

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

Приладобудівний факультет  
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)      Володимир ЄРЕМЕНКО  
(ініціали, прізвище)

“    ”    \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

за освітньо-професійною програмою

«Інформаційні вимірювальні технології та системи»

спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

на тему: Цифрова система ультразвукового вимірювання відстані до об'єкту.

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ВА-71

\_\_\_\_\_  
Марциненко Павло Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)      \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник доцент каф. ІВТ, к.т.н. Самарцев Юрій Миколайович      \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)      (підпис)

Консультант      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_  
(назва розділу)      (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)      (підпис)

Рецензент      \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)      (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальної техніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалавр)  
спеціальність 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Володимир СРЕМЕНКО

“\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

на бакалаврський дипломний проєкт студента

Марциненка Павла Олександровича

---

1. Тема проєкту Цифрова система ультразвукового вимірювання відстані до об'єкту

**керівник проєкту** доцент каф. ІВТ, к.т.н. Самарцев Юрій Миколайович,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту 7 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту технічна документація. теоретичні та статистичні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які розробляються)

Вступ. Огляд і аналіз існуючих технічних рішень. Вибір та обґрунтування технічного рішення. Розробка схеми електричної структурної. Розробка схеми електричної функційної. Розробка схеми електричної принципової. Аналіз метрологічної похибки датчика. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень): Схема електрична структурна. Схема електрична функційна. Схема електрична принципова.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ п/п	Найменування етапів дипломного проєкту	Терміни виконання етапів проєкту	Примітки
1.	<i>Затвердження теми проєкту</i>	<i>10.12.2021-15.12.2021</i>	
2.	<i>Вивчення та аналіз завдання</i>	<i>15.12.2021-15.04.2021</i>	
3.	<i>Розробка приладу УВВ</i>	<i>15.04.2021-25.05.2021</i>	
4.	<i>Розробка електричних схем приладу</i>	<i>01.05.2021-26.05.2021</i>	
5.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>15.01.2021-28.05.2021</i>	
6.	<i>Передзахист</i>	<i>09.06.2021</i>	
7.	<i>Захист</i>	<i>17.06.2021</i>	

Студент-дипломник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## Анотація

У дипломному проекті розроблено ультразвуковий прилад вимірювання відстані. Проведено повний аналіз існуючих рішень та методів реалізації знаходження відстані до об'єкту. Для розробки системи було обрано найбільш потрібні технічні засоби з точки зору забезпечення необхідної точності приладу.

## Abstract

In the diploma project the ultrasonic device of measurement of distance is developed. A full analysis of existing solutions and methods for implementing the distance to the object. For the development of the system, the most necessary technical means were selected in terms of ensuring the required accuracy of the device.

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

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

\_\_\_\_\_ проф. Володимир ЄРЕМЕНКО

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт**

«Цифрова система ультразвукового вимірювання відстані до об'єкту»

**ВА71.080004.001 ТЗ**

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

\_\_\_\_\_

(Посада)

\_\_\_\_\_

(Прізвище І.ПБ.)

Дипломник:

Ст. гр.ВА-71

\_\_\_\_\_

(Прізвище І.ПБ.)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

Залікова книжка \_\_\_\_\_

Київ 2021

## **1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ**

Ультразвуковий вимірювач відстані – УВВ. Область застосування – приладобудування, будівництво, побут, комерційні роботи.

## **2. ПІДСТАВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ**

Даний проект виконується на основі завдання на дипломне проектування на тему «Ультразвуковий вимірювач відстані» затвердженого кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки від 10 березня 2021 р.

## **3. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ**

Метою роботи являється покращення метрологічних характеристик при вимірюванні відстані, використовуючи ультразвуковий далекомір, суттєве збільшення відстані вимірювання за рахунок установки потужного ультразвукового датчика, а також автоматизація цього приладу за рахунок використання мікроконтролера.

## **4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ**

Джерелами розробки УВВ являються електронні та друковані видання вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури, довідкові матеріали, інформаційні ресурси мережі Internet, каталоги продукції провідних виробників та матеріали патентно-ліцензійного пошуку.

## **5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

Точність:

- Абсолютна похибка вимірювання не повинна перевищувати  $\pm 1$  мм.
- Нижня границя вимірювання – 12 см, верхня – 5 м.
- Потрібно враховувати зміну оточуючого повітря.

Характеристика блока живлення:

- Повинна бути незалежною від стаціонарного джерела живлення.

За характером випромінюваного сигналу:

- Рівень звукового випромінювання не повинен перевищувати 70 Дб.

Параметри ергономіки:

- Габаритні розміри корпусу приладу не повинні перевищувати 100 мм у довжині, 50 мм у ширині та 20 мм у висоті.

Зовнішнє середовище:

- Результати вимірювання повинні корегуватися в залежності від температури оточуючого повітря.

Вимоги технічного завдання можуть бути змінені за бажанням сторін. Всі зміни мають бути оформлені письмово та затверджені сторонами.



№рядка	Формат	Познака	Найменування	Аркуші	№ екз.	Примітки		
1			<u>Альбом 1</u>					
2								
3			<u>Документація загальна</u>					
4			<u>Заново розроблена</u>					
5	A4	BA71.080004.001 ТП	Відомість технічного проєкту	1	1			
6	A4	BA71.080004.001 ПЗ	Пояснювальна записка	42	1			
7	A4	BA71.080004.001 ТЗ	Технічне завдання	2	1			
8								
9	A4	BA71.080004.003 ПЕЗ	Цифрова система ультразвуко- вого вимірювання відстані до об'єкту					
10			Перелік елементів	2	1			
11								
12			<u>Альбом 2</u>					
13								
14			<u>Графічна документація</u>					
15			<u>Розроблена заново</u>					
16	A1	BA71.080004.001 E1	Цифрова система ультразвуко- вого вимірювання відстані до об'єкту					
17			Схема електрична структурна	1	1			
18								
19	A1	BA71.080004.002 E2	Цифрова система ультразвуко- вого вимірювання відстані до об'єкту					
20			Схема електрична функціона- льна	1	1			
21								
22	A1	BA71.080004.001 E3	Цифрова система ультразвуко- вого вимірювання відстані до об'єкту					
23			Схема електрична принципова	1	1			
			BA71.080004.001 ТП					
Зм.	Арк.	№ докум					Під- пис	Дата
Розроб.		Марциненко						
Перев.		Самарцев Ю.						
Н.контр.		Богомазов С.А.						
За- твердж.		Єременко В.						
Цифрова система ультразвуко- вого вимірювання відстані до об'єкту				Літ.	Аркуш	Аркуші		
				Т		1	1	
				КПІ ім. Ігоря Сікорсь- кого Каф. IBT, гр. BA-71				
Відомість технічного проєкту								

# **Пояснювальна записка**

## **до дипломного проєкту**

на тему: «Цифрова система ультразвукового вимірювання відстані до  
об'єкту»

Київ – 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОГЛЯД МЕТОДІВ І ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ.....	5
1.1 Вимірювання відстані за допомогою ультразвукового далекоміру ..	5
1.2 Ультразвуковий датчик HC SR04 та підключення до Arduino.....	6
1.3 Ультразвуковий датчик SICK UM 30-215118.....	12
1.4 Методи вимірювання відстані.....	13
1.5 Види далекомірів.....	16
1.6 Робота з УЗ датчиками та їх класифікація.....	18
1.7 Детально про вимірювання відстані шляхом ехолокації .....	21
2. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО РІШЕННЯ .....	27
2.1 Блок-схема алгоритму роботи приладу.....	27
2.2 Друкована плата приладу .....	31
3. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ .....	33
4. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІЙНОЇ .....	34
5. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ .....	35
6. АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОХИБКИ ДАТЧИКА .....	37
ВИСНОВКИ .....	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	41

					ВА71.080004.001 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.	Марциненко П..				Цифрова система ультразвуково- вого вимірювання відстані до об'єкту Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Самарцев Ю.М.						О	2	
							КПІ ім Ігоря Сікорського каф.ІВТ, гр. ВА-71		
Н. контр.	Богомазов С.А								
Затв.	Єременко В.С.								

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УВВ – ультразвуковий вимірювач відстані

МК – мікроконтролер

ПРН – перетворювач напруги

КМП – компаратор

БЖ – блок живлення

ПД – підсилювач рівня напруги

LCD – рідкокристалічний дисплей

ФВЧ – фільтр високих частот

УЗ – ультразвуковий

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Даний проект виконаний на основі завдання на дипломне проектування на тему «Цифрова система ультразвукового вимірювання відстані до об'єкту» затвердженого кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки. Дипломний проект присвячений розробці системи вимірювання відстані шляхом застосування ультразвукового далекоміра.

Актуальність створення такого приладу вимірювання відстані полягає в тому, що він може виконувати різноманітні задачі, наприклад, регулювання і контроль рівня наповнення рідких матеріалів в резервуарі, забезпечення надійності процесів виробництва незалежно від матеріалу та інших факторів, виявлення плоских об'єктів, які важко визначити оптично шляхом функції розпізнавання краю, виявлення певних об'єктів в контейнерах, що збільшує ефективність логістичних процесів. Моніторинг бракованих або незавершених товарів скорочує час перевірки і підвищує продуктивність на виробництві, вимірювання відстані до об'єкта в непростих погодних умовах та в умовах поганої видимості. Сучасні засоби хоча і забезпечують такі необхідні метрологічні характеристики, але технічний прогрес вимагає постійного їх покращення, і саме тому дана тема є актуальною. Метою роботи являється покращення метрологічних характеристик при вимірюванні відстані, використовуючи ультразвуковий далекомір, суттєве збільшення відстані вимірювання за рахунок установки потужного ультразвукового датчика, а також автоматизація цього приладу за рахунок використання мікроконтролера.

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД МЕТОДІВ І ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

## 1.1 Вимірювання відстані за допомогою ультразвукового далекоміру

Далекомір – пристрій для вимірювання відстані до певного предмету. Далекомір може допомагати в різних ситуаціях. Колісний робот може використовувати далекомір для виявлення перешкод. Літаючий дрон може літати на певній висоті завдяки далекоміру. За допомогою цього приладу навіть можна побудувати карту приміщення, якщо використати спеціальний алгоритм SLAM.

Взагалі існує багато різноманітних модифікацій схожих пристроїв, але всі вони працюють за принципом вимірювання часу за який проходить відбитий звук. Тобто датчик відправляє звуковий сигнал в певному напрямку, потім ловить відбитий звук і вираховує час польоту звуку від датчика до цілі і назад.

