

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

## Пояснювальна записка

до бакалаврської дипломної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Засоби акустичного керування в комп'ютерних  
пристроях і системах»

Виконала: студентка 4 курсу, групи 1КІ-16б  
спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія»

Дищук Ю. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник                      к.т.н., доц. Крупельницький Л. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент                      к.т.н., доц. Куперштейн Л.М.

(прізвище та ініціали)

м. Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

Ступінь вищої освіти — бакалавр

Спеціальність 123 — «Комп'ютерна інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

обчислювальної техніки

д.т.н., про. Мартинюк Т.Б.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Дищук Юліанні Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Засоби акустичного керування в комп'ютерних пристроях та системах

керівник роботи Крупельницький Леонід Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Вінницького національного технічного університету від 06.03.2020 року №\_75.

2. Строк подання студентом роботи 25.05.2020

3. Вихідні дані до роботи Проаналізувати методи і засоби керування на основі амплітудної, частотної та спектральної модуляції й розпізнавання акустичних сигналів. Розробити способи виділення інформативних сигналів, схеми приймання,

детектування та виконуючі пристрої для керованих комп'ютерних пристроїв і систем.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) розглянути та проаналізувати методи та засоби акустичного керування в комп'ютерних пристроях та системах; розробити структурну та функціональну схеми пристроїв; реалізувати технічні пристрої та їх програмні складові.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема електрична принципова акустичного перемикача, перелік елементів пристроїв, характеристики Arduino Uno, блок-схема алгоритму, лістинги скетчів та фото розроблювальних пристроїв

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3	Крупельницький Л. В., к.т.н., доцент каф. ОТ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Огляд і аналіз джерел інформації	6.01.2020	
	Розробка технічного завдання	29.01.2020	
	Огляд та аналіз методів та засобів акустичного керування в комп'ютерних пристроях та системах	21.02.2020	
	Розробка структурної та функціональної схем пристроїв	27.03.2020	
	Реалізація технічних пристроїв та їх програмної складової	24.04.2020	
	Підготовка до презентації і захист роботи	25.05.2020	

Студент \_\_\_\_\_ Дишук Ю. І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Крупельницький Л. В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Куперштейн Л. М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Проаналізовано задачі акустичного керування комп'ютерними пристроями і системами, методи розпізнавання звукових сигналів та фактори, що впливають на коректність розпізнавання. Обрано оптимальні методи і способи акустичного керування освітленням та дистанційного управління за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу.

Проаналізовано існуючі засоби акустичного та централізованого (дистанційного) керування, проаналізовано та обрано оптимальну мікропроцесорну платформу, розроблено структурні та функціональні схеми пристроїв.

Розроблені алгоритми роботи та програмного забезпечення для пристроїв. Проведено макетування та експериментальні дослідження пристроїв. Наведено характеристики, переваги і недоліки, рекомендації щодо їх застосування.

## **ABSTRACT**

The tasks of acoustic control of computer devices and systems, methods of sound signal recognition and factors influencing the correctness of recognition are analyzed. The optimal methods and ways of acoustic lighting control and remote control using a two-tone multi-frequency analog signal are selected. The existing means of acoustic and centralized (remote) control are analyzed, the optimal microprocessor platform is analyzed and selected, structural and functional schemes of devices are developed.

Algorithms of work and software for devices are developed. Modeling and experimental studies of devices were carried out. The characteristics, advantages and disadvantages, recommendations for their use are given.

## ЗМІСТ

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	8
ВСТУП .....	9
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЯХ ТА СИСТЕМАХ.....	11
1.1 Сфери застосування акустичного керування .....	11
1.2 Аналіз методів вирішення задач розпізнавання звукових сигналів .....	15
1.3 Аналіз існуючих засобів акустичного керування та вибір технічного рішення.....	23
1.4 Висновки та постановка задачі .....	32
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ПРИСТРОЇВ	33
2.1 Синтез функціональної схеми акустичного перемикача, вибір елементної бази і розробка вузлів схеми .....	33
2.2 Огляд і вибір мікропроцесорних платформ для пристроїв акустичного керування .....	36
2.3 Аналіз функцій та способи керування платформою Arduino Uno .....	44
2.4 Розробка структурної схеми акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino.....	48
2.5 Розробка структурної схеми пристрою керування за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу .....	51
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА ЇХ ПРОГРАМНОЇ СКЛАДОВОЇ .....	54
3.1 Конструктивне виконання, експерименти та дослідження акустичного перемикача мережевого освітлення .....	54

					08-23.БДР.003.00.000 ПЗ					
					Засоби акустичного керування в комп'ютерних пристроях і системах.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб		
Розроб.		Дищук Ю. І.								
Керівник		Крупельницький								
Рецензент		Куперштейн			Арк.	Аркушів				
					ВНТУ, гр. 1КІ-166					
Н. Контр.		Швець С. І.								
Затверд.		Мартинюк								

3.2 Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення для акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino	56
3.3 Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення для пристрою керування за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу .....	62
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	66
ДОДАТОК А Технічне завдання .....	69
ДОДАТОК Б Схема електрична принципова акустичного перемикача .....	72
ДОДАТОК В Перелік елементів акустичного перемикача .....	73
ДОДАТОК Г Характеристики Arduino Uno .....	74
ДОДАТОК Д Конструкція акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino.....	75
ДОДАТОК Е Конструкція пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС .....	76
ДОДАТОК Ж Фото розроблюваного та виготовленого акустичного перемикача .....	76
ДОДАТОК З Блок-схема акустичного перемикача на основі Arduino Uno....	79
ДОДАТОК И Лістинг програми скетчу акустичного перемикача на основі Arduino Uno.....	80
ДОДАТОК К Зовнішній вигляд акустичного перемикача на основі Arduino Uno .....	81
ДОДАТОК Л Лістинг програми скетчу пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС.....	82
ДОДАТОК М Зовнішній вигляд пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС .....	84

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АП — акустичний перемикач.

АЧХ — амплітудно-частотна характеристика — залежність амплітуди вихідного сигналу пристрою або системи передачі, підсилення або обробки сигналу від частоти вхідного сигналу сталої амплітуди.

ДБАС — двотональний багаточастотний аналоговий сигнал.

ІКЗ — інтенсивні короткочасні звуки.

РГЗ — рівень гучності звуку.

Шум — безладні коливання різної фізичної природи, що відрізняються складністю тимчасової і спектральної структури.



## ВСТУП

**Актуальність теми** полягає у тому, що сучасні технології керування пристроями в побуті та на виробництві здатні полегшувати працю й повсякденне життя, гарантувати безпеку та, при цьому, ще й економити кошти. Рівень життя сучасної людини значною мірою визначається розвитком техніки, ресурсів, енергії.

Широкого застосування набув вираз автоматизованої системи управління, що, згідно з тлумачним словником, означає систему автоматичної обробки інформації за активної участі людини в процесі управління.

Одним з видів автоматизованих технологій є акустичне керування. На сьогоднішній день широкого застосування набуло акустичне керування в таких технічних сферах:

- «розумний будинок»;
- промисловість;
- охоронні системи;
- космос;
- випробувальні полігони (науково-дослідні, навчальні, заводські);
- побут.

Інформаційно-керуючі системи стали популярними у різних галузях. Такі системи корисні при керуванні транспортом, виконавчими механізмами та системами. Також акустичне керування варто застосовувати у випадках, коли необхідно отримувати інформацію про стан навколишнього середовища або стан механізмів.

Отже, розроблення засобів акустичного керування є надзвичайно важливою задачею, яка вирішується в межах даного дослідження.

**Об'єкт дослідження** – процес акустичного керування комп'ютерними пристроями та системами.

**Предмет дослідження** – методи та засоби розпізнавання звукових сигналів та пристрої акустичного керування.

**Мета роботи** — розроблення пристроїв, що забезпечать акустичне керування в комп'ютерних пристроях та системах. Для досягнення вищевказаної мети необхідно виконати такі **задачі**:

- проаналізувати галузі застосування акустичного керування;
- класифікувати методи розпізнавання звукових сигналів;
- розглянути існуючі засоби акустичного керування;
- розробити пристрій акустичного керування освітленням;
- розробити пристрій керування комп'ютерними пристроями та системами за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу;
- провести діагностику роботи розроблених пристроїв;
- розробити рекомендації та пропозиції про застосування пристроїв на практиці.

За результатами дослідження було **опубліковано** 2 тези доповіді:

1. ЗАСОБИ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ [Текст] / Ю. І. Дищук // XLVII Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2018): Тез. доп. — Вінниця, 2018. — 1. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/5333/4357> [1].

2. ЗАСОБИ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЯХ І СИСТЕМАХ [Текст] / Ю. І. Дищук // XLIX Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2020) : Тез. доп. — Вінниця, 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9341/7746> [2].

Результати дослідження у вигляді тез доповіді опубліковані і доповідались на науково-технічних конференціях ВНТУ: «XLVII Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2018)» та «XLIX Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2020)».

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЯХ ТА СИСТЕМАХ

## 1.1 Сфери застосування акустичного керування

На сьогоднішній день набули популярності різноманітні інформаційно-керуючі системи. Особливо зручно використовувати такі системи для операторів, оскільки передбачається можливість спілкування з ними природним чином, наприклад, за допомогою голосових команд. Такі системи корисні при керуванні транспортом, коли необхідно керувати виконавчими механізмами та отримувати інформацію про їх стан і стан навколишнього середовища. Завдяки чому знижується навантаження на оператора [3].

Тому для задачі акустичного керування різними пристроями необхідне розпізнавання звукових сигналів або окремих голосових команд. В загальному акустичне керування полягає у розпізнаванні звуку. У цьому випадку можливі такі види породження звуку:

- людська мова;
- звукові сигнали іншого походження.

Найчастіше використовується розпізнавання звукового сигналу не мовленнєвого породження. Для цього вирішується завдання розпізнавання інтенсивних короткочасних звуків (ІКЗ). ІКЗ — звукові коливання, що тривають менше 0,5 секунди, гучність яких значно вища за фонові звуки. Наприклад, такими звуками можуть бути сплеск в долоні, вистріл, вибух [4].

Для задачі голосового керування різними пристроями необхідне розпізнавання окремих голосових команд. Такий спосіб управління вимагає високої надійності. Також необхідно враховувати середовище, у якому відбувається подача голосових команд. Найчастіше це виробничі цехи, у яких підвищена зашумленість [3].

У зв'язку з широким застосуванням таких технологій акустичне керування має широке застосування у різних галузях. Сфери застосування акустичного керування наведено на рисунку 1.1.

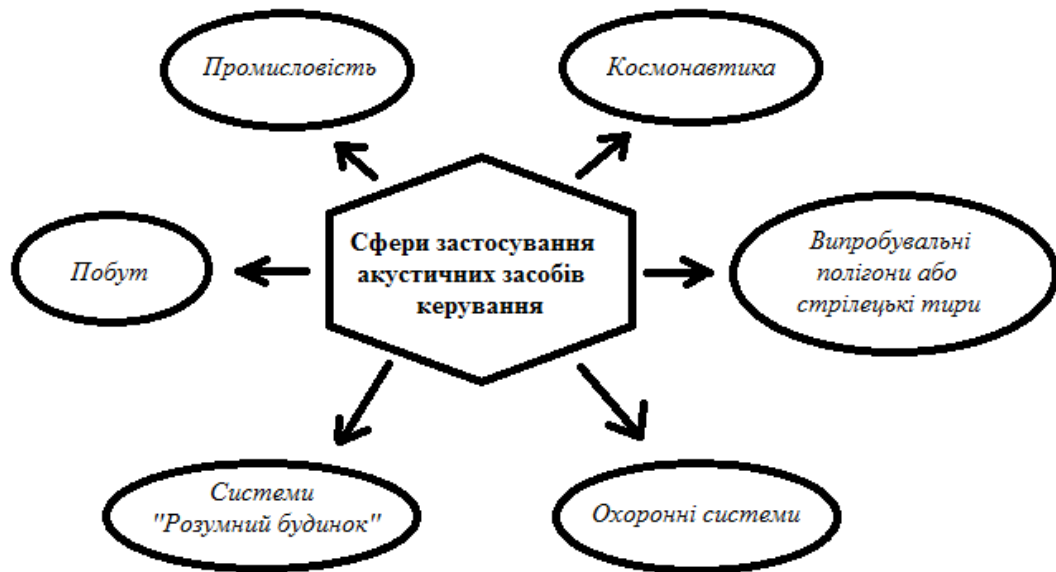


Рисунок 1.1 — Сфери застосування акустичних засобів керування

Розглянемо більш детально сфери застосування акустичного керування.

На сьогодні найпопулярнішою сферою застосування акустичного керування є «розумний будинок». «Розумний будинок» — це високотехнологічна система, яка може об'єднати всі прилади у будинку та керувати ними одним натисканням кнопки навіть якщо господар знаходиться далеко від будинку. Завдяки цьому всі системи будинку працюють злагоджено і максимально ефективно. «Розумний будинок» керує домашнім господарством, заощаджуючи зусилля господарів, час і гроші, піклуючись про комфорт і безпеку усіх мешканців.

Основні функції «розумного» дому:

- надійна і проста у користуванні система охорони;
- керування освітленням;
- контроль протікання води або газу;
- можливість керування інтелектом будинку та побутовими приладами через інтерфейс за допомогою телефонної лінії, мобільного зв'язку або Інтернет;
- централізоване керування усіма функціями [5, 6].

Отже, з ціллю прослуховування стану будинку, що можуть нести важливу інформацію, використовується акустичне керування. Тобто, сенсори налаштовуються в залежності від можливих загроз, наприклад, коли відкрилось

вікно від сильного вітру. Корисною є функція керування освітленням, приладами завдяки сплеску в долоні. Також завдяки двотональному багаточастотному аналоговому сигналу, що використовується для набору телефонного номера, можливе керування з телефону.

Важливою сферою застосування є промисловість. У промисловості часто застосовується розпізнавання вибухів, сплесків для миттєвого спрацювання системи захисту. Це важливо у випадках аварії, можливого пролиття небезпечної рідини через пошкодження ємностей, вибуху реакторів, що можуть нести катастрофічні наслідки.

Через зростання злочинності кожен потребує забезпечення безпеки майна. Системи захисту людини та її майна розвивались досить довгий період від найпростіших засобів фізичного захисту до сучасних систем безпеки. Для цього використовуються охоронні системи. В охоронних системах найголовнішим є прослуховування загрози будинку, автомобіля, сейфу. Спрацьовує охорона системи, коли відбувається порушення захисту. Після цього подається сигнал сирени. Прослуховуюючи звук, миттєво спрацьовує система сповіщення господаря та поліції [7].

Космічний простір дуже складно змодельовати перед польотом. Позакорабельну діяльність (вихід в космос) планують на останніх етапах розробки польотного плану, коли виявлено проблеми або несправності, іноді навіть під час польоту. Потенційна небезпека виходів у відкритий космос емоційно тисне на космонавтів. Тому у космонавтиці важливою є миттєва реакція операторів на зміни в роботі обладнання. Це можуть бути появи тріщин, обривів, перетинання, перегорання. Миттєве сповіщення про зміни в роботі техніки можуть врятувати життя космонавтів та забезпечити безпеку.

Випробувальні (науково-дослідні) полігони призначені для випробувань в умовах, наближених до реальних, дослідницьких, експериментальних та серійних зразків озброєння і військової техніки. Також тут проводять запуски ракет, бомбометань та стрільб за планами бойової підготовки.

Основні завдання таких полігонів:

- перевірка бойових, технічних і експлуатаційних характеристик нових зразків і порівняння отриманих результатів з тактико-технічними вимогами;
- розробка на підставі результатів випробувань пропозицій та рекомендацій щодо вдосконалення бойових зразків;
- проведення контрольних випробувань окремих зразків серійних партій щоб перевірити відсутність відхилень від основних тактико-технічних характеристик;
- перевірка експлуатаційно-технічної та технологічної документації;
- проведення траєкторних, телеметричних та інших вимірювань;
- організація та проведення навчально-бойових пусків ракет, бойових стрільб та навчань військових частин;
- наукові дослідження в галузі тактики, організації військ та інші питання.

Для автоматизації роботи таких полігонів з контрольно-вимірювальною технікою використовується акустичне керування. Схожими сферами застосування, де доцільно використовувати акустичне керування є навчальні і заводські полігони та стрілецькі тири.

Навчальні (військові, морські) полігони призначені для проведення навчань і бойових (навчально-бойових) пусків ракет, бомбометань, торпедних, артилерійських та інших стрільб, постановки мін, а також для тренувань особового складу. Вони обладнуються мішенями з механізованим або автоматизованим управлінням.

