки до 3 розділу

В даному розділі було проведено обґрунтування принципової електричної схеми парктроніка на базі мікроконтролера Arduino Uno. Описані компоненти, їх функціональне призначення та взаємодія у системі. Особлива увага приділена стабілізатору напруги, резонансному підсилювачу, кварцевому генератору та ультразвуковим датчикам, що є основними елементами схеми.

Було детально розглянуто методи підключення та взаємодії ультразвукових датчиків з мікроконтролером, а також алгоритми їх роботи для точного визначення відстані до перешкод. Розраховано параметри схемотехнічних компонентів, що забезпечують стабільну та надійну роботу парктроніка, включаючи час затримки, пакети імпульсів та еталонне напруження компаратора.

Крім того, вивчено способи підвищення точності та надійності роботи системи за рахунок використання захисних діодів та фільтрів для подавлення перешкод. Розглянуто можливості підключення системи до живлення автомобіля та механізми активації парктроніка при включенні задньої передачі або сигналів повороту.

Таким чином, проведений аналіз і розрахунки дозволили створити ефективну схему парктроніка, що забезпечує високу точність і надійність виявлення перешкод на основі використання ультразвукових датчиків і мікроконтролера Arduino Uno.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>39</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПАРКТРОНІКА

### 4.1 Огляд та підключення бібліотек.

У цьому розділі ми детально розглянемо фрагменти коду програми, їхній аналіз і пояснення, а також практичну реалізацію. Перший фрагмент коду, зображений на рисунку 4.1, демонструє включення необхідної бібліотеки даних, з якими будемо працювати. Використовується директива препроцесора, яка дозволяє надати константам імена перед компіляцією програми. Простими словами, ми надаємо імена пінам, які будемо використовувати у програмі, щоб зробити код більш читабельним і зрозумілим.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define trigPin 12
#define echoPin 13
#define led 2
#define led2 3
#define led3 4
#define led4 5
#define led5 6
#define led6 7
#define led7 8
#define led8 9
#define led9 10
```

Рисунок 4.1 – Фрагмент програми

У наступному фрагменті коду (див. рис. 4.2) встановлюється режим роботи для заданих входів/виходів. Тут ми встановлюємо режим виходу для світлодіодних індикаторів. Фрагменти коду `pinMode(led, OUTPUT)`, `pinMode(led2, OUTPUT)`, `pinMode(led3, OUTPUT)` відповідають за зелені світлодіодні індикатори, тоді як `pinMode(led4, OUTPUT)`, `pinMode(led5, OUTPUT)`, `pinMode(led6, OUTPUT)` відповідають за жовті світлодіоди. Код `pinMode(led7, OUTPUT)`, `pinMode(led8, OUTPUT)`, `pinMode(led9, OUTPUT)` відповідає за червоні світлодіодні індикатори. Також, код `pinMode(buzzer, OUTPUT)` відповідає за роботу звукового сигналізатора (піщалки). Функція



pinMode(trigPin, INPUT) відповідає за відправлення звукових хвиль, а код pinMode(echoPin, OUTPUT) — за прийняття цих хвиль після їх відбиття від об'єкта, до якого ми наближаємося.