Швидкість звуку – це постійна величина, але залежить від щільності середовища. Якщо ми знаємо швидкість звуку в повітрі і час польоту звуку до перешкоди, можна розрахувати пройдену звуком відстань ( $S$ ) за формулою 1.1:

$$S = v * t \quad (1.1)$$

де  $v$  - це швидкість звуку в м / с, а  $t$  - це час в секундах. До речі, швидкість звуку в повітрі дорівнює 340.29 м / с.

У далекоміра є дві важливі конструктивні особливості. По-перше, щоб звук добре відбився від перешкоди, датчик зазвичай випускає ультразвук з певною частотою 40 кГц. І для цього в датчику є п'єзокерамічний випромінювач, що може генерувати звук дуже високих частот. По-друге, випромінювач створений так, що звук поширюється не на всі сторони (звичайні динаміки), а в достатньо вузькому напрямку (рис. 1.1).

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

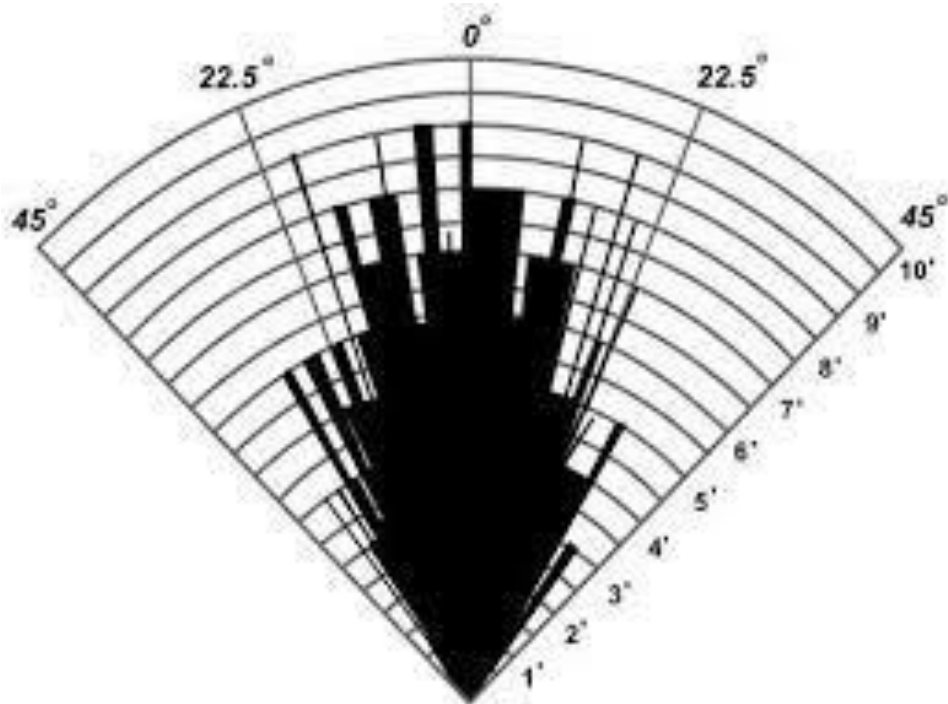


Рисунок 1.1 – Діаграма спрямованості датчика HC- SR04

Як бачимо з рисунку 1.1, кут огляду звичайного УЗ далекоміра становить близько 50-60 градусів. Для типового варіанту використання, коли перешкода знаходиться прямо перед датчиком на певній відстані, така діаграма спрямованості повністю влаштовує. Ультразвук в змозі виявити навіть ніжку стола, в той час як лазерний далекомір, наприклад, може не помітити її.

У разі якщо треба сканувати навколишнє середовище, обертаючи далекомір по колу як радар, ультразвуковий далекомір може дати дуже неточну і шумну картину. Для таких речей, напевно, буде краще використати саме лазерний далекомір. [1]

## 1.2 Ультразвуковий датчик HC SR04 та підключення до Arduino

Ультразвукові датчики руху поділяються на такі види

- настінні внутрішні;
- настінні зовнішні;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- стельові;
- кутові;

Датчик відстані HC SR04 – прилад безконтактного типу, і забезпечує доволі точне вимірювання відстані та стабільність. Постачання в режимі тиші дорівнює 2 мА, при роботі – 15 мА. Напруга – 5 В. Діапазон та межі дальності його вимірювань складає 2 - 500 см. На його роботу не дуже впливають електромагнітні випромінювання та сонячна енергія. Саме його я використовуватиму в схемах свого дипломного проекту. На рисунку 1.2.1 зображений УЗ датчик відстані HC SR04. На рисунку 1.2.2 – його будова. [2]

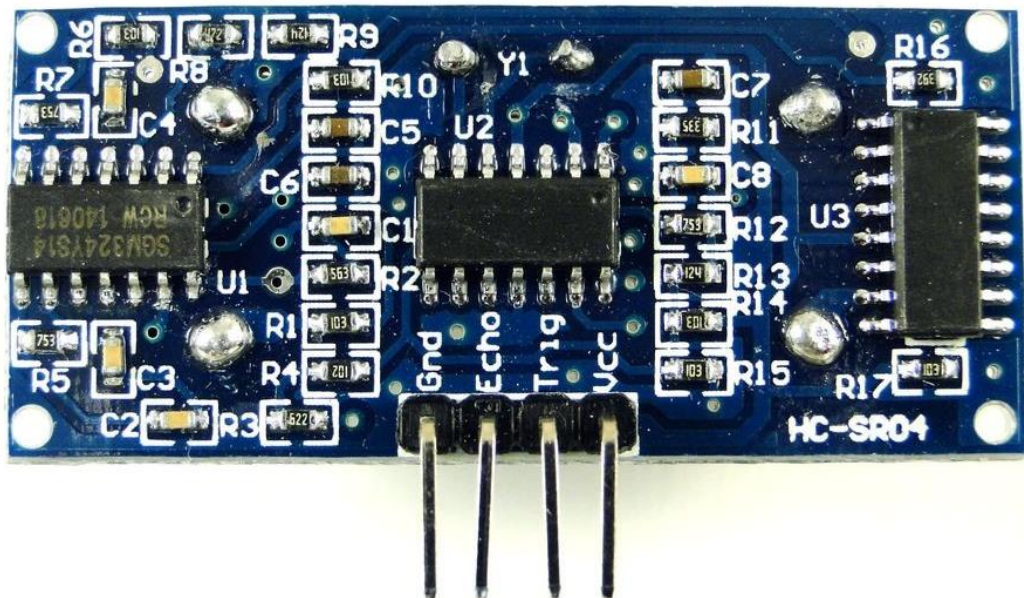


Рисунок 1.2.1 – Ультразвуковий датчик HC SR04

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



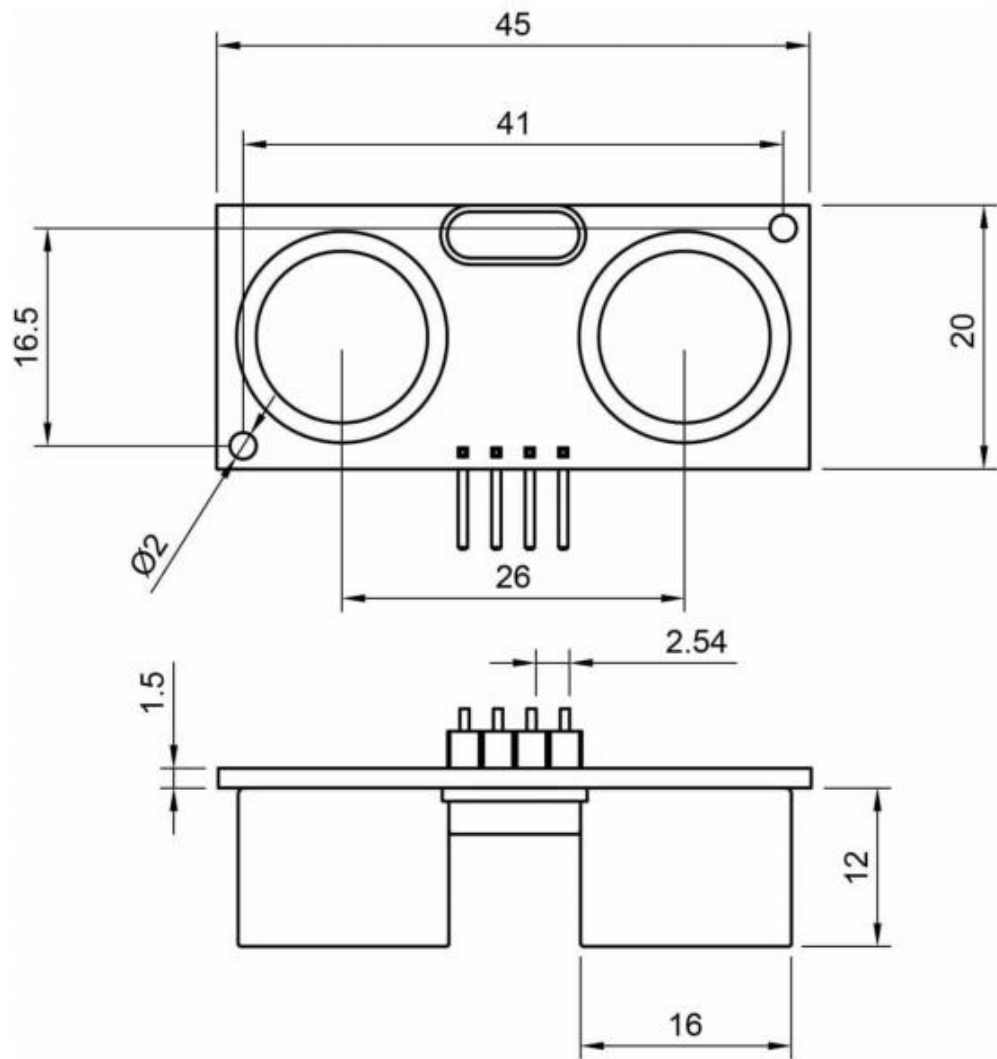


Рисунок 1.2.2 –Будова УЗ датчика HC SR04

Робота модуля базується на принципі ехолокації. Модуль подає ультразвуковий сигнал і приймає його відлуння від цілі. Замірявши час між відправкою та отриманням імпульсу, можна вирахувати відстань до цього об'єкту.