Заводські полігони, які належать підприємствам оборонної промисловості, призначені для відпрацювання та випробувань зразків або окремих елементів комплексів озброєння і військової техніки, експериментальної перевірки варіантів конструктивних і схемних рішень, перевірки якості доопрацювань щодо усунення виявлених недоліків та зауважень, стикування агрегатів і систем в комплексі, перевірки якості озброєння, його пристрілювання і налагодження [8].

Щоб установити «розумний будинок» необхідно мати кошти. Більш дешевшим буде використання окремих систем керування. Наприклад, системи керування освітленням за допомогою сплеску в долоні. Доцільно використовувати коли

перемикач знаходиться у важкодоступному місці, або коли немає можливості монтування звичайного перемикача. Також варто використовувати у кімнатах, де перебувають діти, оскільки щоб дотягнутися до перемикача необхідно подолати ряд перепон. Це буде набагато безпечнішим, ніж безпосереднє контактування дитини з перемикачем або розеткою (оскільки акустичне керування можна здійснювати над будь-якими приладами). Тому акустичне керування доцільно використовувати і у побуті [1].

## **1.2 Аналіз методів вирішення задач розпізнавання звукових сигналів**

Аудіоподією означимо появу звукового сигналу. Задачу розпізнавання різних аудіоподій поділяють на дві підзадачі:

— детектування різких імпульсних сигналів з фонового шуму в потоці звукових даних;

— класифікація детектованого сигналу до одного з типів аудіоподій.

Методи детектування відрізняються способом автоматичного детектування блоку, що містить різкий імпульсний сигнал. Для вирішення задачі детектування (розпізнавання) ІКЗ можуть бути використані такі методи розпізнавання мови:

— частотний метод, що полягає в застосуванні частотного аналізу;

— метод, що полягає в застосуванні нейронних мереж [4, 9].

Розглянемо застосування перерахованих методів для розпізнавання ІКЗ на прикладі вистрілів.

Для цього запишемо аудіофайл. Було виконано 3 вистріли з пневматичної гвинтівки PRO Germany HARD. Для отримання запису звуку було використано смартфон Xiaomi Redmi 5 з додатком Sound Meter версії 1.7.3a. Залежність величини рівня гучності звуку від часу зображено на рисунку 1.2.

Виходячи з експерименту можна зробити такі висновки:

— амплітуда вистрілу приблизно в 1,75 рази менша за амплітуду шумів;

— звукові вистріли майже не відрізняються по довжині і амплітуді;

— амплітуда перезаряду менша за амплітуду вистрілу приблизно на 10%.

Розглянемо більш детально частотний метод. Частотний аналіз полягає в

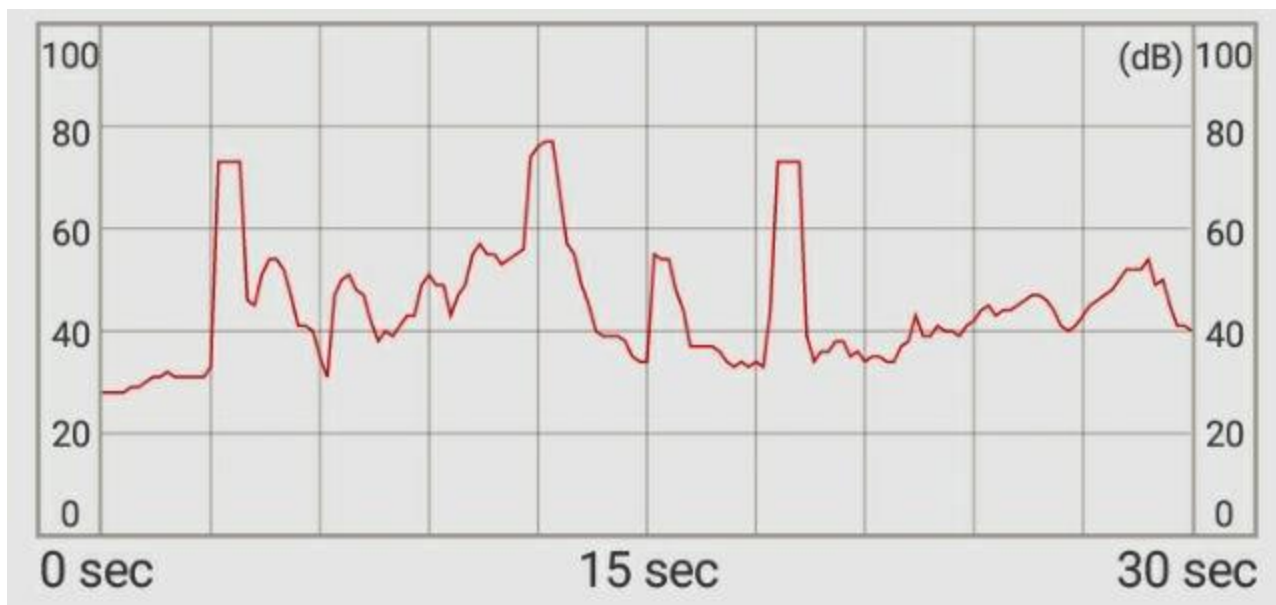


Рисунок 1.2 — Залежність РГЗ від часу при виконанні 3 вистрілів

переході з часової форми представлення звукового сигналу в частотну, значення РГЗ залишається вимірюватись в децибелах.

На рисунку 1.3 наведено частотне представлення ІКЗ вистрілів з пневматичної гвинтівки PRO Germany HARD. Для отримання запису звуку було використано смартфон Xiaomi Redmi 5 з додатком Sound Spectrum Analyzer.

Значення звукового тиску унікальне для кожного звукового сигналу. Завдяки цьому ефективно використовувати його для задачі розпізнавання ІКЗ.

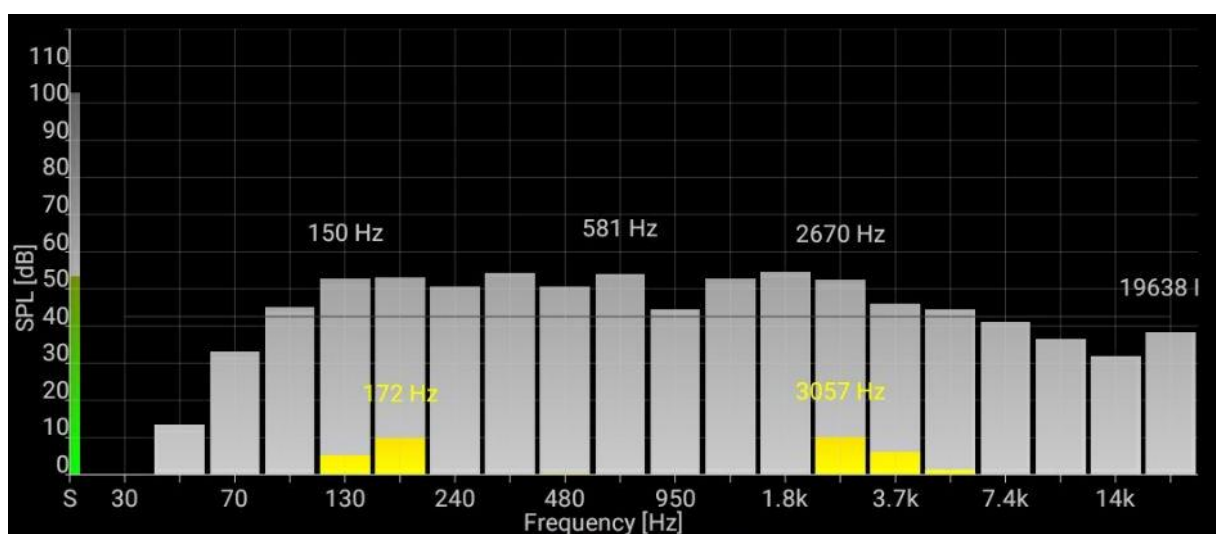


Рисунок 1.3 — Частотне представлення ІКЗ вистрілу з пневматичної гвинтівки PRO Germany HARD



Для порівняння використовується набір РГЗ на заданих інтервалах частот. Недоліком є нездатність системи аналізувати звук в режимі реального часу, оскільки необхідний додатковий етап обрахунків [10].

Розглянемо метод розпізнавання ІКЗ за допомогою нейронних мереж. Розпізнавання звукових сигналів з використанням нейронних мереж полягає у розпізнаванні за шаблоном.

Штучні нейронні мережі складаються з безлічі простих нейронів. Вони взаємодіють один з одним та можуть паралельно виконувати обрахунки. Кожен нейрон отримує значення звукового тиску від часу і подає вихідні сигнали іншим нейронам. Структура штучного нейрона наведена на рисунку 1.4.

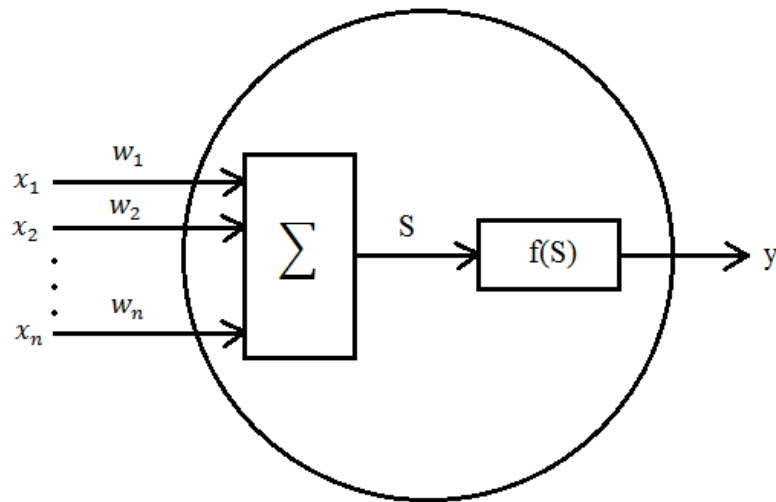


Рисунок 1.4 — Структура штучного нейрону

Штучні нейрони — це прості процесори, що мають обмежені обчислювальні можливості. Математично штучний нейрон зазвичай подають як нелінійну функцію:

$$y = f(S),$$

де  $S$  — лінійна комбінація всіх вхідних сигналів.

Вихідний сигнал нейрона може надходити до іншого через синаптичні зв'язки. Синаптичні зв'язки характеризуються вагами  $w_i$ . На вхід нейрона у розпізнаванні звукових сигналів подається значення РГЗ. Поточний стан буде рівний сумі зважених входів:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i,$$

де  $x_i$  — сигнали на вході нейрона,  $w_i$  — вагові коефіцієнти входів.

Наступним етапом є перетворення стану  $S$  передавальною функцією (функцією активації)  $f$ . Здебільшого передавальна функція є монотонно зростаючою. Вихідні значення змінюються у діапазоні від  $-1$  до  $1$  або від  $0$  до  $1$ . Проте можливі й інші діапазони [11, 12]. Основні передавальні функції:

- лінійна;
- кусково-лінійна;
- одинична;
- сигмоїдальна.

Найпоширенішою передавальною функцією є логічна функція:

$$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}}.$$

Перевагою використання нейронних мереж є можливість навчання, завдяки чому збільшується можливість правильного розпізнавання мови. Але для розпізнавання звуку це є недоліком, оскільки без початкових даних немає можливості швидко ввести в експлуатацію прилад [11, 4].

Отже, вищеописані методи мають недоліки, які перешкоджають їх використанню в розпізнаванні ІКЗ. Але слід пам'ятати, що форма сигналів ІКЗ набагато простіша за форму людської мови, тому для розпізнавання звукових сигналів можна запропонувати наступні методи:

- метод на основі використання медіанного фільтру;
- метод фільтрування за рівнями звукового сигналу;
- метод на основі динамічного порогу.

Метод на основі використання медіанного фільтру полягає в знаходженні звукового сигналу, що є більшим за стале значення порогового. Основні етапи автоматичного детектування ІКЗ на основі цього методу наведено на рисунку 1.5.

Застосування медіанного фільтру порядку  $k$  до набору значень блоків

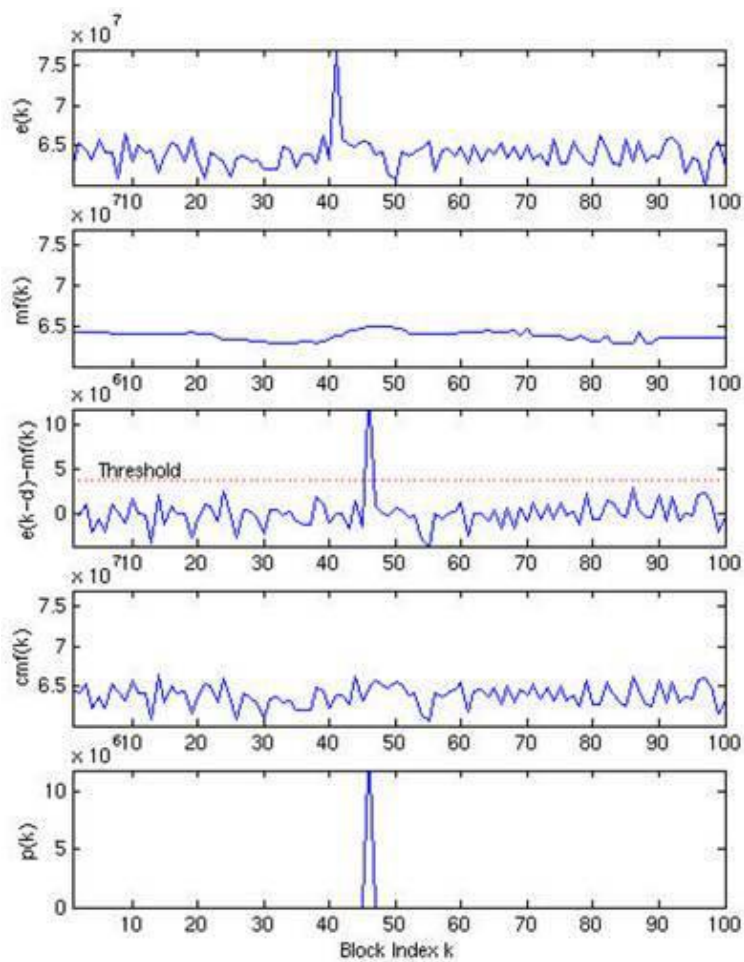


Рисунок 1.5 — Виділення імпульсних сигналів на основі медіанного фільтру

потужностей визначається за формулою:

$$mf(k) = MED_{i=k-L+1}^k e(i).$$

Для детектування блоку з ІКЗ застосовується умовний медіанний фільтр, який залишає початкове значення сигналу в разі, якщо різниця між початковим відліком і медіанним значенням менше порогового значення, та медіанне значення в іншому випадку. Отже, обчисливши різницю між сигналом після застосування фільтрування та зсунутим початковим сигналом можна автоматично виділити ІКЗ [9].

Розглянемо детальніше метод фільтрування за рівнями звукового сигналу. Для виділення ІКЗ використовується фіксоване значення РГЗ  $L$  і зміщення  $\Delta L$  в відсотках від  $L$ .  $L + \Delta L$  — верхня границя,  $L - \Delta L$  — нижня границя чутливості мікрофона. Приклад застосування методу фільтрування рівнів гучності ІКЗ наведено на рисунку 1.6.

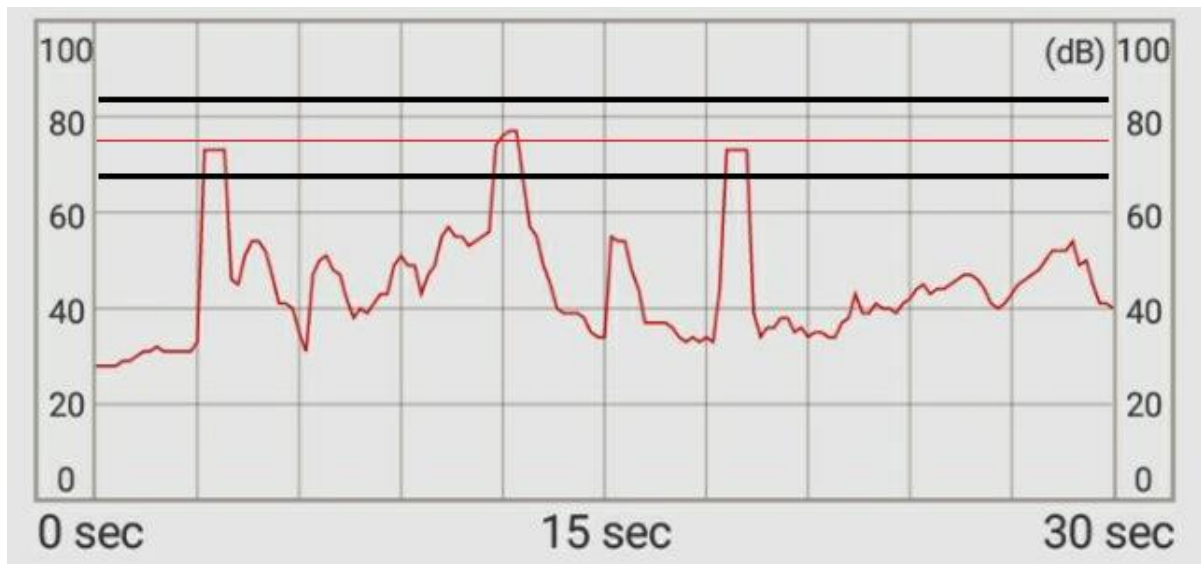


Рисунок 1.6 — Застосування методу фільтрування за рівнями ІКЗ

Отже, необхідні звукові сигнали потрапляють в діапазон і розпізнаються, а шум не береться до уваги. Варто відзначити, що зміщення  $\Delta L$  необхідно визначати експериментально відносно від природи звуку.