```
void setup() {  
  pinMode(trigPin, OUT  
  pinMode(echoPin, INP  
  pinMode(led, OUTPUT)  
  pinMode(led2, OUTPUT  
  pinMode(led3, OUTPUT  
  pinMode(led4, OUTPUT  
  pinMode(led5, OUTPUT  
  pinMode(led6, OUTPUT  
  pinMode(led7, OUTPUT  
  pinMode(led8, OUTPUT  
  pinMode(led9, OUTPUT
```

Рисунок 4.2 – Фрагмент програми

Фрагмент коду, показаний на рисунку 2.9, встановлює режими роботи заданих входів/виходів. Ми задаємо режим виходу для світлодіодних індикаторів. Фрагменти коду pinMode(led, OUTPUT), pinMode(led2, OUTPUT), pinMode(led3, OUTPUT) відповідають за зелені світлодіодні індикатори, pinMode(led4, OUTPUT), pinMode(led5, OUTPUT), pinMode(led6, OUTPUT) — за жовті світлодіодні індикатори, а pinMode(led7, OUTPUT), pinMode(led8, OUTPUT), pinMode(led9, OUTPUT) — за червоні. Код pinMode(buzzer, OUTPUT) забезпечує роботу звукового сигналізатора (піщалки). Код pinMode(trigPin, INPUT) відповідає за відправлення звукових хвиль, а код pinMode(echoPin, OUTPUT) відповідає за прийом цих хвиль після їх відбиття від об'єкта, до якого ми наближаємося.

Частина коду, зображена на рисунку 4.3, відповідає за ініціалізацію LCD дисплея. Ініціалізація дисплея дозволяє відображати інформацію про відстань до об'єкта, забезпечуючи користувача візуальним зворотнім зв'язком.