Всі виходи датчика HC-SR04 являються цифровими, тому можна підключати до будь-яких виходів Ардуіно Уно (рис 1.2.3).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

8

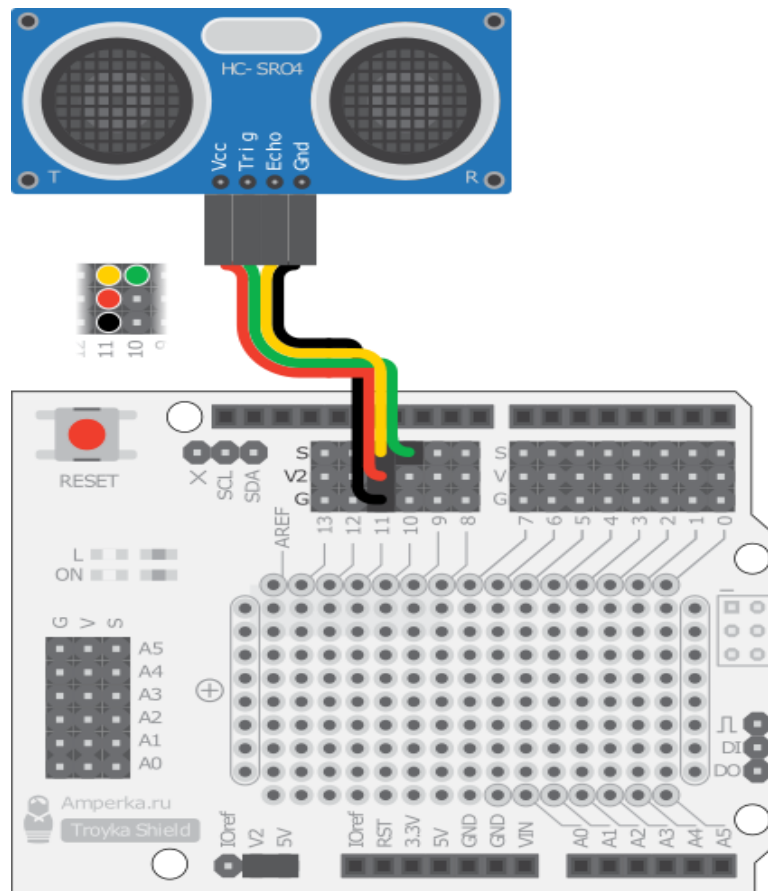


Рисунок 1.2.3 – Датчик підключений до Arduino

Функції контактів датчика HC SR04:

Vcc – живлення 5В

Trig – вхід

Echo – вихід

Gnd – земля

На вхід датчика подається короткий імпульс довжиною 10-15 мкс. Даний імпульс слугує запуском датчика для початку вимірювання. Модуль починає за-  
мір відстані. Як тільки до приймача дійде відбита хвиля, це займає деякий час,  
модуль сам порахує відстань і видасть імпульс високого рівня довжиною до 25  
мс. Довжина вихідного імпульсу буде пропорційна відстані до перешкоди  
від якого відбивається ультразвукова хвиля. Нам залишається тільки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

9

зловити цей імпульс, порахувати його довжину та перевести даний результат в відстань. Виробник приводить формулу 1.2, по якій вимірюється відстань в залежності від довжини імпульсу:

$$S = F / 58 \quad (1.2)$$

Отриманий результат буде в см, де  $S$  – це дистанція в см,  $F$  – довжина імпульсу в мкс (рис. 1.2.4).

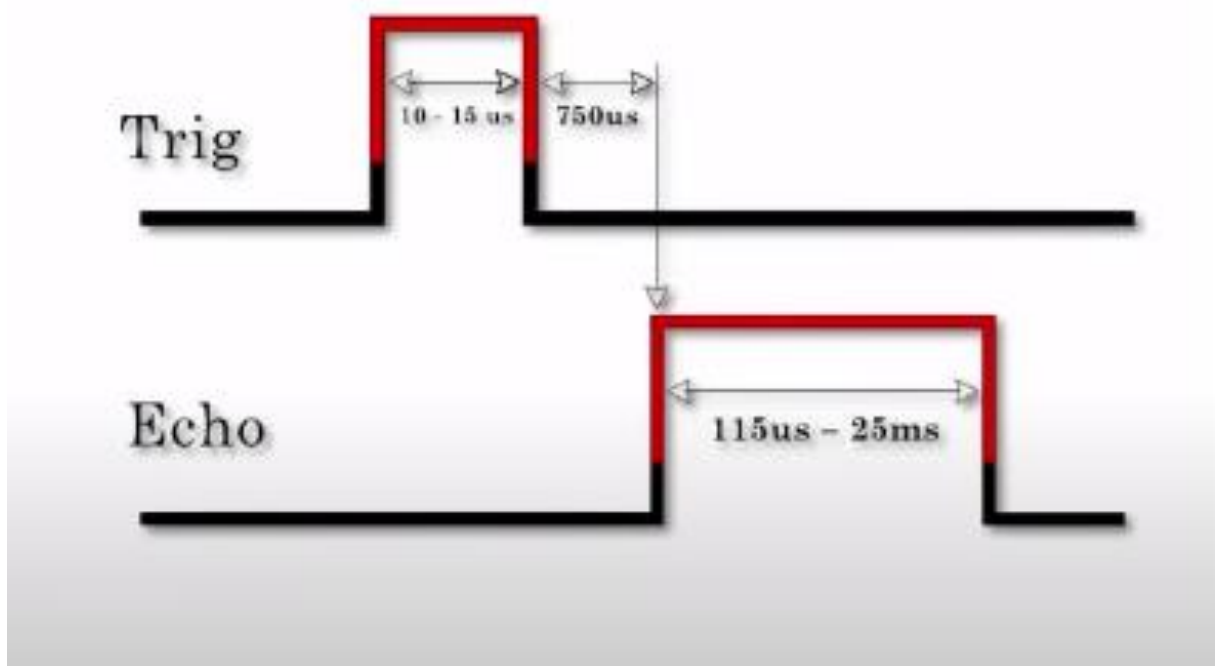


Рисунок 1.2.4 – Піни входу та виходу в датчику HC SR04

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

10

Датчик HC SR04 має певні недоліки, наприклад:

– не рекомендується підключати, безпосередньо, коли сама плата, до якої ми підключаємо, знаходиться під напругою (напруга більше 5В). Спочатку потрібно увімкнути вихід «земля», і лише потім вже підключати плату.

– може бути виявлена велика похибка, якщо велика відстань, а сама поверхня надмірно м'яка, горбиста і менше 0.4 квадратних метрів. Сила сигналу залежить від відстані і якості поверхні, що відбиває. Наприклад, якщо об'єкт буде знаходитися на відстані більше 7 метрів і у нього невелика поверхня, яка відбиває (не обов'язково дзеркальна), то сила відбитого сигналу буде значно слабшати.

Попри те, що на показання ультразвукових далекомірів фактично не впливають відблиски сонця або різно насичений колір чи світло об'єктів, на відміну від тих же інфрачервоних датчиків вимірювання, часткові відображення з боків кута виміру можуть накладатися на основну хвилю і спотворити всі результати вимірювання. Можлива навіть недоступність самим датчиком зчитувати інформацію і виводити її на екран. Причиною, як я вже зазначав, можуть стати нахилени, м'які, хиткі або інші криволінійні, дрібнозернисті і пухнасті поверхні.

Як показано на наступному рисунку, кут падіння на об'єкт також впливає на результат вимірювання. Якщо датчик стоїть паралельно вимірюваної цілі, то результати будуть ідеально точні. Але в разі якщо ця поверхня буде нахилена і кут падіння хвилі також буде більше 45 градусів, то сигнал може взагалі не потрапити на приймач, або потрапить хибний сигнал, який приведе до невірного вимірювання та суттєвих похибок (рис. 1.2.5).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

11

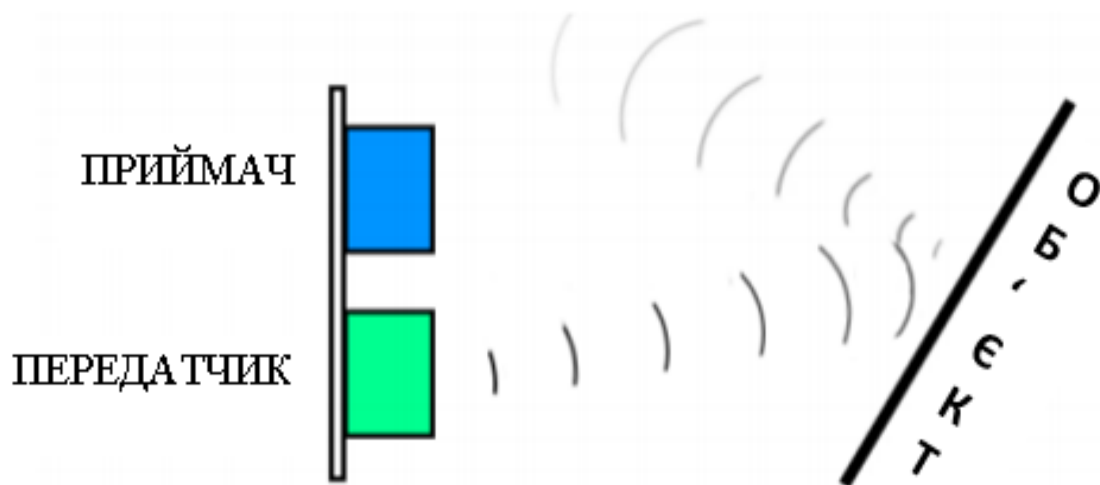


Рисунок 1.2.5 – Принцип роботи ультразвукового далекоміра  
з похилою поверхнею

Доведено, що ізоляційні матеріали або звуко-поглинаючі поверхні таким же чином можуть в результаті ослабити сигнал. Це, безпосередньо, приводить до проблеми зчитування інформації та виведення її на екран та збільшує похибку вимірювань.