Недоліком цього методу є те, що для надійності необхідно точно вираховувати зміщення, оскільки навіть у одного джерела РГЗ може значно коливатись. Звідси можливе хибне спрацювання сенсора [4].

Метод на основі динамічного порогу базується на використанні середнього значення набору потужностей блоків і середньоквадратичне відхилення як динамічного порогу.

Автоматичне детектування відбувається за умови перевищення потужності черговим блоком порогового значення, що визначається за формулою:

$$th = par * std + m,$$

де  $par$  — параметр, що визначає чутливість алгоритму. Приклад застосування даного методу для значення параметра  $par=3$  наведено на рисунку 1.7 [9].

При виборі методу розпізнавання ІКЗ також дуже важливо враховувати зовнішнє середовище. Фактори, що впливають на правильність розпізнавання:

- температура повітря;
- вологість повітря;
- атмосферний тиск;

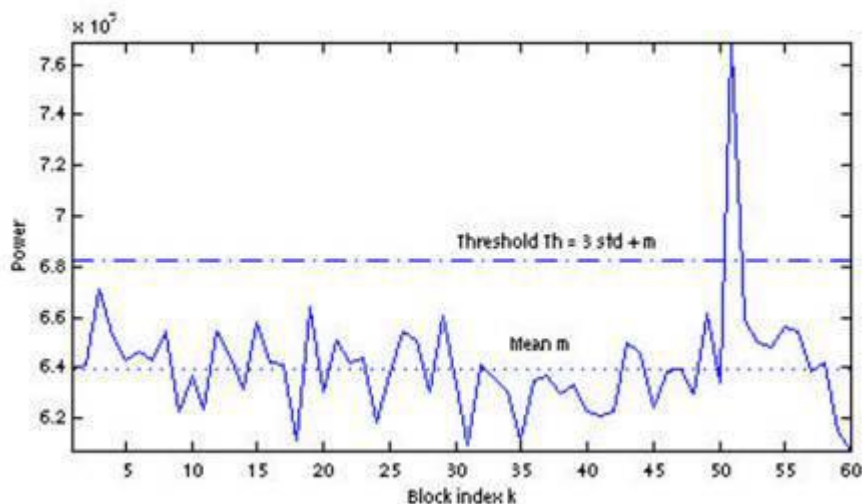


Рисунок 1.7 — Застосування методу на основі динамічного порогу

- відстань між сенсором і джерелом звуку;
- геометричні параметри простору.

Дослідимо як впливає відстань між сенсором і джерелом звуку. Для цього використаємо смартфон Xiaomi Redmi 5 та додаток Sound Meter версії 1.7.3а. Для точності вимірювань зафіксуємо 5 послідовних сплески в долоні. Експериментальні вихідні дані наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Залежність РГЗ від відстані між сенсором і джерелом звуку

Відстань між джерелом звуку і сенсором, м	Рівень звукового сигналу, дБ					Середнє значення РГЗ, дБ
	Номер експерименту					
	1	2	3	4	5	
0,5	72	72	76	70	76	73,2
1	75,5	64,5	66,5	72	72	70,1
1,5	71	71,5	72	71	71,5	71,4
2	72	66,5	67	79,5	68,5	70,7
2,5	73,5	73,5	62	70	70	69,8
3	68	70	70	72	74	70,8
3,5	74	74,5	72	66	68	70,9
4	70	67	71	68	71	69,4

Виходячи з даних, що наведені в таблиці 1.1, можна зобразити графік залежності відстані між джерелом звуку і сенсором, що наведено на рисунку 1.8.

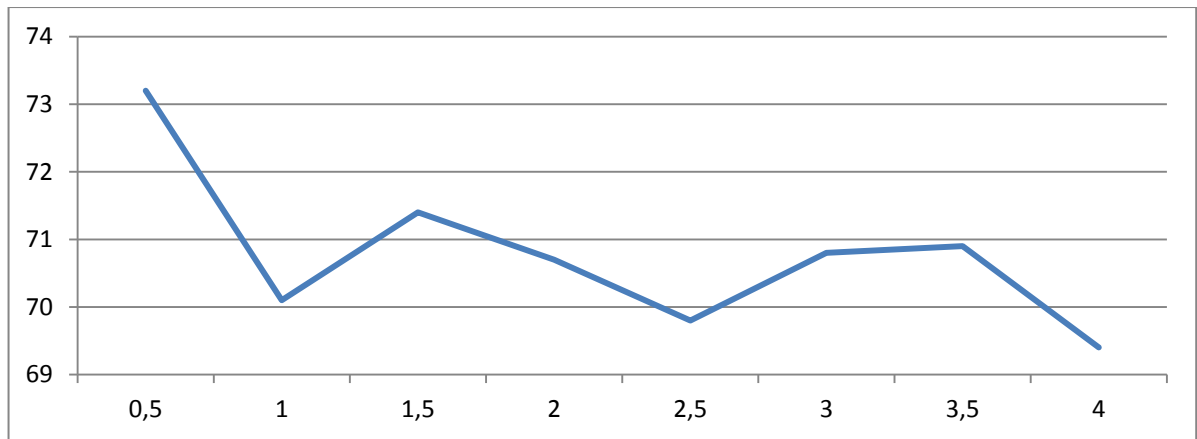


Рисунок 1.8 — Залежність РГЗ від відстані між сенсором і джерелом звуку

Проаналізувавши графік можна зробити висновок, що найкраще розміщувати сенсор в межах від 0 до 1 м. Також вихідні дані показали, що навіть при одній відстані РГЗ може коливатись з похибкою в  $\pm 9$  дБ. Це вказує на те, що необхідно враховувати силу, з якою людина виконує сплеск. Для дітей і дорослих це можуть бути різні РГЗ.

### 1.3 Аналіз існуючих засобів акустичного керування та вибір технічного рішення

Найпростішим засобом акустичного керування, що часто використовується в побуті є акустичний перемикач (АП) освітлення. За допомогою АП можна дистанційно (на відстані) робити ввімкнення та вимкнення світла за допомогою сплеску в долоні. Алгоритм дій перемикача такий: перший сплеск — це увімкнення навантаження, другий сплеск — його вимкнення.

Недоцільно встановлювати подібні перемикачі в місцях, де знаходиться багато людей і є постійний сторонній шум. До таких приміщень можна віднести офіси, виробничі майданчики, майстерні і т. п. У таких приміщеннях з'являється ймовірність помилкових спрацьовувань перемикача від різких і гучних шумів.

В порівнянні від звичайного перемикача з акустичним керуванням має ряд переваг:

- простота керування;
- можливість дистанційного керування;

- можливість монтування в будь-якому місці;
- безпечність, оскільки захищають людей від удару струмом при дотику до перемикача.

Отже, доцільно розробити акустичний перемикач. Розглянемо та проаналізуємо аналоги пристрою:

- звуковий перемикач «CLAPS MAX»;
- акустичний перемикач Екосвітло Х-200-Л фірми Ноотехника.

Звуковий перемикач «CLAPS MAX» (в пластиковому корпусі) дуже зручний і універсальний, підходить практично для будь-якого застосування. Якщо потрібно вмикати і вимикати сплесками люстру або світильник типу «бра» на стіні. Цей звуковий перемикач працює абсолютно без помилкових включень і виключень. Рекомендується для установки в житлових приміщеннях.

Завдяки можливості налаштовувати перемикачі «CLAPS MAX» на різну кількість сплесків для спрацьовування, можна поставити до чотирьох перемикачів в одному приміщенні.

Звуковий перемикач «CLAPS MAX» найбільш популярний, його ставлять у багатьох випадках, де вже не можна встановити настінний перемикач. Для даного перемикача не потрібно зайвих шнурів, які зіпсують вид інтер'єру кімнати. Найчастіше встановлюють звуковий перемикач «CLAPS MAX» для управління підсвічуванням кімнати.

Пристрій спеціально розроблений для надійного дистанційного керування світлом за допомогою сплесків - звуковий перемикач світла CLAPS MAX. Перемикач зображений на рисунку 1.9.

Всі звукові перемикачі серії «CLAPS» мають однаковий принцип роботи, що повністю ідентичні за своїми функціями. Відрізняються вони лише своїм зовнішнім виглядом. Серія «CLAPS MAX» має пластикові корпусу, які надійно захищають перемикач від будь-яких механічних пошкоджень, а людей - від удару струмом при дотику до перемикача. Корпус легко відкривається, і кришечка знімається одним рухом руки [13].



Рисунок 1.9 — Звуковой переключатель «CLAPS MAX»

Акустичний перемикач Екосвітло Х-200-Л фірми Ноотехника спрацьовує на гучний та дзвінкий звук (сплеск в долоні) та може вмикати і вимикати освітлення. Перемикач зображений на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 — Акустичний перемикач «Екосвітло Х-200-Л»

Особливості перемикача:

- можливість налаштувати силу сплеску для спрацювання;
- плавно вмикає та вимикає освітлення, чим забезпечує продовження терміну працездатності;



— перфорований корпус, що призначений для кращого виділення тепла, тому не має вологозахисту;

— максимальне навантаження 200 Вт.

Пристрій має невеликі розміри. Розміри наведено на рисунку 1.11 (а — вигляд спереди, б — вигляд зверху) [14].

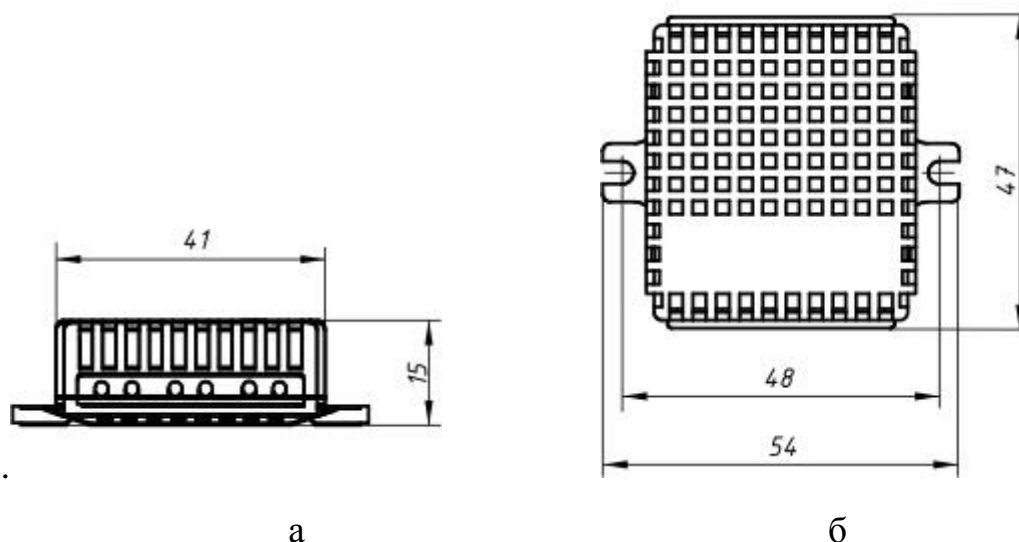


Рисунок 1.11 — Розміри акустичного перемикача «Екосвітло Х-200-Л»

Перемикач рекомендовано використовувати в тихому темному приміщенні (підвал), де важко знайти звичайний настінний перемикач. Не рекомендується встановлювати його в приміщеннях з постійним перебуванням людей (житлові та виробничі), оскільки можливе хибне спрацювання від гучних звуків.

Розглянемо обраний пристрій, та подібні йому аналоги, порівнявши їх в таблиці 1.2, за вказаними параметрами.

Проведені порівняння дають можливість підтвердити актуальність розробки, тому що вона має ряд суттєвих переваг. Цими перевагами є ціна, яка буде в рази нижчою, простота керування та можливість модифікації.

Акустичне керування можна також здійснювати за допомогою тонального набору (DTMF). Dual Tone Multi Frequency — тональний набір, двотональний багаточастотний аналоговий сигнал (ДБАС). При натисненні на клавішу телефону роздається звук (тон), який є комбінацією двох тонів — високо- і низькочастотного. Звідси й назва — двотональний (Dual).

Таблиця 1.2 — Порівняння аналогів і вибраного пристрою

Параметри	Ваговий коефіцієнт	Пристрій, що проектується	Звуковий перемикач CLAP	Акустичний перемикач «Екосвітло Х-200-Л»
1	2	3	4	5
Вартість	1	5	1	3
Простота керування	0,1	5	4	5
Необхідність програмування	0,2	5	3	5
Розмір	0,3	3	4	5
Можливість модифікації	1	5	2	2
Сумарне значення		12,1	5,2	8

Отже, тональний набір це звукові сигнали, за допомогою яких можна також керувати пристроями і системами. Управління можна здійснювати з будь-якого телефону, що безпосередньо під'єднаний до системи управління. Це забезпечує можливість при натисненні окремих клавіш здійснювати керування. Наприклад, натиснувши клавішу 1 ввімкнеться світло, натиснувши клавішу 2 перекриється газ, клавіша 3 вимкнеться система охорони будинку тощо.

Також управління можна здійснювати дистанційно — для цього необхідно налаштувати безпосередньо приєднаний телефон на автовідповідь та здійснювати дзвінок на цей телефон і натискати відповідні клавіші.

Система ДБАС включає вісім тонів, які були спеціально підібрані, щоб передаватись через телефонний зв'язок без затухань і з мінімальним впливом один на одного. Оскільки такі звукові сигнали могли співпадати з людською мовою, були введені додаткові міри. Для цього було проведено розділення тонів на дві групи: високо- та низькочастотну [15, 16].

Представлення символів за допомогою тонів наведено в таблиці 1.3. Один Герц (Гц) — це частота одного коливання в секунду.

Таблиця 1.3 — Представлення символів тонального набору

1	2	3	697 Гц
4	5	6	770 Гц
7	8	9	852 Гц
*	0	#	941 Гц
1209 Гц	1336 Гц	1477 Гц	

Отже, для кодування символу в ДБАС необхідно додати два синусоїдних сигнали. Частоти синусоїд беруться з вищенаведеної таблиці.

Сфери застосування тональних сигналів:

- автоматична телефонна сигналізація між пристроями;
- управління додатком комп'ютерної телефонії, відповідаючи на питання системи натисненням клавіш на телефоні;
- система дистанційного управління [15, 17].

На сьогоднішній день технології спрощують життя будь-якого мешканця планети. Системи дистанційного управління запевняють, що під час відсутності господаря будинок знаходиться в безпеці. Популярності набула система управління будинком – «розумний будинок». Як згадувалось у підрозділі 1.1 ця система керує домашнім господарством, заощаджуючи зусилля господарів, час і гроші, піклуючись про комфорт і безпеку усіх мешканців. Це вказує на доцільність розробки пристрою управління. Також акустичне керування за допомогою ДБАС можна застосовувати в побуті у якості дистанційного управління (усіма приладами та системами, що приєднані до системи керування).

Розглянемо та проаналізуємо аналоги пристрою:

- Mi Smart Home Multifunction Gateway;
- система CLAP.

Mi Smart Home Multifunction Gateway — мультифункціональний пристрій, центр управління, при підключенню до додатку «розумний будинок» мешканець будинку має можливість прослуховувати радіо в реальному часі. Пристрій зображено на рисунку 1.12.



Рисунок 1.12 – Mi Smart Home Multifunction Gateway

Інші «смарт гаджети» навіть при нестабільній роботі WiFi будуть працювати без розривів. Унікальна характеристика ZigBee дозволяє пристрою реагувати ще швидше і керувати великою кількістю потоків.

Smart Care, нагадування про безпеку. Завдяки додатку «розумний будинок» з сенсором відкриття вікна чи двері Mi Smart Home можна спати спокійно, оскільки перед сном на смартфон прийде повідомлення, якщо вікно чи двері залишилися відкритими.