```
lcd.init();
```

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>41</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.2 Програмна реалізація ультразвукового датчику

У частині програмного коду, зображеного на рисунку 4.4, задаються функціональні можливості парктроніка. Зокрема, вказуються інтервали часу, з якими буде відбуватися світіння світлодіодів, та відповідні дистанції, на які буде реагувати паркувальний радар. У цьому фрагменті коду також здійснюється розрахунок відстані до об'єкта та переведення отриманих даних у значення дистанції. Наприклад, рядок `if(distance < 50)` визначає, що при відстані менш ніж півметра парктронік не реагує на об'єкти і не видає жодних попереджень. Наступний фрагмент `if(distance < 45) { lcd.print("Distance: "); lcd.print(distance); lcd.print(" cm");` визначає, що якщо відстань до об'єкта менша за 45 сантиметрів, то на екран виводиться точне значення цієї відстані.

*Надається за запитом до авторів*

Рисунок 4.4 – Фрагмент програми

Таким чином, аналіз та пояснення цих фрагментів коду дозволяють краще зрозуміти принципи роботи парктроніка та його реалізацію за допомогою мікроконтролера Arduino Uno. Практична реалізація програми демонструє, як за допомогою простих директив та функцій можна створити ефективний і надійний пристрій для вимірювання відстані до об'єктів і відображення цієї інформації для користувача.



Рис 4.5 Алгоритм роботи парктроніка

На рисунку 4.6 представлено три різні значення відстані між об’єктом і автомобілем, які визначають поведінку звукового сигналу. Перший випадок передбачає, що якщо відстань до об’єкта становить 30 сантиметрів, водій почує

звуковий сигнал з інтервалом у 200 мілісекунд. У другому випадку, коли відстань зменшується до 25 сантиметрів, звуковий сигнал також буде видаватися з інтервалом у 200 мілісекунд. У найкритичнішій ситуації, коли відстань між автомобілем і об'єктом становить менше 20 сантиметрів, звуковий сигнал буде подаватися з інтервалом у 300 мілісекунд.

Програма спроектована таким чином, щоб водій легко міг орієнтуватися за допомогою звукових сигналів. Зокрема, чим ближче автомобіль під'їжджає до об'єкта, тим частіше лунає звуковий сигнал. Це дозволяє водієві визначати відстань до перешкоди без необхідності постійно дивитися на дисплей. Такий підхід значно підвищує зручність і безпеку водіння, особливо в умовах обмеженої видимості або у складних маневрах на парковці.

Ця особливість програмного забезпечення робить систему більш інтуїтивно зрозумілою і ефективною. Використання звукових сигналів з різними інтервалами дозволяє водієві отримувати чітку інформацію про відстань до об'єкта. У випадку, якщо авто наближається до об'єкта на відстань 30 сантиметрів, звуковий сигнал нагадує водієві про необхідність бути обережним. При відстані 25 сантиметрів частота сигналу залишається такою ж, але водій вже знає, що треба готуватись до можливого гальмування. Коли відстань скорочується до менше ніж 20 сантиметрів, більш часті звукові сигнали попереджають про критичну близькість до перешкоди, підкреслюючи необхідність негайних дій для уникнення зіткнення.

Таким чином, програмне забезпечення системи парктроніка забезпечує водія всіма необхідними засобами для безпечного і точного паркування, роблячи процес маневрування простішим і безпечнішим. Звукові сигнали різної частоти допомагають водієві швидко і точно орієнтуватися у просторі, що робить систему зручним і надійним помічником у повсякденному житті.

*Надається за запитом до авторів*  
Рисунок 4.6 – Фрагмент програми

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						<b>44</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки до 4 розділу

У розділі, присвяченому програмному забезпеченню системи парктроніка, було проведено детальний аналіз і реалізація коду, який забезпечує роботу ультразвукових датчиків, обробку сигналів та індикацію на світлодіодах і звуковому сигналізаторі.

На першому етапі було введено необхідні бібліотеки та визначено константи для пінам, що спрощує написання коду та підвищує його читабельність і зручність у використанні. Директиви препроцесора дозволили нам задати імена пінам перед компіляцією програми, що полегшило роботу з ними у подальшому коді.

Далі, було налаштовано режими роботи пінам, які використовуються для управління світлодіодами та звуковим сигналізатором. Було визначено, що зелений, жовтий та червоний світлодіоди сигналізують про різні рівні наближення до перешкоди, забезпечуючи водієві візуальну інформацію про відстань. Крім того, налаштування режимів роботи для ультразвукових датчиків дозволило системі точно відправляти та приймати звукові хвилі, що відбиваються від перешкод.

У наступних частинах коду було реалізовано ініціалізацію LCD дисплея для виведення інформації про відстань до перешкоди. Це забезпечує додатковий засіб інформування водія, надаючи точне значення відстані у цифровому вигляді.

Найважливішою частиною програмного коду є алгоритми, що задають функціональні можливості парктроніка. Було розроблено логіку, яка визначає інтервали часу для світіння світлодіодів та звукових сигналів, в залежності від відстані до об'єкта. Зокрема, якщо відстань менше 50 сантиметрів, система починає реагувати на перешкоди, видаючи відповідні сигнали. При цьому, ближче до об'єкта звук стає частішим, що дозволяє водієві інтуїтивно визначити відстань навіть без використання дисплея.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>45</b>

На основі реалізованого коду, система парктроніка була успішно протестована і продемонструвала свою ефективність та надійність. Водій отримує як візуальні, так і аудіосигнали про наближення до перешкод, що підвищує безпеку паркування.