На точність вимірювань суттєво впливають висока вологість (випаровування, дощ, сніг, туман) або щільна забрудненість піском та іншими дрібними частинками. Ультразвуковий сигнал може частково відбиватися від всіх цих малих перешкод і створювати віддзеркалений або частково відображений сигнал, що призводить до паразитного або хибного ехо-сигналу, котрий буде або накладатися на основний або перешкоджати йому. [3]

### 1.3 Ультразвуковий датчик SICK UM 30-215118

Розглянемо ще один УЗ датчик SICK UM 30: (рис. 1.3)

- напруга живлення: 9В;
- потужність: 2,4Вт;
- дальність вимірювання: від 13мм до 8м;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

12

- точність вимірювання:  $\pm 1\%$ ;
- максимальна похибка вимірювання:  $\pm 0,15\%$ ;
- ультразвукова частота: 80kHz;
- ефективний робочий кут  $15^\circ$ ;
- сила струму спокою 2mA;
- робоча сила струму 15mA;
- синхронізація до 10 датчиків;
- розширення аналогового виходу 12bit;
- тип виходу: роз'єм M12, 5 контактний;



Рисунок 1.3 – Ультразвуковий датчик SICK UM 30-215118

#### 1.4 Методи вимірювання відстані [5]

**Імпульсний метод.** Перевагою даного методу вимірювання є те, що при нескладній апаратурі, можна відразу вимірювати відстань до кількох об'єктів. Недоліком являється неможливість вимірювання малих відстаней. Це можна пояснити тим, що під час подання зондуючого сигналу приймач являється замкненим. Структурна схема імпульсного вимірювача дальності зображена на рисунку 1.4.1.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

13

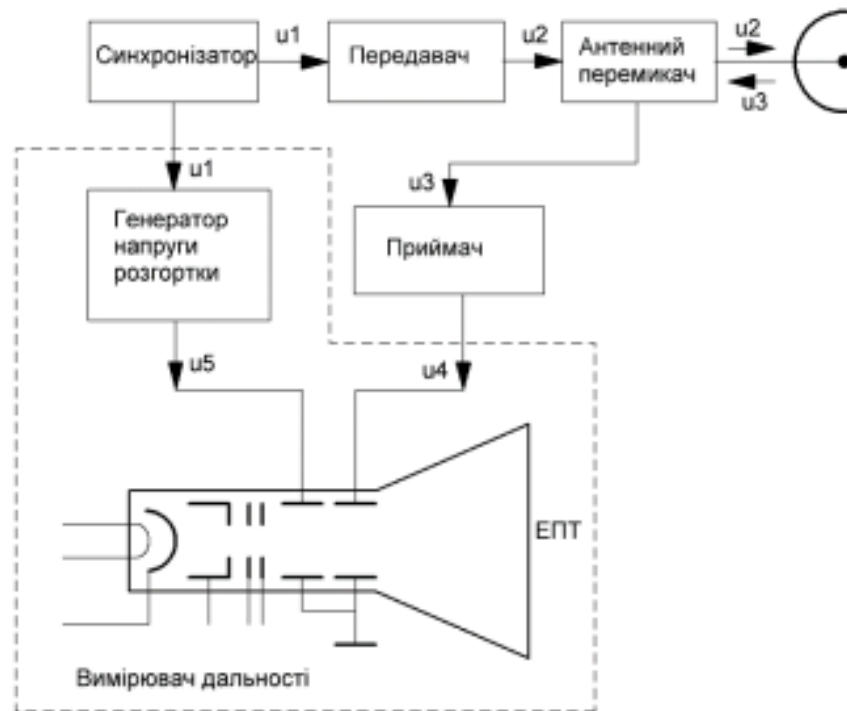


Рисунок 1.4.1 – Структурна схема імпульсного вимірювача дальності

**Частотний метод.** Переваги даного методу полягають в малій піковій потужності сигналу в порівнянні з потужністю імпульсного методу, доволі високій точності вимірювання і можливості виміряти маленькі відстані. Недоліками є складність апаратури при вимірюванні відстані до кількох об'єктів, складність розв'язки приймального і передавального каналів, яка необхідна для стандартної роботи системи та, безпосередньо, високі вимоги до зміни частоти звукових коливань при вимірюванні відстані до кількох об'єктів. Структурна схема частотного вимірювача відстані представлена на рисунку 1.4.2.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

14

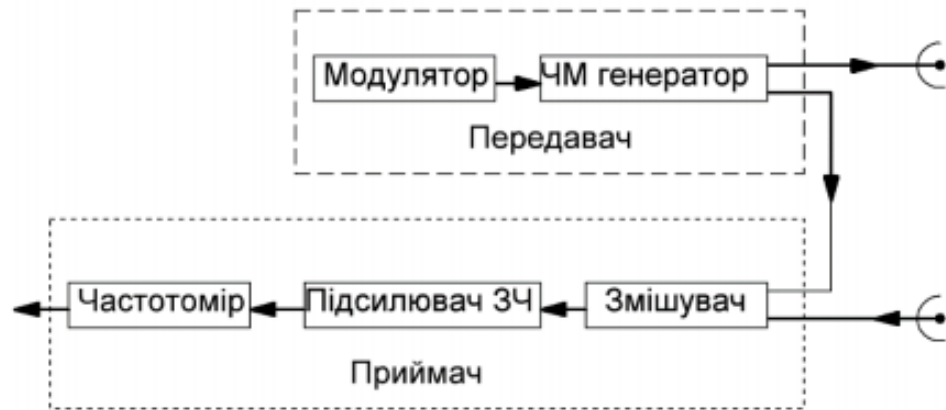


Рисунок 1.4.2 – Структурна схема частотного вимірювача відстані

**Фазовий метод.** Перевагою цього методу є той факт, що при виборі масштабною частоти може бути створена дуже висока точність вимірювання. Недоліки в тому, що не можна одночасно виміряти відстані до багатьох об'єктів, що знаходяться в зоні поширення ультразвуку, необхідність придушення відбитого сигналу, який надходить на вхід приймача, певна складність технічної реалізації, причиною якої є використання декількох шкал. Структурні схеми фазових вимірювачів відстані представлені на рисунку 1.4.3 та рисунку 1.4.4

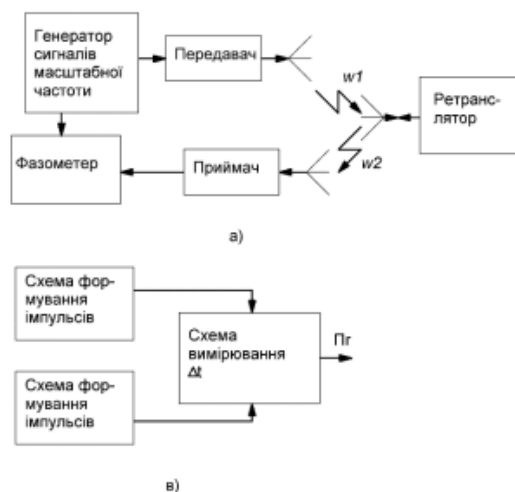


Рисунок 1.4.3

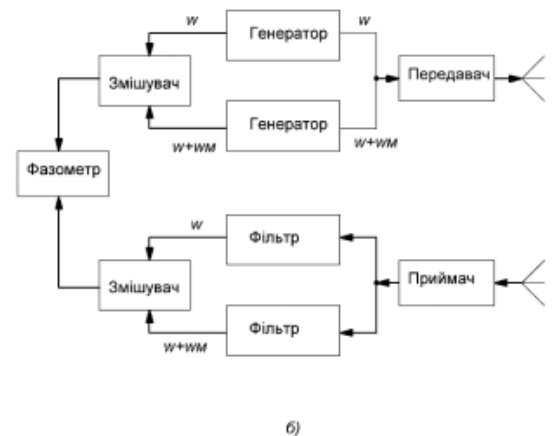


Рисунок 1.4.4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



## 1.5 Види далекомірів

Назва продукту: Ультразвуковий вимірювач відстані CB1005 (рис. 1.5.1)



Рисунок 1.5.1 – Ультразвуковий вимірювач відстані CB1005 [6]

Цей далекомір чудово підходить для будівельників і тих, кому треба швидко і точно виміряти площу певного приміщення.

- Обчислення об'єму
- Функція додавання і віднімання
- Одиниці виміру: метри або фути
- Рідкокристалічний екран з підсвічуванням
- Автоматичне вимкнення
- Пам'ять для трьох вимірів
- Функція очищення пам'яті

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

16

Технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних відстаней: 0.91 - 18.288 м;
- точність: 0.5%;
- діапазон робочих температур: 0 ° ... 43 ° С;
- частота: 40кГц (ультразвуковий передавач);
- розміри: 142x73x47 мм;
- вага без батареї: т 145 г;
- джерело живлення: 1 х 9В (6LR61);
- потужність: < 1мВт;
- довжина хвилі 650 нм.

Ціна: 110\$.

Назва продукту: Ультразвуковий вимірювач відстані AR831 (рисунок 1.5.2)



Рисунок 1.5.2 – Ультразвуковий вимірювач відстані AR831 [7]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

17

Портативний вимірювач відстані AR831 є зручним вимірювачем відстаней УЗ типу. В даний вимірювача доволі невеликі розмір та маса. Незважаючи на маленькі габарити, AR831 має наступний набір функцій:

- Сума показань;
- Обчислення площ та обсягів;
- Діапазон вимірювань від 0,3 до 15 метрів (досить хороший для використання його не тільки в побуті, але і при комерційних роботах).

Технічні характеристики:

- діапазон вимірювань 0,3 ~ 15м;
- точність вимірювань  $\pm 1\%$ ;
- живлення 4 х ААА батареї;
- розмір 100 х 54,5 х 21,5мм;
- вага 150гр.

Ціна: 80\$

## 1.6 Робота з УЗ датчиками та їх класифікація

На рисунку 1.6.1 представлена схема роботи УЗ датчика руху:



Рисунок 1.6.1 – Схема роботи ультразвукового датчика руху

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВА71.080004.001 ПЗ

Арк.

18

Робота програми побудована наступним чином. Програма відображає індикатор відстані, виявивши об'єкт в зоні вимірювання. Будь-які об'єкти, розташовані далі цієї зони не враховуються. На індикаторі в такому випадку відображаються прочерки.

Для максимальної простоти та швидкодії реалізації керування датчиком необхідно буде виділити 2 порти (в моєму випадку це будуть PJ0, PJ1). За допомогою першого порту буде формуватися керуючий імпульс. Для захвату результату датчика про відстань використовуємо зовнішнє переривання int1. Внаслідок цього легко можна спіймати відбивання датчика від об'єкта вимірювання на приймач. [8]

Типи датчиків можуть відрізнятися по типу монтажу. При виборі такого приладу треба перш за все визначити місце встановлення того чи іншого датчика. Якщо його планують встановити для контролю зовнішнього середовища, то для такої мети будуть доречні настінні зовнішні моделі. Якщо він необхідний для внутрішнього використання, то потрібно використовувати кутові або стельові прилади(рис. 1.6.1).

Ще датчики прийнято класифікувати за їх конструкцією. Вуличні моделі створюються у захисному корпусі, який зможе захистити прилад від погодних негараздів та інших впливів. Захисний корпус запобігає потраплянню вологи, пилу та іншого сміття на схемотехніку. У житлових будівлях зазвичай встановлюють побутові прилади, в яких немає високої степені захисту, позаяк вона, по суті, не потрібна.