За допомогою дистанційної зйомки, при під'єднанні Xiaoyi Ants Smart Camera, можна контролювати все, що відбувається в будинку. При визначенні руху, сенсор спрацює, і камера починає зйомку, при цьому на смартфон приходить сповіщення про поточний стан.

Разом з сенсором Temperature and Humidifier Detector можна переглянути графік температури та вологості через додаток «розумний будинок». Також можна керувати іншими гаджетами, приєднавшись до «розумної» розетки Xiaomi Mi Smart WiFi Socket.

Характеристики пристрою наведені в таблиці 1.4 [18].

Таблиця 1.4 — Характеристики пристрою Mi Multifunction Gateway

Назва	Mi Multifunction Gateway
Робоча температура	0 °C -40 °C
Вологість	5% -95% відносної вологості, без конденсації
Вхідна напруга	100-240В, 50Гц / 60Гц
Бездротовий протокол	Wi-Fi 2,4 ГГц, ZigBee
Системні вимоги	Підтримка Android 4.0 або пізнішої версії. Підтримка IOS7.0 або пізнішої версії.
Додатково	Призначено для використання всередині приміщень.

Як і більшість систем смарт-будинку, CLAP складається з основного блоку — хаба, в панелі управління з відеодомофоном, а також безлічі сенсорів — терморегуляторів для контролю опалювальних приладів, сенсорів руху, вимірювання температури, вологості тощо. Всі елементи працюють між собою по бездротовому з'єднанню, а управління здійснюється з будь-якого Android або iOS пристрою, а також через веб-інтерфейс на комп'ютері.

Система смарт-будинку CLAP зображена на рисунку 1.13.



Рисунок 1.13 — Система смарт-будинку CLAP

Контроль безпеки CLAP має сенсор руху і сенсор відкриття дверей чи вікон (мінімально необхідний набір), щоб під'єднувати квартиру до пульта охоронної системи. Відеонагляд — це додаткова функціональність та опція.

Також цікава функція контролю температури в приміщенні. При наявності пристроїв обігріву/охолодження (система обігріву, кондиціонер, електроконвектор), в залежності від часу і погоди система обирає стратегію керування [19].

Розглянемо обраний пристрій, та подібні йому аналоги, порівнявши їх в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 — Порівняння аналогів і вибраного пристрою

Параметри	Ваговий коефіцієнт	Пристрій, що проектується	Mi Multifunction Gateway	Система смарт-будинку CLAP
Вартість	1	5	3	2
Необхідність програмного забезпечення	0,8	5	3	3
Необхідність WiFi	0,5	5	5	2
Розмір	0,5	3	4	5
Можливість модифікації	1	5	1	1
Захист системи	1	5	2	2
Сумарне значення		23	12,9	10,9

Проведені порівняння дають можливість підтвердити актуальність розробки, тому що вона має ряд суттєвих переваг. Цими перевагами є ціна, яка буде в рази нижчою, можливість модифікації, захищеність системи та те, що немає необхідності у встановленні програмного забезпечення, наявності смартфона та наявності WiFi.

#### 1.4 Висновки та постановка задачі

Отже, у цьому розділі було наведені сфери застосування акустичного керування, приклади і необхідність застосування акустичного керування в кожній сфері. Було проаналізовано методи вирішення задач розпізнавання звукових сигналів та експериментально показано застосування частотного методу та

методу фільтрування за рівнями ІКЗ. Описано переваги та недоліки методів розпізнавання.

Було досліджено вплив факторів на правильність розпізнавання звукових сигналів, а саме було експериментально досліджено залежність РГЗ від відстані між сенсором і джерелом звуку.

Проаналізовано існуючі засоби акустичного керування, а саме акустичні перемикачі фірми CLAP та Ноотехніка. Також проаналізовано існуючі засоби дистанційного (централізованого) управління: Mi Multifunction Gateway та система смарт-будинку CLAP. Проведено висновки та доведено доцільність розробки пристроїв.

## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ПРИСТРОЇВ

### 2.1 Синтез функціональної схеми акустичного перемикача, вибір елементної бази і розробка вузлів схеми

Для реалізації схеми потрібні наступні компоненти:

- сенсор, що буде прослуховувати наявність звукового сигналу — мікрофон;
- підсилювач для підсилення звукового сигналу;
- тригер для керування ключем;
- ключ для ввімкнення/вимкнення реле;
- реле для ввімкнення/вимкнення безпосередньо мережевого освітлення;
- світловий діод.

Функціональна схема акустичного перемикача мережевого освітлення зображена на рисунку 2.1 [20]. Схему електричну принципову наведено в додатку Б.

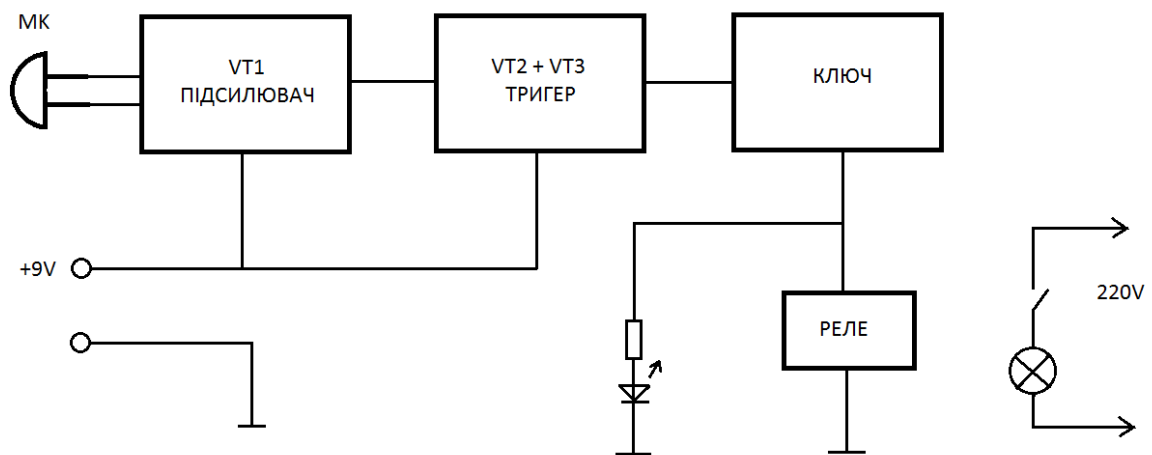


Рисунок 2.1 — Функціональна схема акустичного перемикача

Розглянемо більш детально кожний компонент схеми.

Мікрофон виступає в ролі сенсору звуку і приймає звуковий сигнал. За принципом дії, електретний мікрофон (зображений на рисунку 2.2) є одним з різновидів конденсаторного мікрофону. Як правило, мембрана електретних мікрофонів має більшу товщину і меншу площу, через що по характеристикам





Рисунок 2.2 — Електретний мікрофон

такий тип програє конденсаторному. Але при цьому вони мають невисоку ціну та невибагливі до умов експлуатації.

Електретний мікрофон, в своєму складі має польовий транзистор, тому на нього потрібно подавати постійну напругу живлення, для цього встановлений резистор R1.

Підсилювач на схемі сконструйовано за допомогою резисторів, конденсатора та транзистора. Задачею є підсилення звукового сигналу. Схема підсилювача по схемі з загальним емітером зображена на рисунку 2.3.

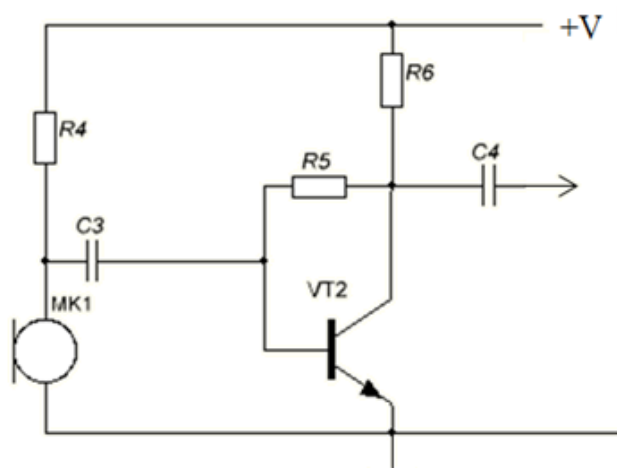


Рисунок 2.3 — Підсилювач звукового сигналу

Далі сигнал передається на тригер, що керує в подальшому ключем. Схема тригера зображена на рисунку 2.4. Тригер спрацьовує тільки тоді коли на мікрофон подається достатній сигнал. Коли такий сигнал прийняв мікрофон, транзистор знаходиться в стані насичення. Тому після одного сплеску в долоні схема залишається увімкненою; лампочка засвічується і горить поки не прийде наступний сигнал. Після другого сплеску схема вимикається і лампочка затухає.

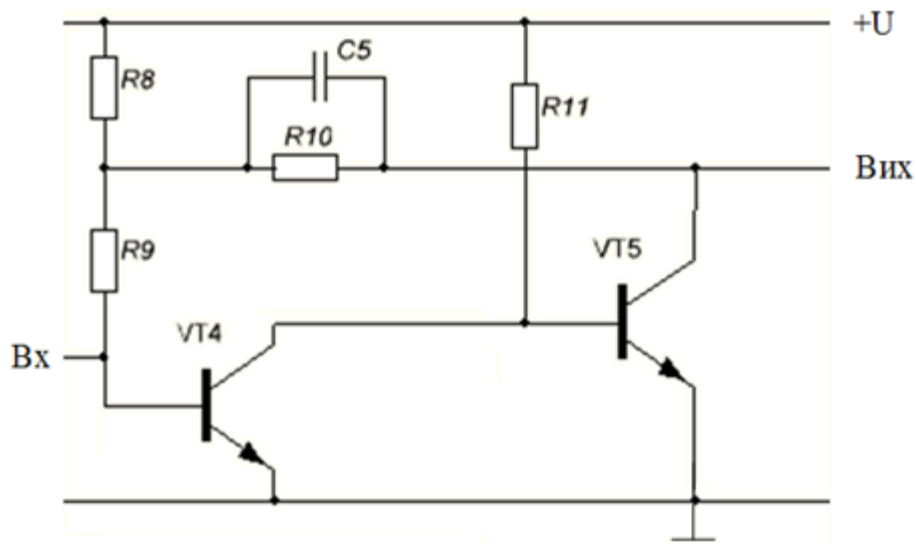


Рисунок 2.4 — Схема тригера

Ключ призначений для керування реле. Ключ сприймає сигнал від тригера. Схема ключа зображена на рисунку 2.5.

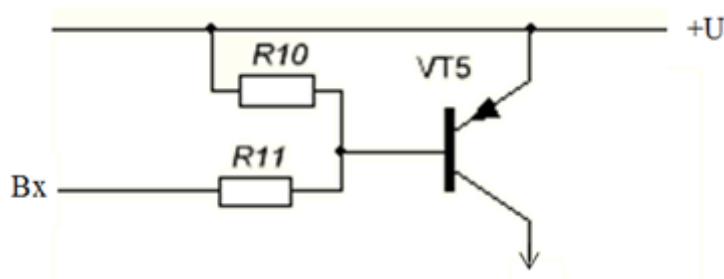


Рисунок 2.5 — Схема ключа

На рисунку 2.6 зображені схема реле та світлодіод. Реле відповідно керує лампочкою розжарювання, а саме пропускає струм або не пропускає. Світлодіод призначений для того, щоб перевірити чи схема працює. Індикатор загоряється при працюючій схемі.

Отже, синтез функціональної схеми акустичного перемикача виконано. Повний перелік елементів наведено в додатку В. Цей пристрій та пристрій акустичного керування за допомогою ДБАС можна реалізувати на мікропроцесорній платформі Arduino. Для цього розглянемо основні функції та види Arduino.

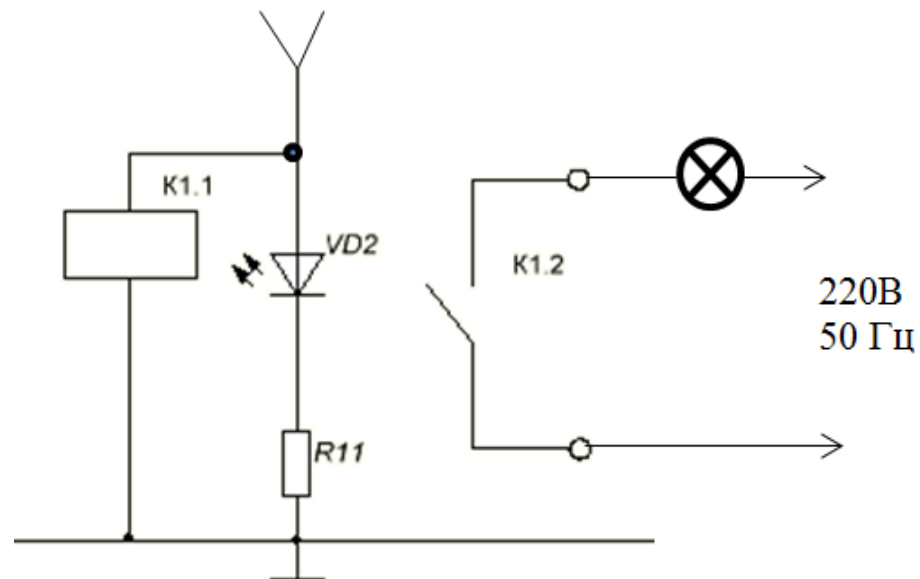


Рисунок 2.6 — Реле та світлодіод

## 2.2 Огляд і вибір мікропроцесорних платформ для пристроїв акустичного керування

Arduino — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері.

Розглянемо основні плати Arduino:

- Nano;
- Mini;
- Leonardo;
- Mega;
- LilyPad;
- Uno.

Arduino Nano — це маленька плата, яка абсолютно сумісна по функціоналу з іншими. За чисельністю виводів плати ідентичні за швидкодією та за обсягом пам'яті. Пристрій на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або

ATmega168 (Arduino Nano 2.x), адаптований для використання з макетною платою. Плата Arduino Nano зображена на рисунку 2.7.

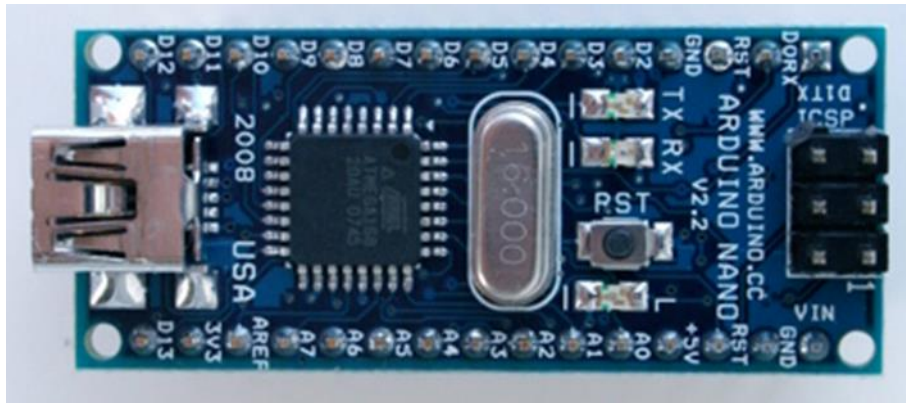


Рисунок 2.7 — Плата Arduino Nano

Arduino Mini — це маленький мікропроцесорний пристрій, орієнтований на використання з макетною платою або в додатках, що мають високі вимоги до габаритних розмірів. Спочатку пристрій було спроектовано на базі мікроконтролера ATmega168, який в даний час замінений на мікроконтролер ATmega328. Плата Arduino Mini зображена на рисунку 2.8.

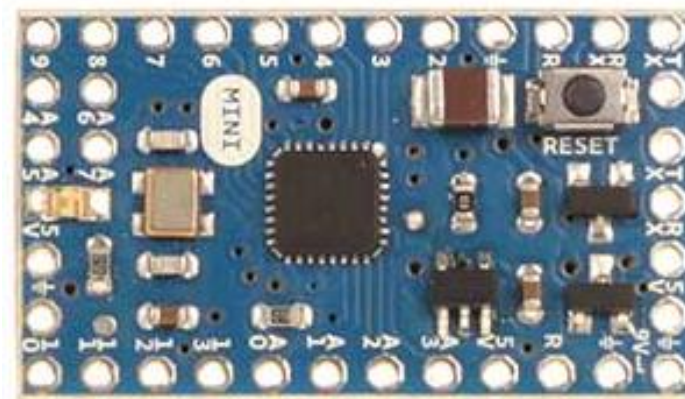


Рисунок 2.8 — Плата Arduino Mini

Arduino Leonardo — це нова плата, випущена в якості ідеологічного продовження першої моделі (Arduino Uno). У неї є несуттєві відмінності в призначенні виходів, тому її можна швидше підключити до комп'ютера. Багато фахівців вважають за краще працювати саме з нею. Плата Arduino Leonardo зображена на рисунку 2.9.