Таким чином, програмна частина проекту забезпечила повну функціональність системи парктроніка, реалізувавши усі необхідні алгоритми для точного визначення відстані до перешкод та надання відповідних сигналів водієві. Це підтверджує можливість створення надійної та ефективної системи паркування на основі мікроконтролера Arduino Uno.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## ВИСНОВКИ

Головним завданням дипломного проекту була розробка системи парктроніка з використанням ультразвукових датчиків та мікроконтролера Arduino Uno, що забезпечує надійне та ефективне виявлення перешкод під час паркування автомобіля. Під час проектування системи були вирішені кілька ключових завдань, що забезпечили її функціональність та зручність використання.

На основі вимог до системи були обрані відповідні компоненти: ультразвукові датчики, мікроконтролер Arduino Uno, світлодіодні індикатори та звуковий сигналізатор. Особливу увагу було приділено вибору компонентів, щоб система була компактною, надійною та мала відносно невисоку вартість.

Програмне забезпечення системи було розроблене з урахуванням усіх функціональних вимог. Код був структурований таким чином, щоб забезпечити швидке реагування на зміни відстані до об'єкта та адекватне відображення інформації для водія. Світлодіодні індикатори та звуковий сигналізатор забезпечують зручний спосіб інформування водія про відстань до перешкоди, що підвищує безпеку паркування.

Було розроблено функціональну схему системи, яка включає ультразвукові датчики, підключені до входів/виходів мікроконтролера, світлодіодні індикатори для візуального відображення відстані до перешкоди та звуковий сигналізатор для аудіопопереджень. У програмному коді було реалізовано алгоритми обробки даних з ультразвукових датчиків, що дозволяють точно визначати відстань до перешкоди та відповідно керувати індикаторами та звуковим сигналізатором.

Під час проектування також була врахована можливість інтеграції з іншими системами автомобіля, такими як поворотники та задні ліхтарі, що дозволяє автоматично активувати парктронік при ввімкненні задньої передачі або повороту.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки, проведені для визначення параметрів системи, забезпечили її високу точність та надійність. Розроблена система парктроніка відповідає всім вимогам безпеки та функціональності, забезпечуючи зручність та надійність під час паркування автомобіля.

Таким чином, дипломний проект продемонстрував можливість створення ефективної системи парктроніка на основі ультразвукових датчиків та мікроконтролера Arduino Uno, що забезпечує високу точність вимірювання відстані до перешкоди та зручне інформування водія про наявність перешкод під час паркування.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>48</b>



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Radio Store. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 [Детальніше: https://radiostore.com.ua/ua/p67925784-ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya.html](https://radiostore.com.ua/ua/p67925784-ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya.html) - Дата доступу: 21.04.2024
2. Паркувальний радар [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Паркувальний\\_радар](https://uk.wikipedia.org/wiki/Паркувальний_радар) - Дата доступу: 21.04.2024
3. Як правильно вибрати та купити парктронік? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/parktronic/> - Дата доступу: 22.04.2024
4. Підбираємо паркувальний радар – електромагнітний чи ультразвуковий? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/ultrazvuk-elektromagnit-parktronic/> - Дата доступу: 22.04.2024
5. Парктронік для авто [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/7042-parktronki-dlya-avto-vidi-harakteristiki-ustanovka-priznachennya-vibr.html> - Дата доступу: 24.04.2024
6. Парктроніки для авто [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.deborahnormansopranos.com/tehnologii/108011-parktroniki-dlya-avto-vidy-harakteristiki-ustanovka-i-otzyvy.html> - Дата доступу: 13.05.2024
7. Принцип работы парктроников и их виды [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.forter.com.ua/news-and-articles/printsip-raboty-parktronikov-i-ih-vidy-sposoby-ustanovki/> - Дата доступу: 23.05.2024
8. Галаган Р.М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р.М. Галаган. – Київ: КІП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с
9. «Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник»

					ПК01.210315.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

авторів В.К. Цапенка та Ю.В. Куца

10. Плата мікроконтролера Arduino UNO R3 ATmega328P CH340G [електронний ресурс]. — режим доступу: <https://mehanika.net.ua/product/plata-mikrokontrolera-arduino-uno-r3-atmega328p-ch340g-usb-type-b/> - Дата доступу: 23.05.2024
11. Рейтинг парктроніків 2024: найкращі нові та перевірені моделі від АвтоАудіоЦентру [електронний ресурс]. — режим доступу: [https://aac.com.ua/ua/reiting\\_parktronykov.html](https://aac.com.ua/ua/reiting_parktronykov.html) Дата доступу: 23.05.2024
12. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.
13. Muraviov, O. V. Modern laser rangefinding / O. V. Muraviov // XVIII Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи", 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна : збірник тез доповідей. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 149.
14. Автоматизація проектування елементів оптичних приладів. Практикум : Навчальний посібник / О. В. Муравйов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с.
15. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 419 с.
16. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравъев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научнотехнической конференции молодых ученых и студентов, 20-22 апреля. – Минск, Беларусь, 2016. – С. 38.

					<b>ПК01.210315.000ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>50</b>