Ультразвукові датчики можуть включати в себе генератор звукових коливань, які працюють в середньому на частотах від 20 до 60 кГц. Генератор починає випромінювати ультразвукові хвилі, які при знаходженні цілі відбиваються від нього та повертаються, безпосередньо, на приймач датчика. Якщо об'єкт рухається, частина відбитої хвилі буде змінюватися, так як приймач розпізнає та подає сигнал-сповіщення про зміни на керуючий пристрій.

Особливості конструкції ультразвукових датчиків полягають саме в тому, що його корпус створений з високоякісного пластику або навіть металу. Матеріал датчика залежить власне від призначення його використання. Ще у конструкції передбачається захист лінзи від механічних та інших пошкоджень. В такому випадку, зазвичай, прийнято використовувати міцне гартоване скло. Дані характеристики залежать напряду від виробника та призначення приладу. Монтаж конструкції найчастіше виконується на кронштейні, який також входить у комплектацію.

Датчик починає реагувати на переміщення об'єкту та передає інформацію про цю подію на реле. Реле може бути піддана регулюванню, яке налаштовується вручну. Також користувач може задати термін, при закінченні якого відбуватиметься необхідне спрацьовування цього датчика. [9]

Щодо безпроводних моделей ультразвукових датчиків – тут все простіше. Вони вже оснащені автоматикою, що контролює територію охоплення без втручання в це людини. Такі датчики можуть вільно працювати без підключення до мережі.

Також важливо налаштувати датчик правильно. Якщо допустити найменшу неточність, то він почне реагувати навіть на незначні мікро-переміщення та викликати хибну реакцію. Також, при неправильному налаштуванні, датчик може спрацьовувати на порив вітру або наближення до приміщення тварини чи пташки. Через це необхідно дотримуватися інструкцій при налаштуванні або викликати спеціаліста.

Треба зауважити, що при розміщенні ультразвукових датчиків руху необхідно дуже уважно прослідкувати, щоб вони не мали доступу до потоків світла ламп, а на їх шляху не траплялися перешкоди. Не можна встановлювати в радіусі дії масивні предмети, які будуть заважати при процесі в зоні контролю: опалювальні прилади, каміни, кондиціонери та ін. Вони можуть негативно впливати на

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу ультразвукового датчика, позаяк нагрітому повітрю притаманні коливання, які можуть бути сприйняті за рух об'єкта та викликати значні порушення безпеки.

Якщо ультразвукові датчики встановлюються на вулиці, потрібно заздалегідь розробити план території, на якій відбуватиметься цей процес, накреслити зони роботи пристрою. На шляху датчика ні в якому випадку немає бути інших споруд та будівель, дерев та яскравих пристроїв направлених на нього. [10]

Основні *переваги* УЗ датчиків:

- Достатньо висока точність;
- Висока функціональність;
- Робота практично за будь-яких погодних умов;
- Комфортність у використанні;
- Економічність;
- Доступна ціна;

*Недоліки:*

- Складність монтажу;
- Можуть викликати дискомфорт у домашніх тварин;
- Можливість хибних результатів;

### **1.7 Детально про вимірювання відстані шляхом ехолокації**

Довгий час людина ніяк не використовувала відлуння, поки не придумали спосіб вимірювати глибину морів і океанів шляхом ехолокації. Цей винахід був створений абсолютно випадково. У 1912 році затонув фактично з усіма пасажирами масивний пароплав «Титанік» від випадкового зіткнення з великим айсбергом. Щоб запобігти подібним катастрофам в туман або в нічний час, намагалися користуватися відлунням звичайного звуку назовні для виявлення присутності

крижаної перепони попереду судна. На практиці цей спосіб себе не дуже виправдав, проте наштовхнув на іншу ідею – вимірювати глибину морів, річок та океанів за допомогою відображення звуку від морського дна. Думка виявилася дуже вдалою.

Цей прилад був названий – ехолот. Він дійсний справжній переворот в практиці вимірювання морських глибин. Користування глибиноміром застарілих систем було можливо тільки з нерухомого судна і вимагало багато часу. Лот (старий гідрографічний та навігаційний прилад для вимірювання глибин водойм) доводилось спускати з колеса, на якому він намотаний, досить повільно (150 м в хвилину) і майже з такою ж швидкістю відбувався і зворотний процес підйому. Вимірювання глибини в 3 км цим способом забирало 40-50 хвилин. За допомогою ехолота ту ж відстань можна виміряти за кілька секунд, на повному ході корабля, отримуючи при цьому результат набагато надійніший і точніший. Похибка в даних вимірах не перевищує чверті метра. [11]

В відкритому середовищі звук лунає і не повертається назад, проте знаходячись в кімнаті, звук відіб'ється від стін та повернеться, але через невелике запізнення, прямий та відбитий звуки зливаються разом. Щоб почути відбитий звук окремо від прямого, відстань до поверхні, що відбиває цей звук має бути достатньо великою.

Між поданим звуком і, так званим, відлунням існує певна кількість часу. Так як звук пройшов шлях спочатку вперед і назад, його необхідно розділити на два. Щоб знайти відстань від точки до об'єкту відлуння, за формулою 1.1 потрібно помножити знайдений час на швидкість звуку в повітрі – 340.29 м / с.

В природі кажани використовують принцип ехолокації, щоб орієнтуватись в темноті та полювати на малих комах. Щоб кажан міг бачити за допомогою відбитого звуку, довжина звукової хвилі має бути менша розміру перешкоди. Розмір комара кілька міліметрів, тому звукова хвиля повинна мати приблизно таку ж довжину.

Дельфіни можуть використовувати принцип ехолокації для орієнтації та вільному пересуванні в водному просторі, полювання, спілкування між собою. Гортанню видається своєрідний звук, схожий на свист, який відбивається від об'єктів, що знаходяться поблизу них. Передається звук через звукові кісточки дельфінів (рис. 1.7.1).

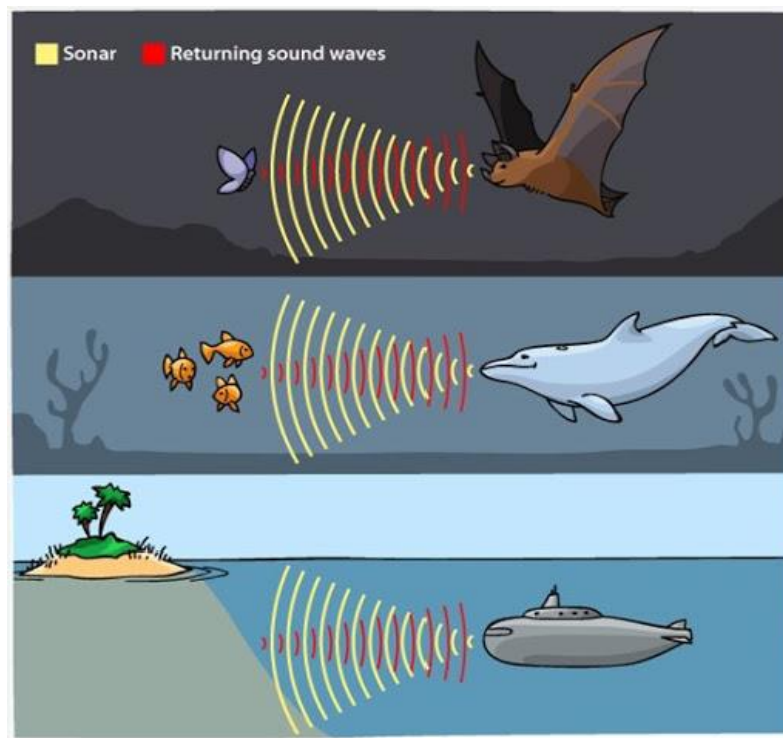


Рисунок 1.7.1 – Способи використання ехолокації в природі

Щоб знайти частоту звуку в Гц за формулою 1.3:

$$f = v / l \quad (1.3)$$

де  $v$  - це швидкість звуку, а  $l$  - це довжина хвилі.

Людське вухо здатне чути в межах 20 Гц – 20 кГц. Всі звуки понад 20000 Гц прийнято вважати ультразвуком, а всі звуки менше 20 Гц називають інфразвуком.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

23



Щоб побачити відбиття хвиль на власні очі можна використати хвильову машину і поставити на шляху хвилі плоске дзеркало. Після цього можна спостерігати, що відбиті хвилі також виходять плоскими, а якщо замінити плоске дзеркало на увігнуте – відбита хвиля збиратиметься коло однієї точки, яку називають фокусом увігнутого дзеркала. Енергія відбитої хвилі в цій області значно збільшується. Аналогічно в звукових хвиль, їх гучність коло фокуса доволі сильно збільшується.

Ще в двадцятому столітті стало відомо, що багато нічних метеликів в польоті самі видають короткі клацання. Метелики сімейства "совки" в польоті мають змогу клацати в такт з маховими рухами крил. Припущення про здатність метеликів до ехолокації вперше виразив відомий англійський ентомолог Г.Є. Хінтон на засіданні Лондонського Королівського ентомологічного товариства в 1955 році.

При зіткненні з гострим предметом, наприклад з сучками, метелик може пошкодити свої крила. Такі дефекти, з одного боку, суттєво знижують реальну чутливість совок до ультразвукових сигналів кажанів через зростання власного шумового фону (поранені метелики починають доволі голосно «шарудіти» в польоті), а з іншого боку – акустично демаскують їх перед хижаками. Пошкодження крил об гострі перешкоди також знижують маневреність комах. Таким чином, якість аеродинаміки крил і їх структурна цілісність багато в чому визначають резерв часу, який нічні метелики мають для того, щоб уникнути нападу кажана.

Використання принципу ехолокації у метеликів зменшує ймовірність механічних пошкоджень їх крил, тобто виправдано з точки зору підвищення їх персональної безпеки.

Ідея викликала резонанс: з'явилося кілька десятків робіт, в тому числі і з теоретичними розрахунками дальності дії ехолокатора нічних метеликів. Оцінки різних дослідників суттєво різнились. Висувались припущення, що радіус сягає від 10 см до 2 м.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

24

Експерименти будувалися, беручи до уваги припущення, що нічні метелики, виявивши перешкоду, спробують уникати зіткнення. І справді, в більшості випадків совки в темряві набагато рідше стикалися з акустично «світлими» перешкодами, але лише на фоні емісії власних клацань, тобто вони використовували ехолокаційну інформацію для орієнтації в просторі. Проте деякі метелики дуже намагалися наблизитись до джерела відлуння. Скоріш за все, ці комахи прагнули сісти на знайдений субстрат, що дуже притаманно для переляканих совок. Пізніше в схожих експериментальних умовах було виявлено особливу («мертву») зону, всередині якої можна було спостерігати різке зниження здатності піддослідних комах маневрувати після отримання відлуння від кульових перешкод. Іншими словами, поведінка комах напряму залежить і від відносних координат зустрічних предметів.