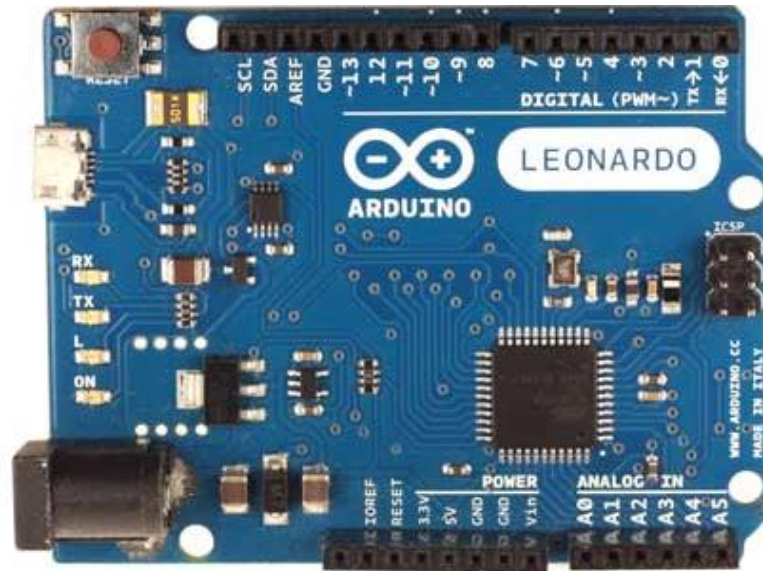


Рисунок 2.9 — Плата Arduino Leonardo

Arduino Mega — це найбільш великогабаритна плата з усього сімейства. Характеризується великим обсягом пам'яті і 70 виводів. Плата орієнтована на складні пристрої, які призначені для підключення різноманітної периферії. Пристрій виготовлено на основі мікроконтролера ATmega2560. Плата Arduino Mega зображена на рисунку 2.10.

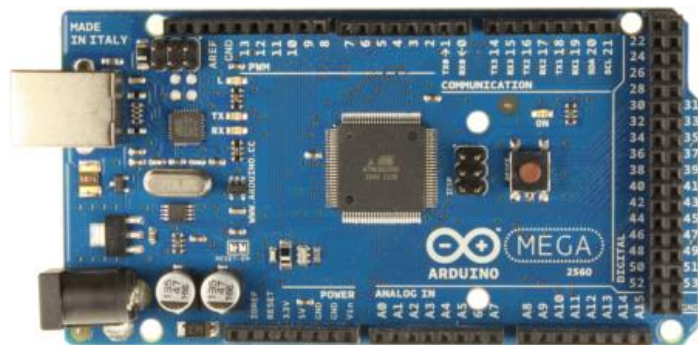


Рисунок 2.10 — Плата Arduino Mega

LilyPad Arduino — це мікропроцесорний пристрій, спеціально розроблений для використання з предметами одягу та текстилю. Його можна легко пришивати до тканини і за допомогою провідних ниток підключити живлення, різні сенсори або приводи. Має особливо малий розмір та відрізняється своєю круглою формою. Основою пристрою є мікроконтролер ATmega168V або ATmega328V. Плата LilyPad Arduino зображена на рисунку 2.11.



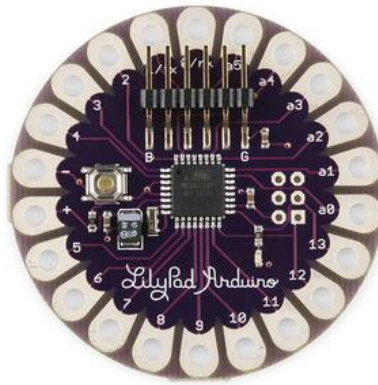


Рисунок 2.11 — Плата LilyPad Arduino

Найбільш популярною є Arduino Uno. Це плата, що має малі габарити, по краях якої є 14 цифрових і 6 аналогових входів. Всі виходи характеризуються однаковими параметрами. Вона найзручніша за властивостями і характеристиками. Оптимальні по розміщенню роз'єми і невеликий розмір — це додаткові зручності для новачків [21]. Плата Arduino Uno зображена на рисунку 2.12.

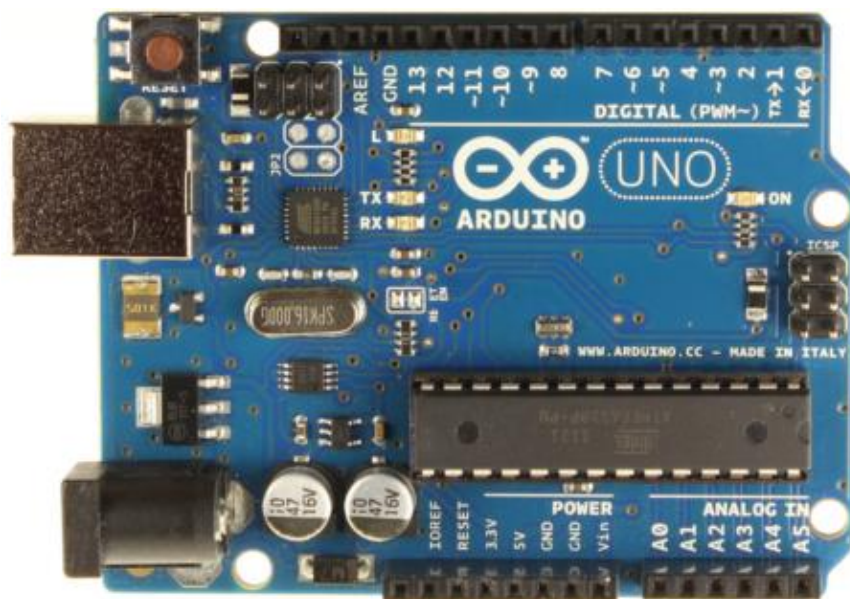


Рисунок 2.12 — Плата Arduino Uno

Порівняємо плати Arduino, що описані вище, за необхідними параметрами:

- простота керування;
- розмір — для можливості монтування в зручне місце;

— кількість виходів — необхідно для керування декількома приладами або системами за допомогою ДБАС;

— ціна;

— сумісність з платами розширення — для простоти підключення сенсорів.

Оцінимо кожний параметр від 1 до 5, де 5 — найкраще підходить, 1 — найгірше. Порівняння плат наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Порівняння плат Arduino

Параметри	Ваговий коефіцієнт	Nano	Mini	Leonardo	Mega	LilyPad	Uno
Простота керування	1	4	3	4	4	1	5
Розмір	0.5	5	5	4	2	4	4
Кількість виходів	0.8	3	3	4	5	3	3
Ціна	1	4	5	3	1	4	3
Сумісність з платами розширення	0.8	4	3	2	5	2	5
Всього		16,1	15,3	13,8	14	11	16,4

Відповідно до огляду найоптимальнішим вибором буде Arduino Uno, оскільки має ряд переваг: простота, низька вартість, невеликі розміри та сумісність з усіма платами розширення.

Характеристики Arduino Uno наведені в додатку Г.

Для того, щоб пристрій на основі платформи Arduino Uno запрацював, необхідно його запрограмувати. Таку операцію дозволяють зробити спеціальні програми Arduino.

Програма Arduino Web Editor дозволяє зберігати скетчі в хмарному сховищі. Інструмент постійно оновлюється онлайн, нічого завантажувати і встановлювати

заново не доводиться. Але для роботи, звичайно, буде потрібно постійне інтернет-з'єднання. Робоче вікно програми Arduino Web Editor зображено на рисунку 2.13.

Однак, щоб програмувати оффлайн, необхідно завантажити останню версію програми Arduino IDE. Це відкрите програмне забезпечення, сумісне з наступними операційними системами:

- Windows;
- Mac OS (Lion або більш ранні версії);

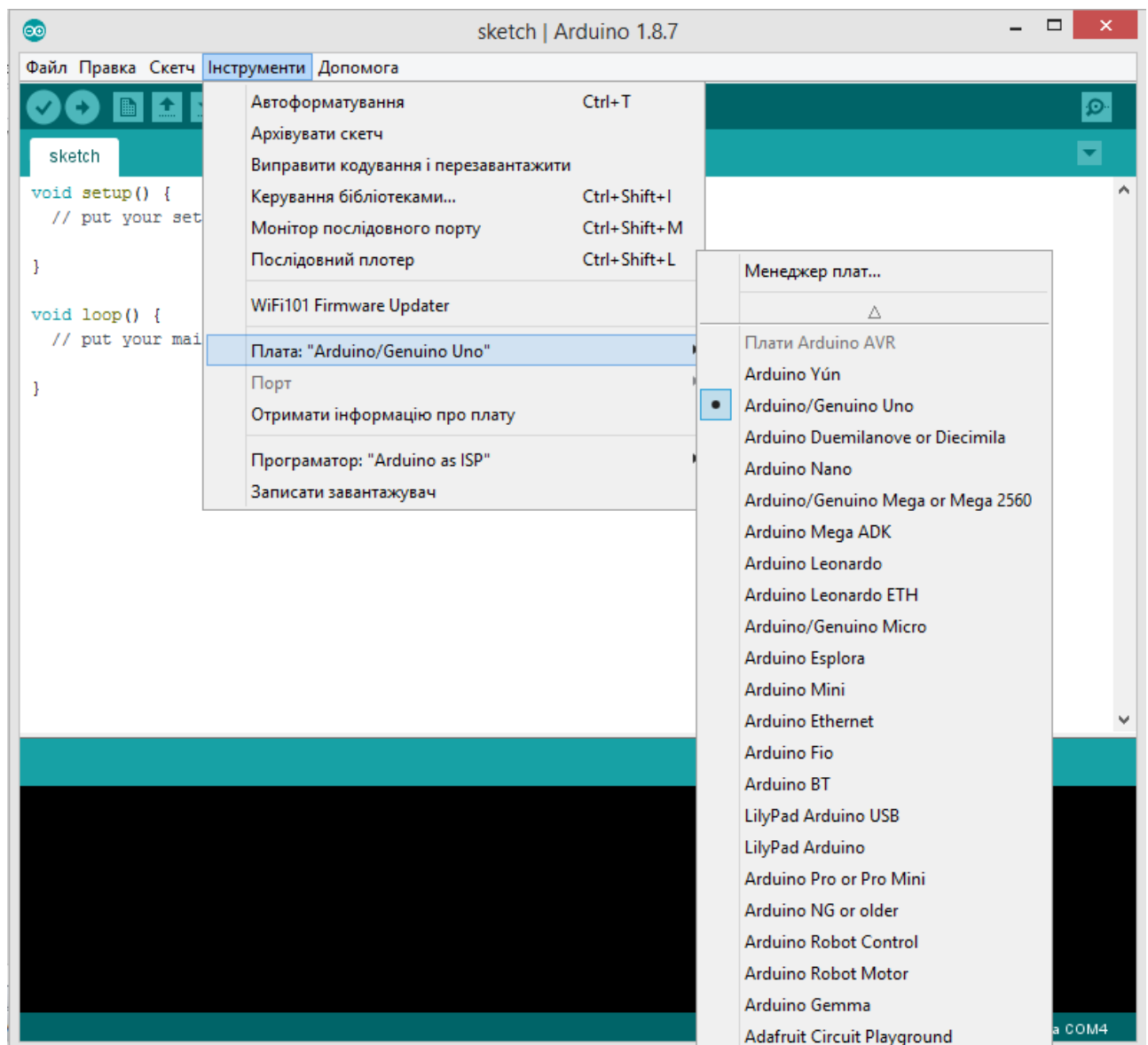


Рисунок 2.13 — Робоче вікно програми Arduino Web Editor

- Linux 32 bit;
- Linux 64 bit;



— Linux ARM.

Актуальна версія додатка буде працювати з будь-якою версією мікрокомп'ютера Arduino, ніякі додаткові програми встановлювати не потрібно.

Абревіатура IDE розшифровується як Integrated Development Environment, що в перекладі — інтегроване середовище розробки. За допомогою цієї програми програмісти пишуть програми, причому роблять це набагато швидше і зручніше, ніж при використанні звичайних текстових редакторів.

Робоче вікно програми Arduino IDE зображено на рисунку 2.14.

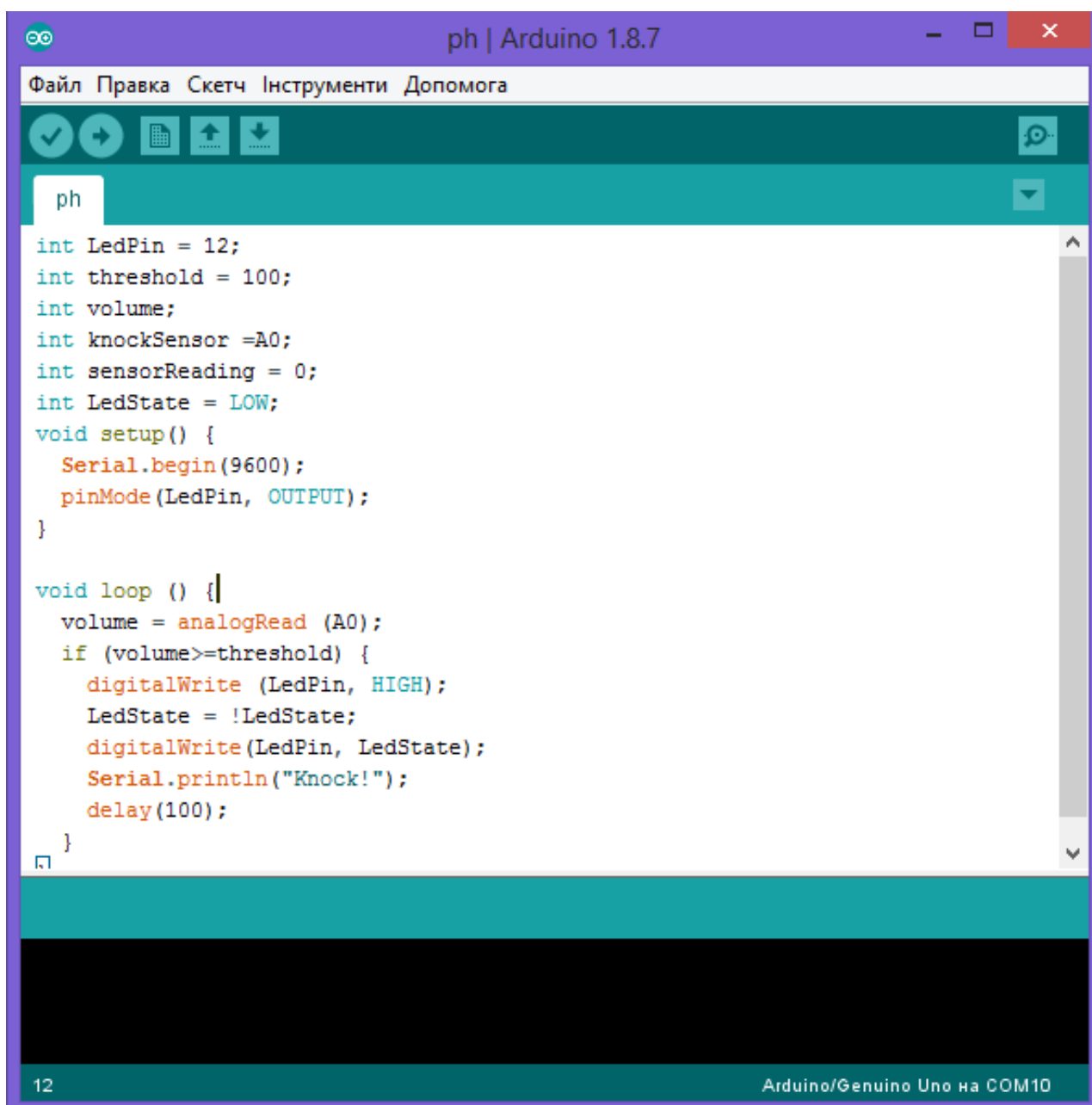


Рисунок 2.14 — Робоче вікно програми Arduino IDE

В рамках платформи Arduino програма Arduino IDE допомагає програмістам писати програми. З її допомогою скетч, написаний на мові Arduino, перевіряється, перетворюється в C ++, компілюється, завантажується в Arduino.