Аналіз результатів даних експериментів дозволив оцінити максимальну дальність дії ехолокатора метеликів - приблизно 30-40 см. Реальний рівень відлуння залежить від деяких умов: нерівності поверхні, що відбиває, кута її нахилу і так далі. Такі фактори, зазвичай, не дуже сприятливо впливають на амплітуду відбитої хвилі. Це може призвести до зменшення радіуса чутливості ехолокатора в декілька разів у порівнянні з максимально можливою зоною. Однак існують винятки: наприклад, коефіцієнт відображення звичайного листа з дерева з боку увігнутої поверхні може бути більше одиниці внаслідок сильної концентрації акустичних хвиль. Якщо зондуєчий сигнал відбивається від перешкоди зі складною формою поверхні, наприклад від нерівної кори дерева, то можна очікувати появу на вході акустичних імпульсів, розділених малими (0,1-0,3 мс) часовими інтервалами, пропорційні перепадам в рельєфі поверхні. За рахунок такого ефекту, втрати при відображенні ехолокаційних сигналів можуть бути частково скомпенсовані.

Аналіз траєкторій польоту нічних метеликів біля кульових відбивачів показав, що через 30 мс після випромінювання зондуєчого клацання (період їх одного помаху крил) метелик повертає в сторону від перешкоди. Така швидкодія

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

досягається завдяки прямим контактам слухових рецепторів з нейронами, які беруть участь в їх управлінні польотом. Напевно, основна задача ехолокатора совок – саме контроль за становищем оточуючих предметів біля робочих крил, тобто як раз на тих ракурсах, де надзвичайно важко бачити їх через великі кутові швидкості зсуву елементів оточення. На малих кутах візування (тобто прямо перед комахою) властивість метеликів реагувати на відлуння помітно обмежена (мертва зона). Саме цей факт дозволяє припустити, що зір та ехолокація в своїх можливостях доповнюють один одного.

Як було визначено в спеціальних експериментах, при показі метеликам зображень предметів, що швидко наближаються, у них може ініціюватись емісія ехолокаційних клацань. Це доводить те, що задача стеження за зустрічними об'єктами передається в центральній нервовій системі комахи послідовно від зорової системи до ехолокаційної. Спільна дія цих систем забезпечує при польоті в кронах дерев і чагарників, де відстані між гілками і листям вимірюються в сантиметрах.

Ехолокація, зазвичай, оснований на відображенні сигналів різної частоти – ультразвуку, радіохвиль та звуку. Перші ехолокаційні системи направляли сигнал в окрему точку простору і по затримці отримання результату визначали її віддаленість при відомій швидкості переміщення цього сигналу в даному середовищі і властивості об'єкту, до якого вимірюється відстань, відображати даний вид сигналу. Обстеження ділянки таким чином за допомогою звичайного звуку займало чимало часу. Проте зараз використовуються різні технічні рішення з використанням сигналів різної частоти, які допомагають істотно прискорити процес ехолокації для знаходження відстані. [12]

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО РІШЕННЯ

### 2.1 Блок-схема алгоритму роботи приладу (рис 1.8.1)

Після того як ми детально ознайомились з кожною складовою ультразвукової системи вимірювання відстані, нам необхідно вибудувати, безпосередньо, принцип роботи мого особистого приладу, який образно представлений на моїй блок-схемі (рис 2.1.1)

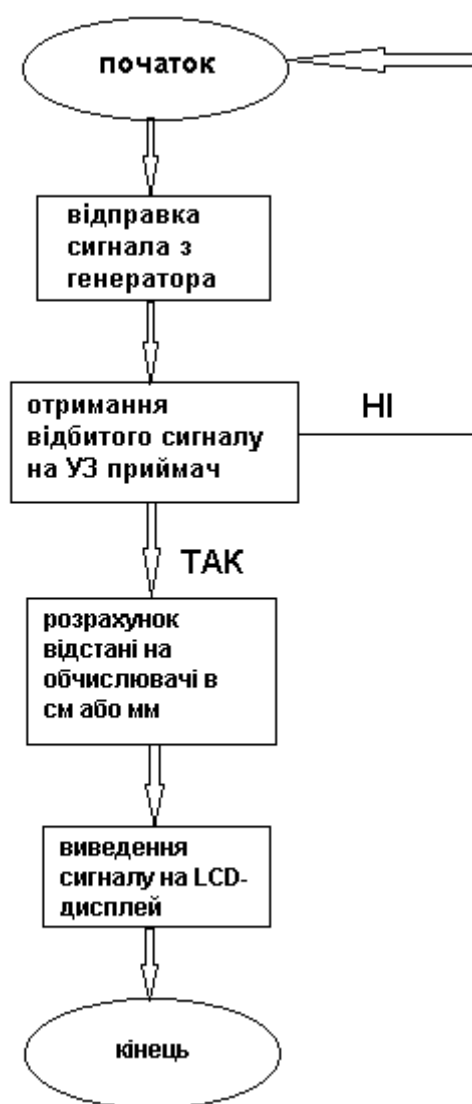


Рисунок 2.1.1 – блок-схема алгоритму роботи УЗ далекоміра.

Проаналізувавши дану блок-схему можна зауважити, що сигнал з, вбудованого в мікроконтролер ATMEGA2560, генератора ультразвукових хвиль подається на ультразвуковий передатчик. Після цього, при події якщо сигнал не відбивається від вимірюваного об'єкту, процедура починається знову, поки сигнал не відіб'ється на ультразвуковий приймач. Коли УЗ приймач отримує уже відбитий від цілі сигнал, подаються дані на обчислювач, та вираховується відстань між приладом та об'єктом в см або мм. Остаточні дані виводить цифровий LCD-дисплей.

Розміри та вигляд передавача та приймача представлені на рис 2.1.2 та рис 2.1.3:

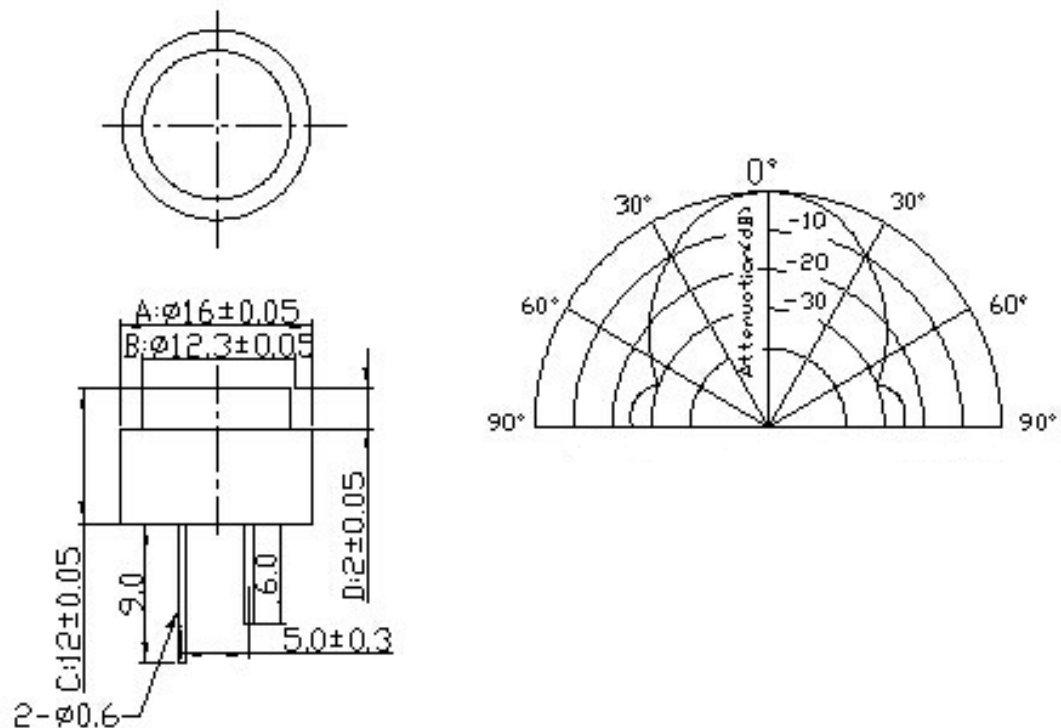


Рисунок 2.1.2 – Розміри ультразвукових передавача та приймача

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

28

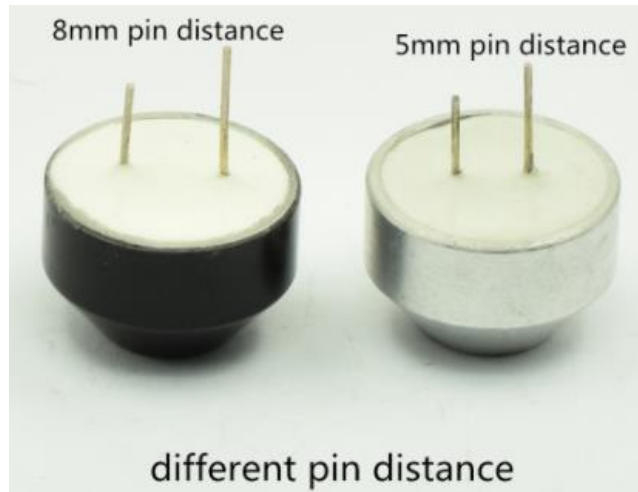


Рисунок 2.1.3 – Передавач та приймач в УЗ далекомірі

LCD-дисплей зображений на рис. 2.1.4:

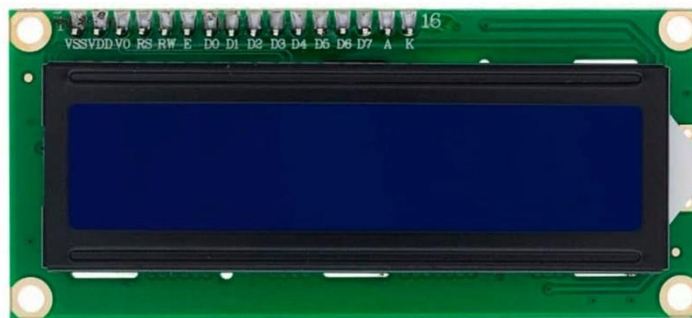


Рисунок 2.1.4 – Рідкокристалічний дисплей

Також важливими в цій роботі являються характеристики самих приймача та передавача, які представлені на рис 2.1.6:

Центральна частота (кГц)	40,0 ± 1,0
Передавання рівня звукового тиску (дБ) (синусова хвиля 30 см / 10 Вт)	≥96
Приймаю чутливий (дБ) дБ / м / мбар (0 дБ = V / Па)	≥-82
-6 дБ Похибка (град) (°)	75 ± 10
Дзвінок (мс)	≤1,36
Функція	Передавач / Приймаю
ємність (пФ) (25 °C)	1800 ± 10%
Допустимий вхідний напруга (Vp-p) (40 КГц)	150
Робоча температура (°C)	-40 ~ + 80
Температура зберігання (°C)	-40 ~ + 85
Термінал	PIN-код
Вага (г)	3.3

Рис 2.1.6 – Загальна характеристика приймача/передавача УЗ хвиль

## 2.2 Друкована плата приладу

На базі додатку Proteus Design Suite було розроблено друковану плату робочого приладу на базі ультразвукового далекоміра, яка представлена безпосередньо на рис 2.2.1.