Після установки необхідно налаштувати програму:

1. Підключити платформу до комп'ютера за допомогою USB кабелю.
2. Перейти в «Пуск >> Панель управління >> Диспетчер пристроїв». Там треба знайти «Порти COM і LPT». У цьому списку вказані версії Arduino і порт.
3. Запускаємо Arduino IDE і зайти в меню «Інструменти >> Порт». Там необхідно вибрати COM порт.
4. Далі треба вибрати плату. Для цього в меню «Інструменти >> Плати» вибираєте модель плати.

Після налаштувань необхідно написати скетч програми (програмний код). Потім натиснути кнопку «Завантажити» і почекати закінчення завантаження скетчу. Пристрій готовий для використання [22].

### **2.3 Аналіз функцій та способи керування платформою Arduino Uno**

Розглянемо основні та додаткові функції Arduino Uno.

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен з 14 цифрових виходів може працювати в якості входу або виходу. Рівень напруги на виходах обмежений у 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вихід становить 40 мА. Всі виходи пов'язані з внутрішніми підтягуються резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20–50 кОм. Крім цього, деякі виходи Ардуіно можуть виконувати додаткові функції:

— послідовний інтерфейс: виходи 0 (RX) і 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Ці виходи з'єднані з відповідними виходами мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART;

— зовнішні переривання: виходи 2 і 3. Можуть служити джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або при низькому рівні сигналу на цих виходах;

— ШІМ-виходи 3, 5, 6, 9, 10 і 11. За допомогою функції `analogWrite()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу;

— інтерфейс SPI: виходи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Із застосуванням бібліотеки SPI дані виходи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI;

— світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до виходу 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW — вимикається;

— 6 аналогових входів (A0 — A5), кожен з яких може уловити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За замовчуванням, вимір напруги здійснюється в діапазоні від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вихід AREF і функцію `analogReference()`. Крім цього, деякі з аналогових входів мають додаткові функції;

— TWI: вихід A4 або SDA і вихід A5 або SCL. З використанням бібліотеки `Wire` дані виходи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI;

— AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяний функцією `analogReference()`;

— Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виході призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вихід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

Розташування входів та виходів на платі Arduino Uno зображено на рисунку 2.15.

Завдяки дуже простому доступу до портів вводу / виводу можна керувати різними пристроями, як дискретними так і аналоговими. Наприклад, можна вимірювати напругу з допомогою аналогових входів або керувати двигуном постійного струму за допомогою дискретного виходу. Також можна вмикати та вимикати світлодіод або реле, використовуючи дискретні виходи та передавати дані на більш складні пристрої, такі як модуль GSM. Arduino може бути дуже корисним інструментом і для контролю за апаратними вимірюваннями та в якості

безпосереднього вимірювального пристрою. Для багатьох цілей він може бути достатньо точним, щоб замінити професійні дорогі вимірювальні пристрої [21].

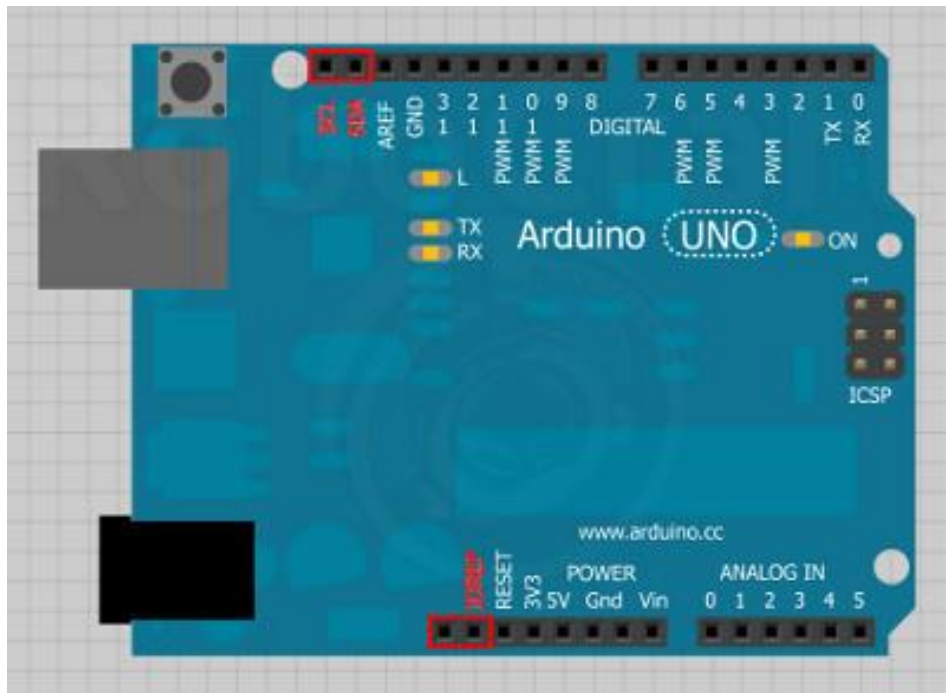


Рисунок 2.15 — Розміщення входів та виходів на платформі Arduino Uno

Дизайн плат Arduino такий, що його форм-фактор майже не залежить від моделі Arduino. В теперішніх Arduino мікроконтролер значно менший за габаритами в порівнянні з першими платами, однак розмір та форма плати Arduino залишились такими ж. Розміри плат дало велику перевагу: сторонні виробники периферії можуть легко розробляти, виробляти та продавати модулі, які розширюють функціональні можливості будь-якого Arduino, а користувачі та розробники можуть легко підключити їх до плат Arduino.

Способи керування платформою Arduino Uno зображені на рисунку 2.16.

За допомогою платформи Arduino Uno можна створити багато пристроїв на основі сенсорів:

— сенсор звуку — керування мережевим освітлення при сплеску в долоні, ввімкнути телевізор при подвійному сплеску;

— цифровий сенсор вогню — повідомляє службу пожежної охорони про пожежу та надсилає адресу будинку;

— сенсор температури — вмикає кондиціонер, коли спекотно та вмикає обігрівач, коли прохолодно;

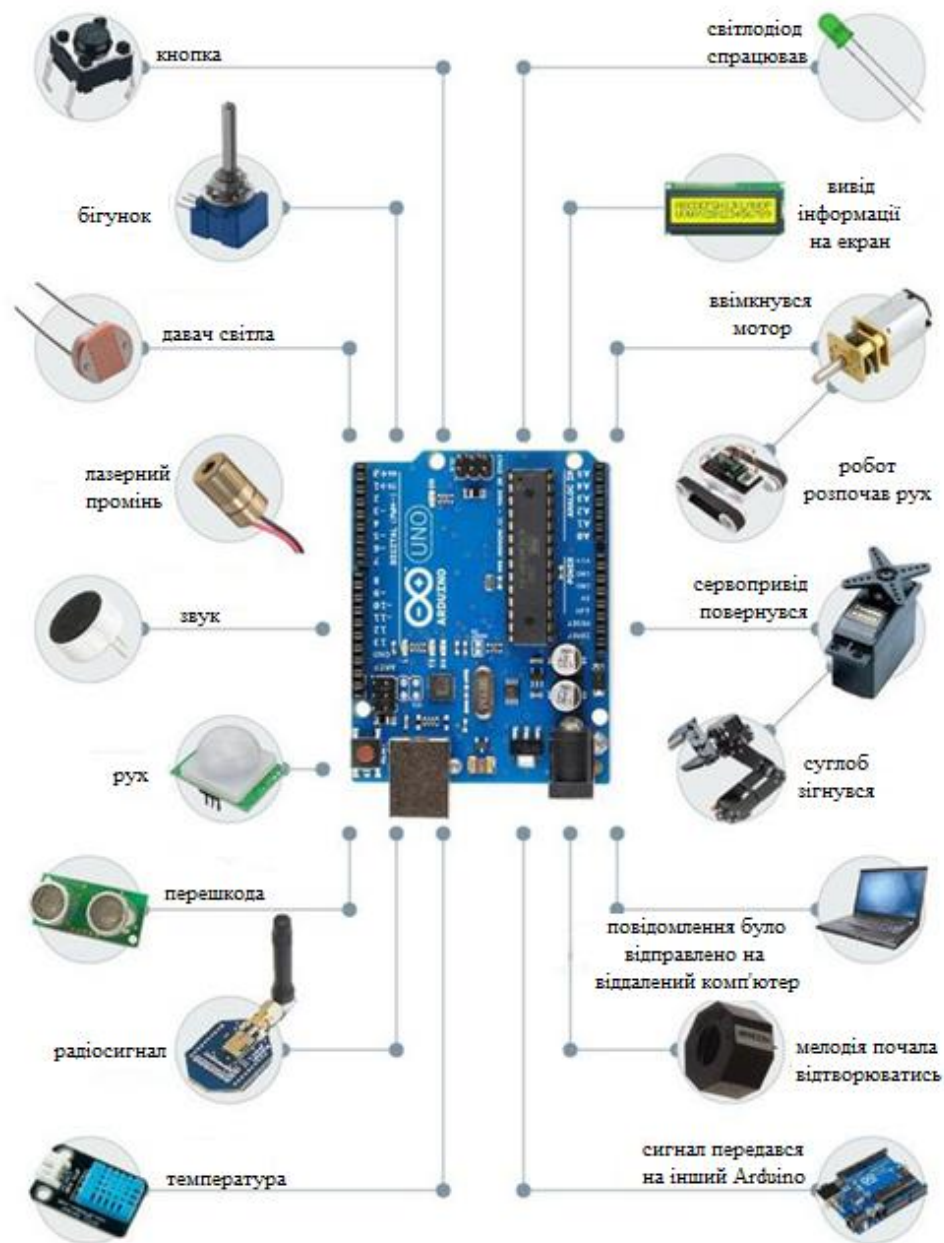


Рисунок 2.16 — Способи керування платформою Arduino Uno

- сенсор дотику — відкриває та закриває холодильник;
- індукційний сенсор удару — вмикає сигналізацію, сповіщує поліцію про викрадення автомобіля;
- сенсор вібрації — видає сповіщення про можливий землетрус;
- сенсор вологості — висушує повітря при надмірній вологості;

- оптичний інфрачервоний сенсор обходу перешкод — вмикає сигналізацію, сповіщує господаря про пограбування квартири;
- сенсор світла, фотодіод — вмикає ліхтар надворі, коли темніє та вимикає, коли настає світанок;
- сенсор положення, рівня — підказує будівнику, що необхідно зробити, для вирівнення поверхні;
- сенсор швидкості — регулює швидкість автомобіля;
- джойстик, маніпулятор, модуль управління — виконує управління роботом;
- сенсор Холла — компас;
- сенсор пульсу на пальці, пульсометр — визначає відхилення, аритмію;
- сенсор нахилу — система охоронної сигналізації [23].

#### **2.4 Розробка структурної схеми акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino**

Для визначення основних функціональних частин пристрою, їх взаємозв'язки та призначення необхідно розробити структурну схему. Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними.

Структурну схему мікропроцесорної системи акустичного перемикача зображена на рисунку 2.17.

З структурної схеми зрозуміло, що даний пристрій складається з таких частин: сенсор звуку, блок керування, платформа Arduino, блок індикації, комуючі елементи, виконавчий елемент та елемент освітлення.

Основним елементом схеми є Arduino Uno модуль, який отримує сигнал від сенсора звуку. Мікрофон сприймає звукові коливання. Операційний підсилювач, змінний резистор, необхідний для регулювання чутливості.

Блок керування забезпечує налаштування та управління системою. Блок керування можна розділити на дві групи:

- механічні перемикачі (кнопка, реле);

— безпроводні мережі(Wi Fi, Bluetooth, ZigBee).

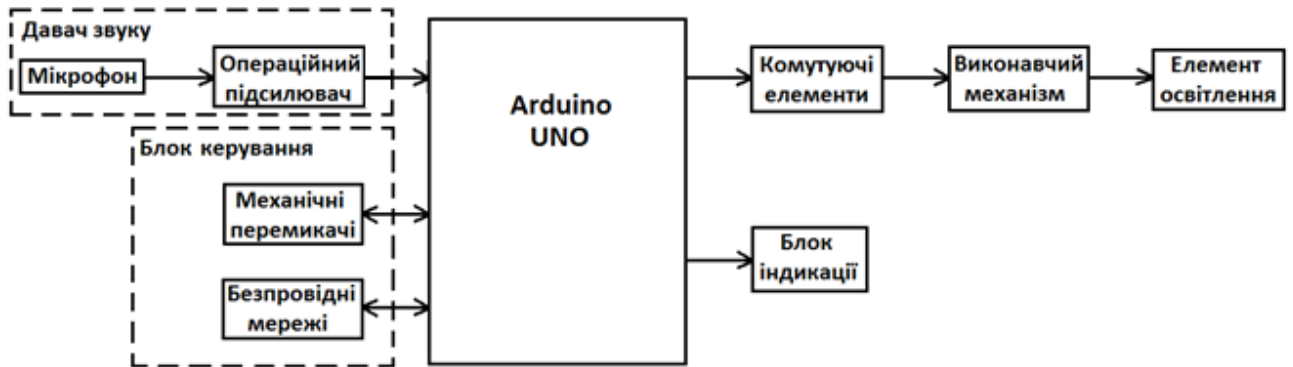


Рисунок 2.17 — Структурна схема акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino

Комутуючі елементи необхідні для керування виконавчим елементом, який в свою чергу керує елементом освітлення. До комутуючих елементів відносяться реле, біполярний транзистор, транзистор.

Блок індикації необхідний для відображення інформації на дисплей/світлодіод.

Для пристрою доцільно обрати високочутливий сенсор звуку LM393, оскільки він вважається стандартним у використанні з Arduino. В основу роботи сенсора покладений принцип дії звукових коливань на тонку мембрану мікрофона. Коливання внутрішньої мембрани мікрофону породжують електричні коливання. Напруга, що виникає в процесі роботи сенсора, подається на інтерфейс для збору даних.

На корпусі модуля розташований регулятор чутливості (змінний резистор). На платі сенсора є два світлодіоди позначені L1 і L2. Світлодіод L1 засвічується, коли на сенсор подається напруга живлення. Світлодіод L2 засвічується, коли сенсор уловлює звукові коливання.

Акустичний сенсор (модуль) має 4-піновий роз'єм для підключення контролера і живлення:

- контакт «+» для підключення напруги живлення 5В;
- контакт А0 аналоговий вихідний сигнал;

- контакт DO цифровий вихідний сигнал;
- контакт «-» загальний.

Живлення може здійснюватися або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесорного пристрою, або від зовнішнього джерела живлення (блоку живлення батареї). Напруга живлення 3,3 — 6 В постійного струму.

Характеристики:

- мікросхема: LM393;
- робоча напруга: 3,3 — 6 В;
- регулятор чутливості;
- світлодіод індикації наявності вхідного сигналу;
- робоча температура: від  $-30^{\circ}\text{C}$  ~  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- розміри модуля звуку: 35 x 16 x 12 мм;
- вага: 4 г [24].

Для пристрою, крім сенсора та модуля Arduino Uno, необхідно світлодіод, резистор, напругою 220В, та з'єднувальні дроти. Світлодіод може бути будь-якого кольору. Резистор використовується, щоб уникнути виходу з ладу світлодіода з-за чутливості до змін напруги.

На рисунку 2.18 зображені електронні компоненти пристрою.

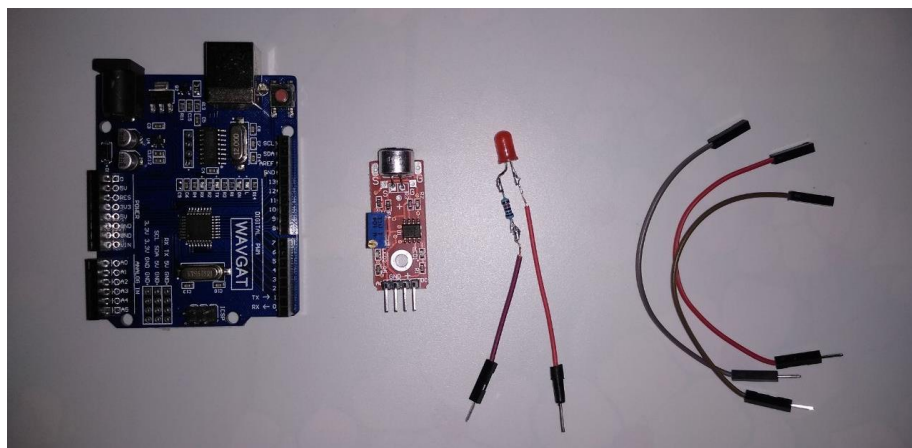


Рисунок 2.18 — Електронні компоненти

Схема підключення електронних компонентів до платформи Arduino Uno наведена в додатку Д.