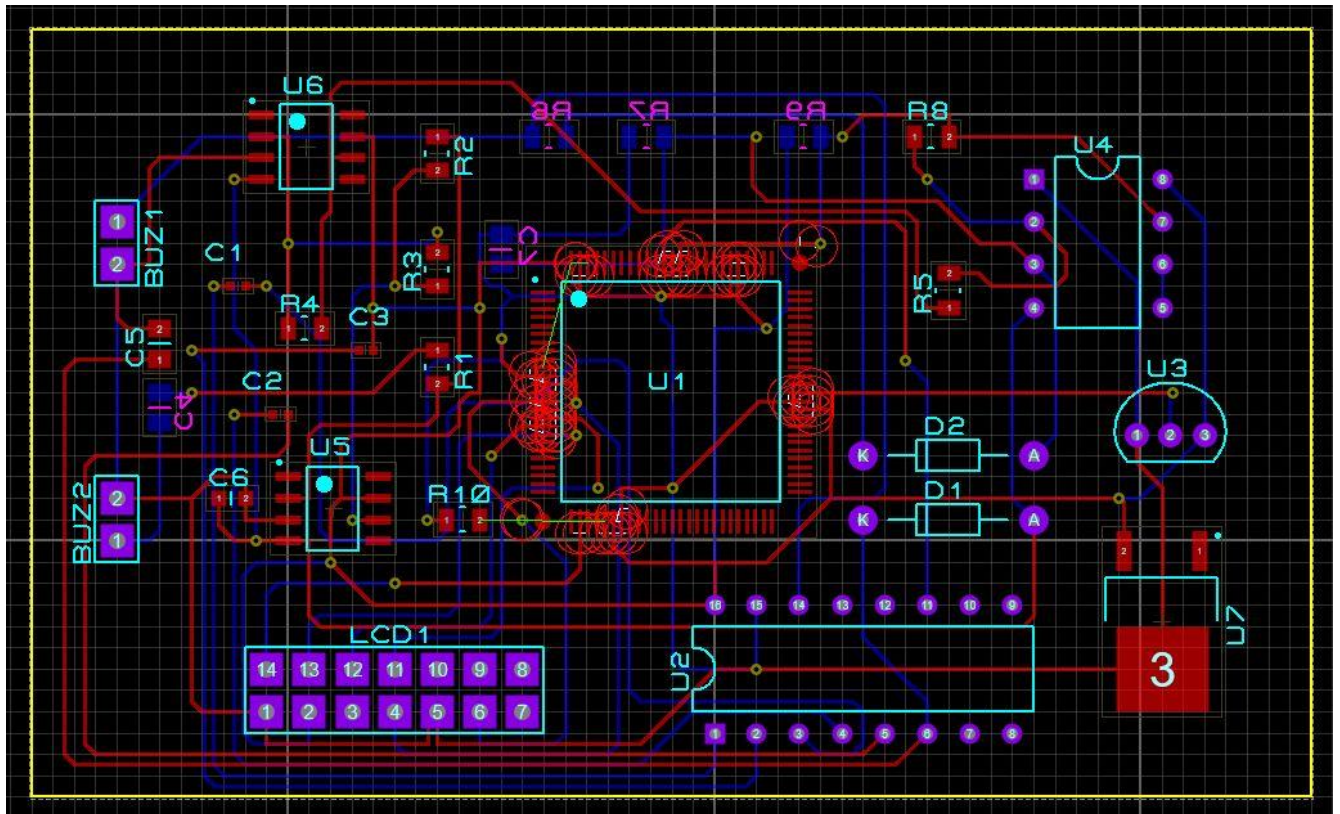


Рисунок 2.2.1 – Друкована плата прилад

U1 – мікроконтролер

U2 – помножувач напруги

U3 – ультразвуковий датчик

U4 – компаратор

U5 та U6 – підсилювачі

(Підсилювач U5 та U6 утворюють ФВЧ)

U7 – стабілізатор

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

31



BUZ1 та BUZ2 – зумери; електромагнітні випромінювачі звуку  
 типу BWT-1203UX

LCD1 – рідкокристалічний дисплей

D1, D2 – діоди

C1,C2,C3,C4,C5,C6 – конденсатори

R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9 – резистори

					<div> <div>BA71.080004.001 ПЗ</div> <div>32</div> </div>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ

На рисунку 3.1 зображена розроблена структурна схема УЗ системи вимірювання відстані:



Рисунок 3.1 – Схема електрична структурна

При розробці електричної структурної схеми був використаний принцип ехолокації. Блок живлення, вбудований в мікроконтролер, подає УЗ сигнал на ультразвуковий передатчик. Звук відбивається від необхідного об'єкту на ультразвуковий приймач (передатчик та приймач сигналу знаходяться на ультразвуковому датчику HC SR04). Сигнал обробляється на обчислювачі, вираховується відстань до перешкоди та повертається на мікроконтролер ATMEGA2560. LCD-дисплей показує результат в цифровому вигляді.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

33

## 4 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІЙНОЇ

На рисунку 4.1 зображена розроблена функційна схема УЗ системи вимірювання відстані:

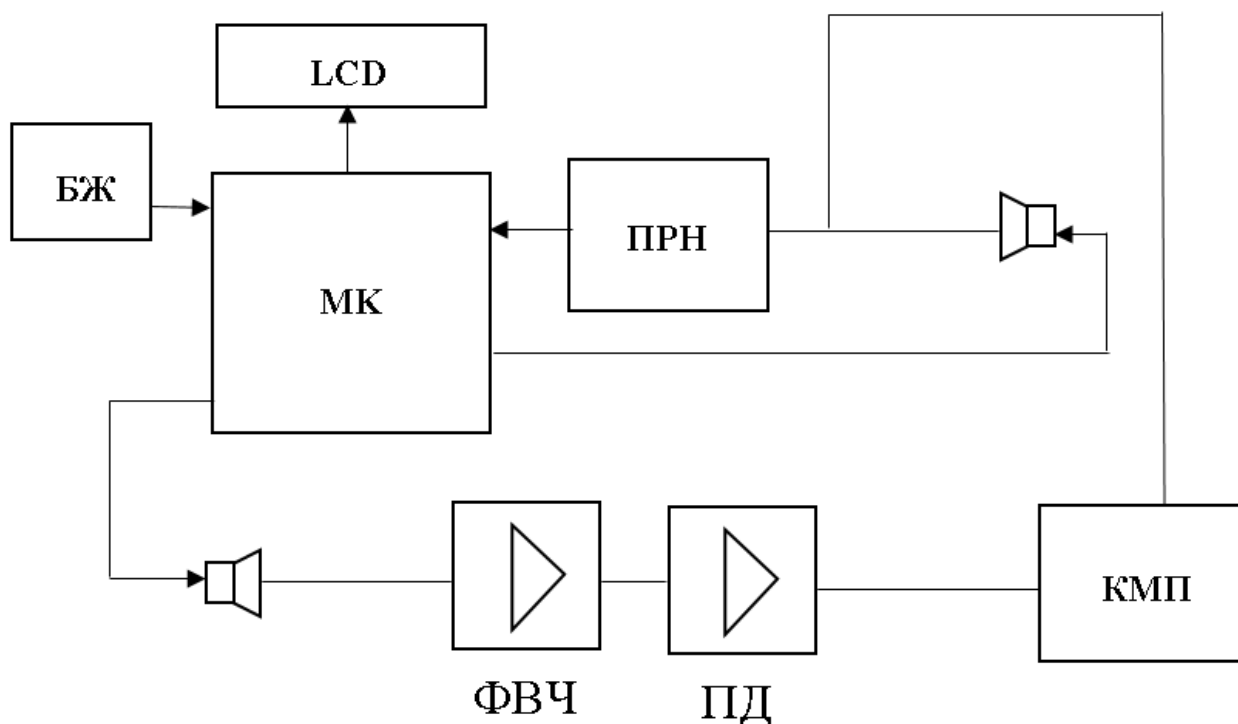


Рисунок 4.1 – Схема електрична функційна

### Умовні позначення:

МК – мікроконтролер

ПРН – перетворювач напруги

КМП – компаратор

БЖ – блок живлення

ПД – підсилювач рівня напруги

LCD – рідкокристалічний дисплей

ФВЧ – фільтр високих частот

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

34

## 5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

На рисунку 5.1 зображена розроблена функційна схема УЗ системи вимірювання відстані:

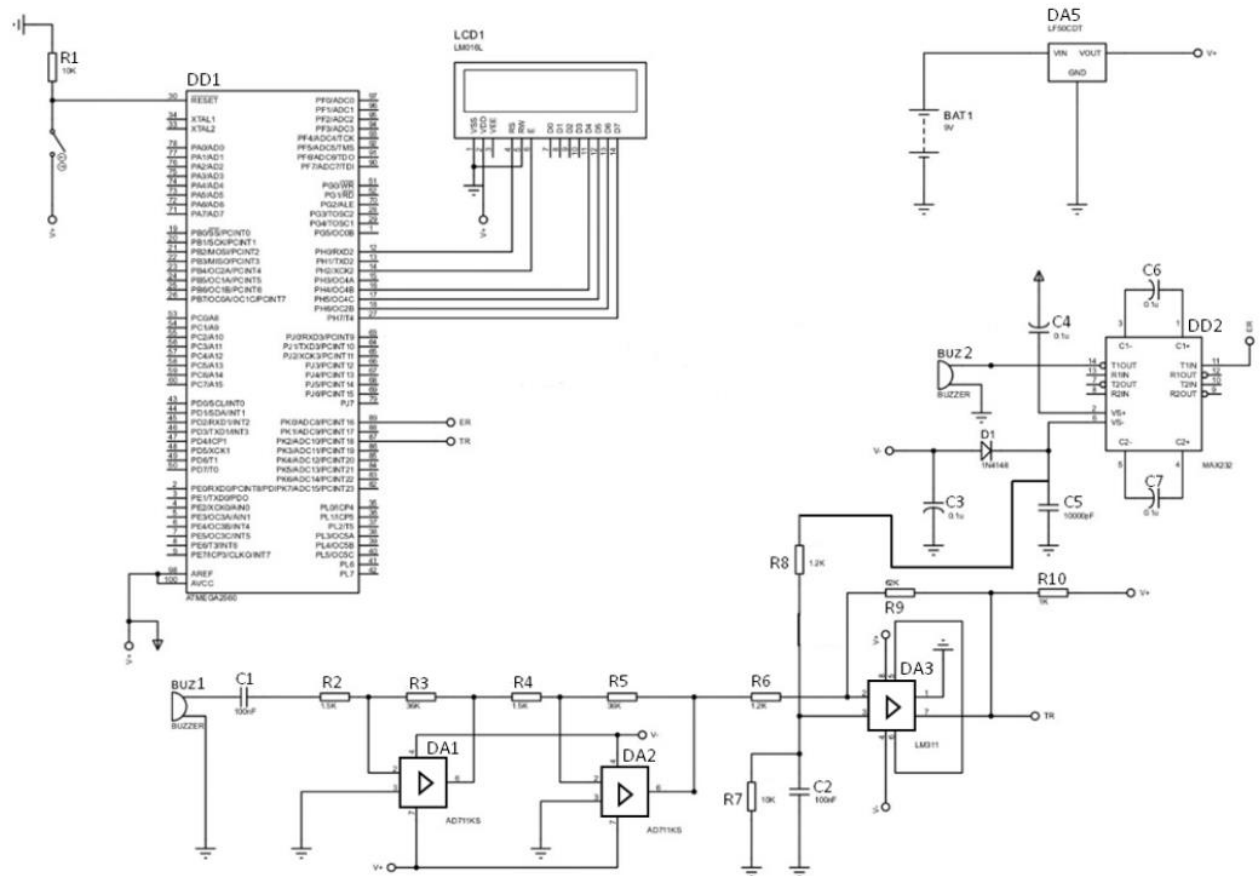


Рисунок 5.1 – Схема електрична функційна

Для розробки електричної принципової схеми ультразвукової системи вимірювання відстані був застосований 8-бітний мікроконтролер – ATMEGA2560. До мікроконтролера підключені: блок живлення, LCD-дисплей, блок керування, який має кнопку включення/виключення, стабілізатор та інше. Блок живлення, що складається з гальванічного елементу “Крона” та стабілізатору напруги, для підтримки вихідної напруги в вузьких межах, при зміні входної напруги і вихідного струму навантаження. Сигнал проходить через 2 підсилювачі. Один із них утворює фільтр високих частот, побудований на базі мікросхеми AD711K, для пропускання високих частот входного сигналу, при цьому

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

35

придушуючи частоти сигналу нижче частоти зрізу. Інший – звичайний підсилювач рівня сигналів. Компаратор, що приймає на свої входи два аналогових сигнали, порівнює і видає сигнал високого рівня. Перетворювач напруги, побудований на базі мікросхеми MAX232, перетворює низьку змінну напругу в високовольтну постійну для підсилення потужності сигналу. BUZ1 та BUZ2 – зумери тобто електромагнітні випромінювачі звуку. Кінцевий цифровий результат відображає рідкокристалічний LCD-дисплей з паралельним інтерфейсом.

					<div> <div>BA71.080004.001 ПЗ</div> <div>36</div> </div>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОХИБКИ ДАТЧИКА

При розрахунку похибки не враховувався вплив забрудненості повітря дрібнодисперсними частинками, тому потрібно звернутися до показань датчика при різній температурі і вологості. Для оптимальної роботи датчика необхідно врахувати траєкторію поширення широконаправленої хвилі сигналу ультразвукового датчика. Якщо процес роботи показати у вигляді фігури, то це рівнобедрений трикутник. Для того, щоб знайти його висоту  $h$ , необхідно застосувати відому теорему Піфагора. За формулою 6.1:

$$h^2 = a^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 \quad (6.1)$$

де  $h$  являється висотою рівнобедреного трикутника, в даному випадку це, безпосередньо, і є відстань самого датчика до об'єкта,  $a$  – це відстань, яку пройшов сигнал від передавача до об'єкта або від того самого об'єкта до приймача,  $b$  – це відстань від приймача до передавача (в даному випадку для ультразвукового датчика = 2,6 см). Демонстрація вигляду трикутника зображена на рис. 6.1.

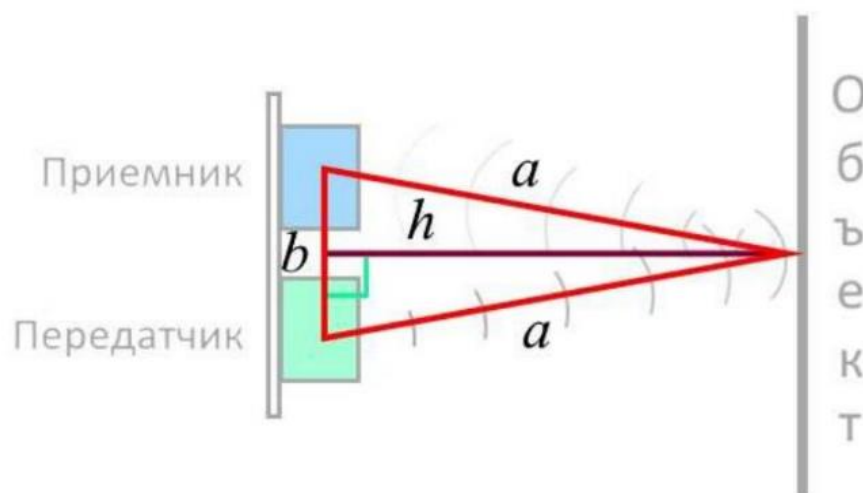


Рисунок 6.1 – Траєкторія поширення широко спрямованої хвилі сигналу ультразвукового датчика

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.080004.001 ПЗ

Арк.

37

Оскільки відстань між моїми приймачем і передавачем дуже мала (2,6 см), що являється основою  $b$  рівнобедреного трикутника, то це значно збільшує похибку вимірювання при малих значеннях  $a$ . Тобто, чим ближче знаходиться датчик до цілі, тим швидше відштовхуватиметься хвиля від об'єкта і повертатиметься. Зазвичай, це властивості датчика зчитувати та обробляти інформацію, в результаті чого можливі помилки обробки інформації та поява похибки вимірювання. Окрім цього, УЗ датчик не зможе зчитувати сигнал через малу відстань і часті подачі сигналу, оскільки кожне відлуння буде підсумовуватися і перетворюватися в, свого роду, плутанину, що призведе до появи помилкового або паразитного відлуння сигналів. [13]

Необхідно розрахувати теоретично реальні вимірювання, які покаже датчик при відстані:

реальна – 12 сантиметрів,

калібрована – 100 сантиметрів,

задана – 500 сантиметрів.

При  $h = 12$  см:

$$a^2 = \sqrt{12^2 - \frac{2,6^2}{4}} = 12,07$$

При  $h = 100$  см:

$$a^2 = \sqrt{100^2 - \frac{2,6^2}{4}} = 100,002$$

При  $h = 500$  см:

$$a^2 = \sqrt{500^2 - \frac{2,6^2}{4}} = 500,0001$$

Занесемо дані в табл 6.1

Реальные измерения см	Теоретические измерения см	Погрешность %	Компенсированная погрешность мм
12	12,07	7	16
100	100,002	0,2	4
500	500,0001	0,01	0,03

Проводимо розрахунок компенсації похибки за формулою 6.5:

$$S_{hcm} = \sqrt{s_{cm}^2 - 2,25} \quad (6.5)$$

Де  $S_{hcm}$  – перетворення реальне,  $s_{cm}$  – теоретично знайдене.



## ВИСНОВКИ

В ході дипломного проєкту були розглянуті методи та засоби вимірювання відстані, проаналізовано їх переваги та недоліки виділені найбільш перспективні з них. Детально було описано метод вимірювання відстані з використанням ультразвукового далекоміра. Були розглянуті види датчиків та пристроїв визначення відстані шляхом ультразвуку, були проаналізовані їх характеристики та принцип роботи.

Розроблена друкована плата, структурна, функціональна та електрична принципова схема ультразвукового далекоміра, який працює на основі вимірювання відстані за допомогою ультразвукових датчиків, була створена блок-схема алгоритму його роботи.

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. [Електронний ресурс] <http://robotosha.ru/electronics/how-works-ultrasound-meter.html>
2. [Електронний ресурс] <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/>
3. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. - Наука и техника, 2008р.
4. [Електронний ресурс] <https://www.sick.com/ru/ru/distance-sensors/ultrasonic-sensors/um30/c/g185672>
5. <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/inrtzp/txt/oliynik.pdf>
6. [Електронний ресурс] [http://www.multimeter.com.ua/component/virtuemart/?page=shop.product\\_details&product\\_id=72&flypage=flypage.tpl&pop=0](http://www.multimeter.com.ua/component/virtuemart/?page=shop.product_details&product_id=72&flypage=flypage.tpl&pop=0)
7. [Електронний ресурс] <https://zdravim.ru/product/1617>
8. Корчагина Р.Л. Техничко-экономическое обоснование при разработке радиоэлектронных приборов и устройств. 1988р.
9. IC CSR 26000:2011 «Международный стандарт о социальной ответственности»;
10. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
11. Шишмарев В. Ю. Метрология. Стандартизация. Сертификация и техническое регулирование, 2012р.
12. Э. Ш. Айрапетьянц, А. И. Константинов «Эхолокация в природе», 1970р.
13. [Електронний ресурс] <http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-4-2017-2.pdf>
14. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы (1990р.)

					<b>ВА71.080004.001 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

15. Зорин А.Ю. Условные графические обозначения на электрических схемах (2007г.)

16. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983г.

17. А.И. Слесарев, Е.В. Моисейкин, Ю.Г. Устьянцев “Аспекты проектирования электронных схем на основе микроконтроллеров”, 2018г.

					ВА71.080004.001 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		