Отже, при отриманні достатнього звукового рівня спрацьовує світлодіод. Таким чином можна керувати не лише елементами освітлення, а й будь-якими електронними пристроями.

## 2.5 Розробка структурної схеми пристрою керування за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу

Аналогічно до акустичного перемикача, що описаний вище, для визначення основних функціональних частин пристрою та їх взаємозв'язків розробимо структурну схему. Структурна схема пристрою зображена на рисунку 2.19.

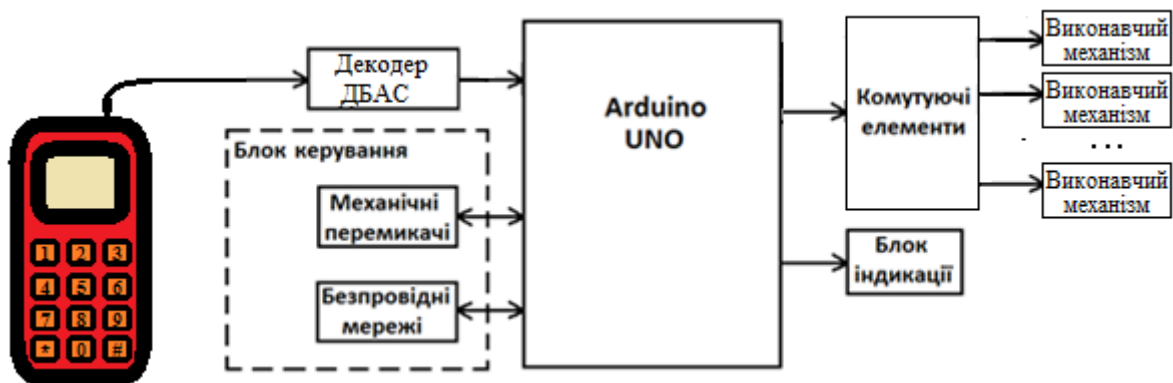


Рисунок 2.19 — Структурна схема пристрою керування за допомогою ДБАС

Основні компоненти пристрою керування за допомогою ДБАС:

- телефон для безпосереднього з'єднання з системою керування для подачі звукових сигналів;
- декодер ДБАС;
- мікропроцесорна платформа Arduino Uno;
- блок керування;
- комуруючі елементи;
- виконавчі механізми;
- пристрої, над якими здійснюється керування;
- блок індикації.

Основним елементом схеми є Arduino Uno модуль, який отримує сигнал від декодера ДБАС та керує пристроями.

Для пристрою доцільно використати декодер DTMF MT8870, оскільки він вважається стандартним у використанні з Arduino для декодування тонального сигналу (ДБАС). Декодер ДБАС приймає сигнал з телефону, що приєднаний через моношнур AUX, підсилює звук, далі сигнал проходить через фільтр високої і низької частоти, після чого відбувається визначення цифри та перетворення коду. Результатом роботи є високі сигнали на виходах Q1—Q4 та засвічення світлодіодів на декодері (використовується двійкова система числення).

Розглянемо виходи декодера:

- контакти Q1—Q4 — виходи декодера;
- контакт StQ — вихід, що спрацьовує при кожному правильному розпізнаванні сигналу.
- контакт IN — аналоговий вхід декодера;
- контакт GND — вихід на заземлення;
- контакт VCC — вхід напруги живлення.

Живлення може здійснюватися або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесорного пристрою, або від зовнішнього джерела живлення (блоку живлення батареї). Напруга живлення 5В постійного струму.

Характеристики:

- мікросхема: MT8870;
- робоча напруга:  $5\text{ В} \pm 5\%$ ;
- світлодіоди індикації сигналу;
- робоча температура: від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  +  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- розміри модуля: 26 x 24 мм [25].

Для пристрою також необхідно 4 світлодіоди, 4 резистори, напругою 220В, та з'єднувальні дроти. Світлодіоди можна обрати будь-яких кольорів. Резистори використовуються для того, щоб уникнути виходу з ладу світлодіодів через чутливості до змін напруги.

На рисунку 2.19 зображені електронні компоненти пристрою.

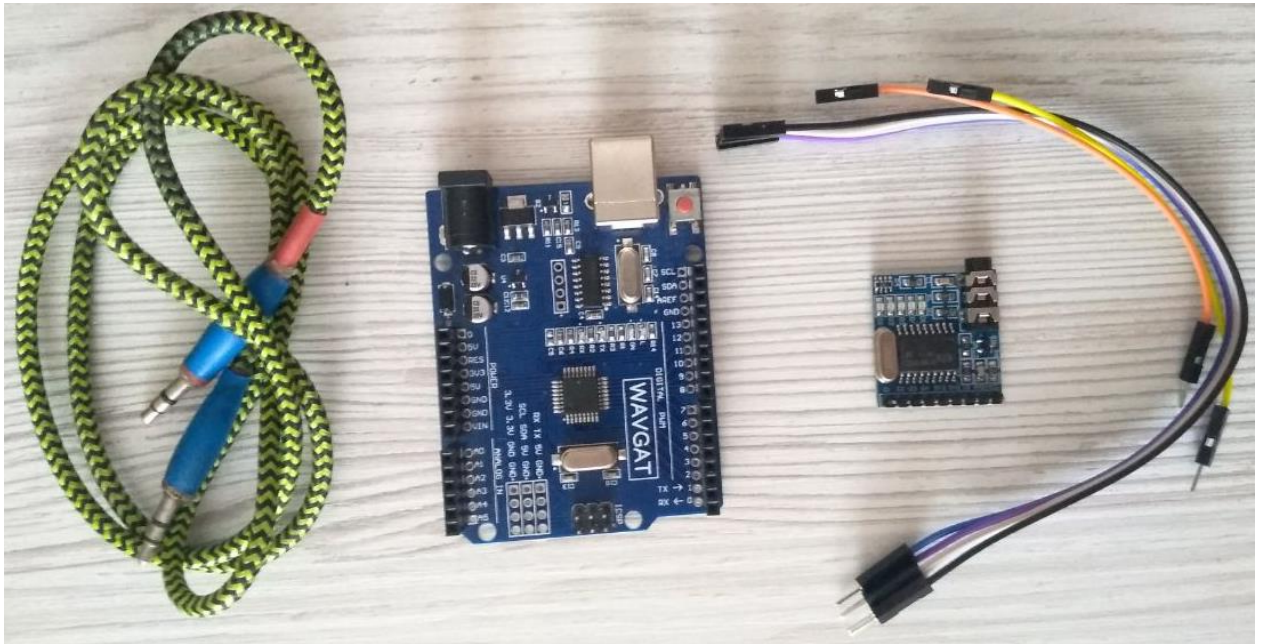


Рисунок 2.20 — Електронні компоненти пристрою керування за допомогою  
ДБАС

Схема підключення електронних компонентів до платформи Arduino Uno наведена в додатку Е.

Отже, при натисненні кнопки на телефоні спрацьовує відповідна комбінація світлодіодів. Таким чином можна керувати будь-якими електронними пристроями як централізовано з безпосередньо приєднаного телефону, так і дистанційно.

## 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА ЇХ ПРОГРАМНОЇ СКЛАДОВОЇ

### 3.1 Конструктивне виконання, експерименти та дослідження акустичного перемикача мережевого освітлення

За основу пристрою було обрано односторонню друковану плату розмірами 60\*90 мм. Перелік елементів, що потрібні для даного проекту, та їх номінали розписані в додатку В. Друкована плата акустичного перемикача зображена на рисунку 3.1.

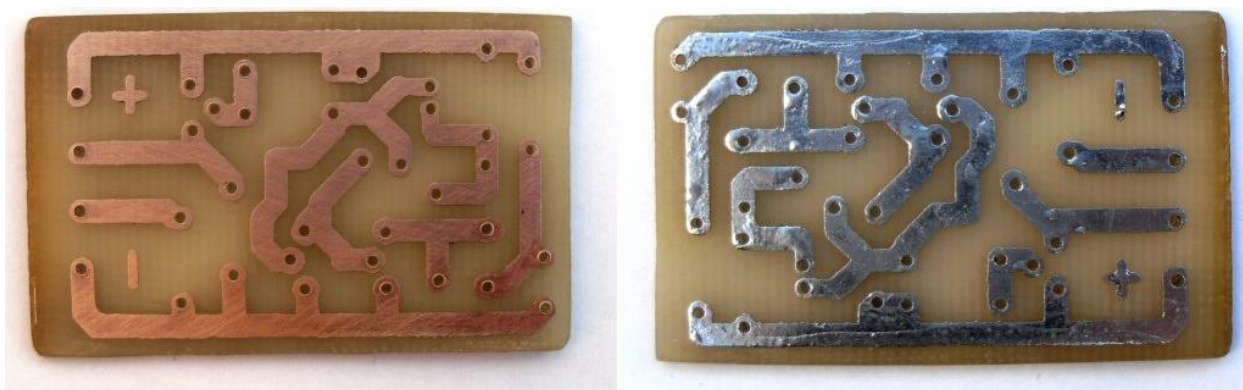


Рисунок 3.1 — Друкована плата акустичного перемикача

Першим кроком при монтажу переносимо на друковану плату реле, діод, резистори, транзистори і конденсатори, дотримуючись порядку вказаного на схемі електричній принциповій. При цьому мікрофон задля безпеки прикріпимо після того як всі елементи були під'єднані. Додамо шнур, за допомогою якого до схеми буде підключатись батарея типу «Крона», та додатковий ключ (кнопку). Повна збірка схеми має такий вигляд рисунку 3.2.

Готова схема має невеликі розміри, що дає можливість легко встановити даний пристрій куди завгодно. Варіантом встановлення приладу може бути обрано корпус люстри або нічної лампи.

Експериментальне дослідження пристрою проводилось шляхом керування акустичним сигналом — сплесками долонь – з відстані 1..6 м. Зокрема, пристрій спрацьовував в зашумленому приміщенні під час студентської виставки.

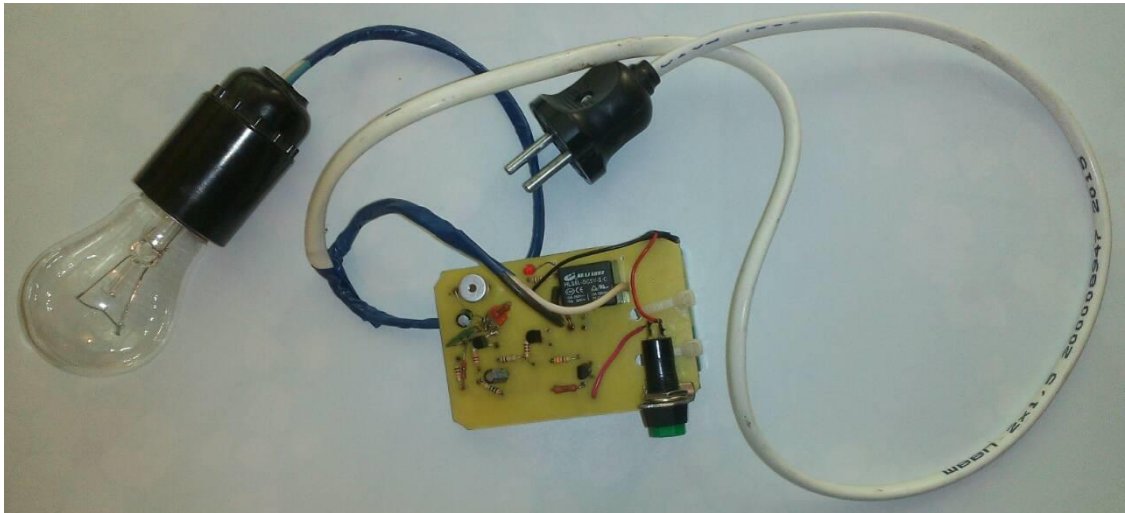


Рисунок 3.2 — Готова схема пристрою

Недоліком даного пристрою є хибне спрацювання при гучному звуку — крик, гучно ввімкнена музика, звук при падінні предмету.

Рекомендовано використовувати пристрій у місцях, де не виникає різкий гучний звук, або при запобіганню мигання мережевого освітлення скористатись кнопкою, що керує ввімкненням/вимкненням пристрою.

Габаритні розміри — 60 мм × 20 мм × 90 мм.

Напруга живлення — від 5 до 9 В.

Струм навантаження — до 5 А.

Напруга навантаження постійного чи змінного струму — від 1 до 220 В.

Рівень спрацювання — сплеск в долоні середньої сили на відстані 1 ÷ 6 м.

Фото пристрою наведені в додатку Ж.

Отже, пристрій відповідає всім умовам як до технічних так і до функціональних параметрів, вказаних в технічному завданні.

### **3.2 Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення для акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino**

Для того, щоб пристрій запрацював необхідно його запрограмувати. Для цього потрібно написати програму та розробити алгоритм.

Програма — це опис процесу обробки інформації. Мета виконання програми — збір даних або отримання відгуку на вхідні значення. Крім

обчислень, програма може містити команди для доступу до апаратних засобів комп'ютера і для управління ходом виконання алгоритму. Програма складається з декількох рядків так званого початкового тексту. При цьому кожен рядок містить один або кілька арифметичних або керуючих операторів. Не тільки самі команди, а й послідовність їх виконання істотно впливає на результат обробки інформації. Виконання відповідних операцій відбувається послідовно (по черзі). Впорядковану певним чином послідовність інструкцій програми називають також алгоритмом [21].

Алгоритм — це система правил виконання обчислювального процесу, що приводить до розв'язання певного класу задач після скінченного числа операцій.

Розробимо словесний алгоритм:

Крок 1. Ініціалізація Arduino — підготовка платформи до використання.

Крок 2. Налаштування портів відповідно їх використання.

Крок 3. Перевірка на те, чи звук високого рівня. Якщо так, то переходимо до кроку 4. Якщо ні, то переходимо до кроку 3.

Крок 4. Перевірка на те, чи відбулось 0,5 секунд простою. Якщо так, то переходимо до кроку 5. Якщо ні, то переходимо до кроку 3.

Крок 5. Перевірка на те, чи зміна сигналу з низького у високий відбулась. Якщо так, то переходимо до кроку 6. Якщо ні, то переходимо до кроку 3.

Крок 6. Подача керуючого сигналу.

Для легшого сприйняття алгоритму розроблено блок-схему. Блок-схема — це спосіб представлення алгоритму в графічній формі. Блок-схема має вигляд геометричних фігур (овал, прямокутник, ромб), що сполучені між собою лініями (стрілками). Форма блоку визначає тип дії, а текст всередині містить детальне пояснення конкретної дії. Стрілки на лініях, що сполучають блоки, вказують послідовність виконання команд, передбачених алгоритмом. Блок-схеми спрощують створення ефективних алгоритмів, оскільки покращують розуміння алгоритму та таким чином краще оптимізовувати алгоритми [26]. Блок-схема алгоритму зображена в додатку И.

На базі алгоритму розробимо спеціальний програмний код для платформи Arduino — скетч. Скетч складається з наступних основних частин:

- коментарі і опис програми;
- заголовки файлів і підключення бібліотеки;
- оголошення глобальних змінних;
- стандартне налаштування `void setup()` — порти і конфігурація;
- основний цикл `void loop()`;
- особисті процедури [21].

Розглянемо детально лістинг скетча.

Ініціалізація Arduino в скетчі відбувається таким чином:

`int LedPin = 12;` — створюємо глобальну змінну та присвоюємо їй значення 12. Змінна позначає вихід під номером 12. На даному виході буде відбуватись керування світлодіодом, а саме ввімкнення та вимкнення.

`int threshold = 100;` — створюємо глобальну змінну та присвоюємо їй значення 100. Змінна позначає поріг спрацювання плати.

`int volume;` — створюємо глобальну змінну, яка буде приймати значення рівня звуку.

`int knockSensor = A0;` — створюємо глобальну змінну, яка позначатиме аналоговий вхід A0. На вхід буде надходити сигнал від сенсора про певний рівень звуку.

`int LedState = LOW;` — створюємо глобальну змінну, яка позначає стан світлодіода — ввімкнено або вимкнено. Присвоюємо значення LOW. Це означає, що на початку світлодіод вимкнено.

Налаштування портів в скетчі має такий вигляд:

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

Значення 9600 є стандартним для Arduino.

```
    pinMode(LedPin, OUTPUT); }
```

Основні функції:

`volume = analogRead (knockSensor);` — зчитує значення з вказаного аналогового виходу `knockSensor` та записує значення в змінну `volume`.

`if (volume>=threshold)` — умова циклу, якщо значення з аналогового виходу (`volume`) більше або дорівнює порогового значення (`threshold`), то виконуються наступні операції.

`delay(200);` — зупиняє виконання програми на задану кількість мілісекунд, враховуючи, що  $1000 \text{ мс} = 1 \text{ с}$ . В даному випадку на 200 мс.

`LedState = !LedState;` — змінює значення змінної `LedState` (стан світлодіода) на протилежне.

`digitalWrite(LedPin, LedState);` — подає значення `LedState` на вихід `LedPin`.

Повний лістинг програми наведено в додатку К.

Отже, мікрофон сприймає звук. Через підсилювач сигнал передається до Arduino Uno. Arduino Uno перевіряє значення рівня звуку з пороговим значенням. Якщо ж рівень звуку дорівнює або перевищує поріг, то перевіряється наступна умова — чи відбувся простій в 0,5 секунд. Якщо ні, то продовжуємо знову відслідковувати сигнал. Якщо і простій відбувся, то перевіряємо чи відбулась зміна з низького у високий рівень. Якщо так, то світлодіод спрацює. Якщо ні, то продовжуємо заново відслідковувати сигнал. Дві перевірки відбувається для виключення помилкового спрацювання пристрою. Помилкове спрацювання може бути спричиненим такими факторами:

- гучно ввімкнена музика;
- падіння предмету;
- стук у двері;
- крик;
- шум.

Для моделювання роботи пристрою використаємо програму Proteus.

Proteus — це комерційний пакет програм класу САПР, який об'єднує в собі дві основні програми:

- ISIS — засіб розробки і налагодження в режимі реального часу електронних схем;



— ARES — засіб розробки друкованих плат. В якості автоматичного вбудованого трасувальника в ARES, починаючи з версії 7.4, використовується програма ELECTRA Autorouter. Відмінність від аналогічних за призначенням пакетів програм, наприклад, Electronics Workbench Multisim, MicroCap, Tina і т.п. — в розвиненій системі симуляції (інтерактивне налагодження в режимі реального часу і покрокової) для різних сімейств мікроконтролерів: 8051, PIC (Microchip), AVR (Atmel), і ін.

Proteus має великі бібліотеки компонентів, в тому числі і периферійних пристроїв: світлодіодні і РК індикатори, температурні сенсори, годинник реального часу — RTC, інтерактивних елементів введення-виведення: кнопок, перемикачів, віртуальних портів і віртуальних вимірювальних приладів, інтерактивних графіків, які не завжди присутні в інших подібних програмах [27].

Для моделювання необхідно виконати такі дії:

Крок 1. В програмі оберемо модель Arduino — Arduino Uno R3.

Крок 2. На вхід A0 має подаватись значення сигналу звуку. Проделуємо сигнал звуку синусоїдальним генератором (див. рисунок 3.3). Задамо амплітуду 1В та частоту 500 Гц.

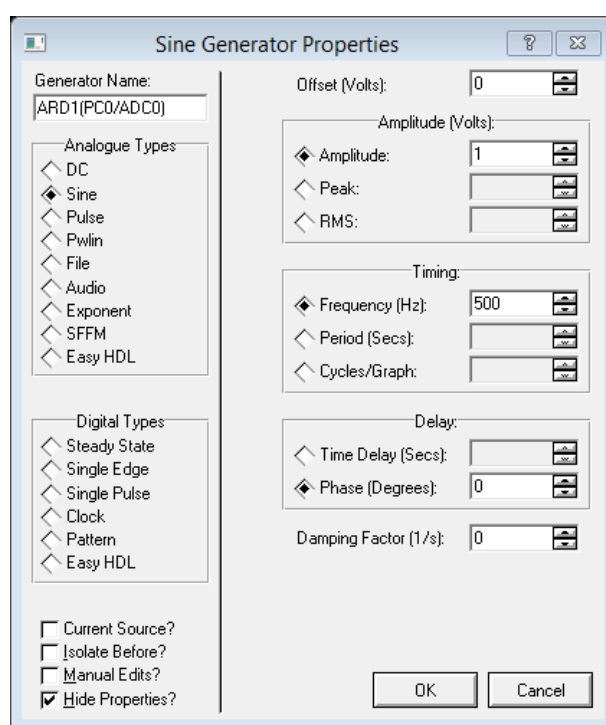


Рисунок 3.3 — Налаштування синусоїдального генератора

Крок 3. На 12 вихід приєднуємо діод.

Крок 4. Налаштовуємо Arduino Uno: підключаємо файл з кодом програми. Даний файл може мати розширення HEX, UBROF, COFF, ELF або OBJ Files. Програма має назву “ph.ino.hex”. Даний файл зберігається в головній папці програми Arduino.

Крок 5. На даному етапі схема готова до огляду роботи пристрою. Запускаємо на виконання.

Після налаштувань схеми, програма має змоделювати роботу пристрою в залежності від подання сигналу на вхід A0. Модель пристрою в програмі Proteus зображена на рисунку 3.4.

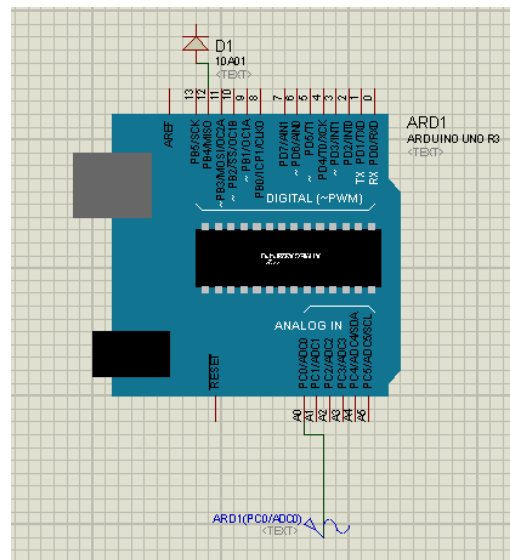


Рисунок 3.4 — Модель акустичного перемикача в програмі Proteus

Робота пристрою в програмі Proteus зображена на рисунку 3.5. Спочатку діод вимкнено (див. рисунок 3.5, а), після подвійного сплеску діод вмикається (див. рисунок 3.5, б). При повторному подвійному сплеску діод вимикається.

Для наочної демонстрації роботи пристрою було виконано макетування.

Макетування — умовне або «натуральне» об'ємно-просторове зображення об'єкта в певному масштабі, що дозволяє вести пошук і оцінку естетичних, функціональних, конструктивно-технологічних або споживчих якостей нових виробів і форм, в комплексі аналізувати різні аспекти конкретного проектування.

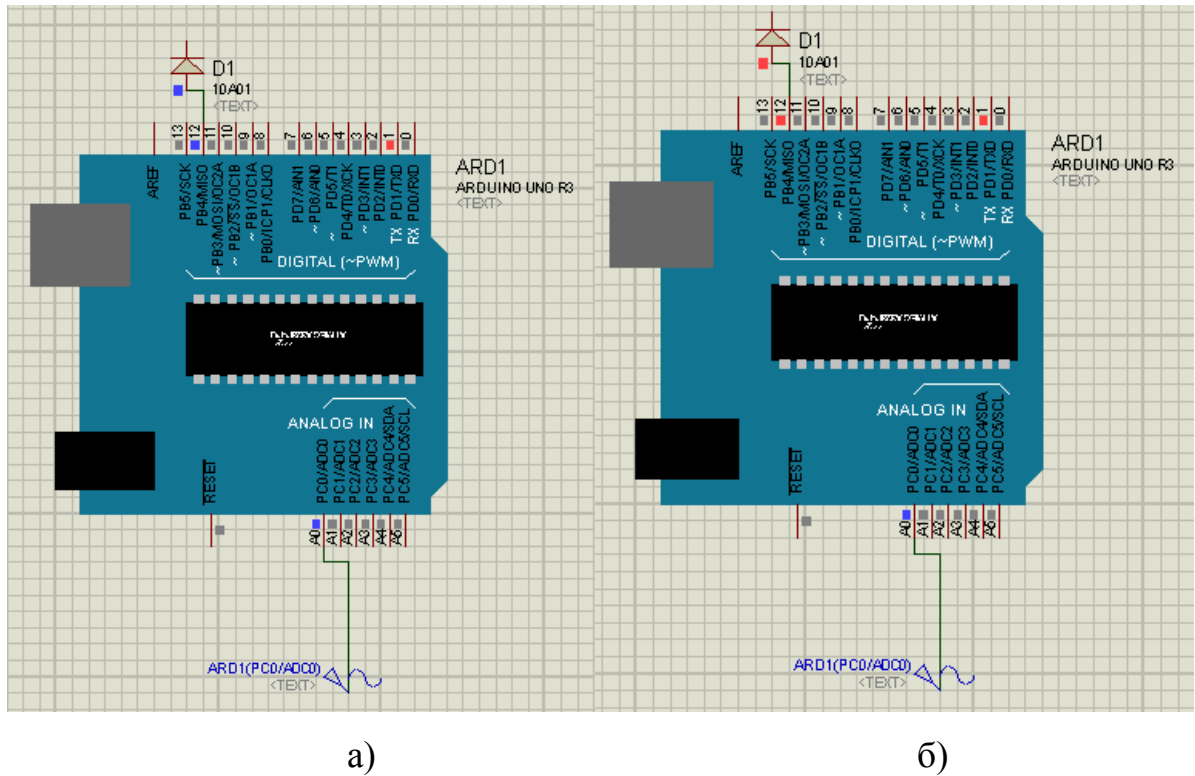


Рисунок 3.5 — Робота акустичного перемикача в програмі Proteus:  
а) в режимі очікування; б) спрацювання

Макет — просторовий об'єкт, що відтворює візуальні або окремі функціональні характеристики виробу [27].

Фото розроблюваного та виготовленого пристрою зображено в додатку Л.

Експериментальне дослідження пристрою проводилось шляхом керування акустичним сигналом сплесками долонь з відстані 1 — 4 м. Зокрема, пристрій спрацьовував в зашумленому приміщенні та гучно ввімкненій музиці.

Також пристрій не спрацьовував при одному сплеску та падінні предмету.

Габаритні розміри — 60 мм × 20 мм × 120 мм.

Напруга живлення — від 5 до 9 В.

Струм навантаження — 0,5 А.

Рівень спрацювання — сплеск в долоні середньої сили на відстані 1 ÷ 4 м.

Отже, пристрій відповідає всім умовам як до технічних так і до функціональних параметрів, вказаних в технічному завданні.

### 3.3 Розробка алгоритму роботи та програмного забезпечення для пристрою керування за допомогою двотонального багаточастотного аналогового сигналу

Розробимо словесний алгоритм:

Крок 1. Ініціалізація Arduino — підготовка платформи до використання.

Крок 2. Налаштування портів відповідно їх використання.

Крок 3. Перевірка на те, чи звук високого рівня (чи відбулось натиснення клавіші). Якщо так, то переходимо до кроку 4. Якщо ні, то переходимо до кроку 3.

Крок 4. Визначаємо яку саме цифру було натиснуто.

Крок 5. Виводимо на екран цифру, що була натиснена (керуємо пристроєм, що асоціюється з цією цифрою).

На базі алгоритму розробимо скетч та детально розглянемо його.

Ініціалізація Arduino в скетчі відбувається таким чином:

`int LedPin = 12;` — створюємо глобальну змінну та присвоюємо їй значення 12. Змінна позначає вихід під номером 12. На даному виході буде відбуватись керування світлодіодом, а саме ввімкнення та вимкнення.

Налаштування портів в скетчі має такий вигляд:

`void setup() { Serial.begin(9600);` — встановлюємо швидкість зв'язку в бітах за секунду. Значення 9600 є стандартним для Arduino.

`pinMode(3, INPUT);` — встановлює вихід 3 як вхідний та використовується для зчитування сигналу, щоб перевірити чи відбулось натискання кнопки.

Аналогічно налаштовуємо інші порти — 4, 5, 6, 7 як вхідні, це необхідно для зчитування сигналу та визначення яка кнопка була саме натиснута (оскільки DTMF декодер використовує двійкову систему числення):

```
pinMode(4, INPUT);
pinMode(5, INPUT);
pinMode(6, INPUT);
pinMode(7, INPUT); }
```

Основні функції:

`uint8_t number;` — створюємо типу `uint8_t` (1 байт) змінну `number` для зберігання значення натиснутої цифри.

`bool signal;` — створюємо булеву змінну `signal` для перевірки чи був високий рівень сигналу на вході 3 або іншими словами чи була натиснена клавіша на телефоні.

`signal = digitalRead(3);` — зчитуємо та записуємо сигнал з порту 3 у змінну `signal`.

`if(signal == HIGH)` — виконуємо перевірку значення змінної `signal` на наявність високого сигналу.

`delay(250);` — виконується затримка в 250 мілісекундах (0.25 секунд).

`number = ( 0x00 | (digitalRead(7)<<0) | (digitalRead(6)<<1) | (digitalRead(5)<<2) | (digitalRead(4)<<3) );` - присвоюємо змінній `number` значення з портів 7, 6, 5, 4 та побітово зсуваємо вліво для адаптації аналогових сигналів в шістнадцяткову систему числення (0x00 — це скорочення шістнадцяткового значення: 0000 0000).

`switch (number)` — оператор `switch` порівнює значення змінної `number` зі значеннями, що вказані в операторах `case`.

`case 0x01:` — оператор, що перевіряє чи була натиснута кнопка «1» та вказує, що необхідно зробити якщо перевірка спрацює.

`Serial.println("Pin Pressed : 1");` — виводє на екран текст про натиснення клавіші «1».

`break;` — необхідний для виходу з оператора.

Аналогічно виконується перевірка на всі інші клавіші телефону. Варто відзначити, що клавіша «\*» має код 0x0A, «0» — 0x0B, «#» — 0x0C.

Повний лістинг скетчу наведено в додатку М.

Отже, сигнал, що утворюється на DTMF декодері, передається на плату Arduino Uno на порти 3÷7. Arduino Uno перевіряє значення сигналу на 3 порту і таким чином визначає чи була натиснута клавіша телефону. Якщо ж рівень сигналу дорівнює HIGH, то виконується адаптація аналогових сигналів в шістнадцяткову систему числення. Далі відбувається визначення яка саме клавіша

була натиснута. Після цього виводиться на екран яка цифра була натиснена. Отже, таким чином можна запрограмувати пристрій на будь-яку дію з електронними пристроями. Наприклад, після спрацювання клавіші 1 буде вмикатись світло, що легко реалізувати при приєднанні реле до плати.

Для наочної демонстрації роботи пристрою було виконано макетування. Фото розроблюваного та виготовленого пристрою зображено в додатку Н.

Експериментальне дослідження пристрою проводилось шляхом натискання клавіш на безпосередньо приєднаному телефоні. Також відбувався дзвінок на телефон, що приєднаний до ДБАС декодера, також здійснювались натискання клавіш. Пристрій вірно визначав яку клавішу було натиснено.

Рекомендовано збільшити звук на телефоні до максимального, оскільки пристрій може не розпізнати клавіші «\*», «0» та «#», що пов'язано з їх кодуванням.

Габаритні розміри — 80 мм × 20 мм × 80 мм.

Напруга живлення — 5 В.

Струм навантаження — 0,5 А.

Рівень спрацювання — при натисненні клавіш на телефоні.

Отже, пристрій відповідає всім умовам як до технічних так і до функціональних параметрів, вказаних в технічному завданні.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі спроектовано та розроблено три пристрої акустичного керування:

- акустичний перемикач мережевого освітлення;
- акустичний перемикач на основі платформи Arduino Uno;
- пристрій централізованого/дистанційного керування за допомогою ДБАС.

В першому розділі наведені сфери застосування акустичного керування та проведено аналіз методів розпізнавання звукових сигналів. Було експериментально досліджено методи розпізнавання: виконувались вистріли з пневматичної гвинтівки PRO Germany HARD та наведено на рисунках приклади застосування методів. Також наведено фактори, що впливають на якість розпізнавання, експериментально досліджено один з факторів – відстань між джерелом звуку та сенсором. Розглянуто та проаналізовано аналоги пристроїв та доведено доцільність розробки пристроїв. Пристрої, що розроблялися є найкращими варіантами серед поданих аналогів.

У другому розділі було проведено розробку структурної та функціональної схем пристроїв. Розглянуто платформи Arduino та обрано найоптимальнішу – Arduino Uno, оскільки має ряд переваг: простота, низька вартість, невеликі розміри та сумісність з усіма платами розширення.

У третьому розділі було виготовлено схему і сам пристрій акустичного керування мережевим освітленням, що повністю відповідає заданим параметрам, таким як простота керування, невеликі габарити, можливість модифікації та дешева собівартість. Також було розроблено алгоритми роботи та програмного забезпечення для акустичний перемикач на основі платформи Arduino Uno та пристрій керування за допомогою ДБАС. Також було проведено макетування пристроїв та їх експериментальне дослідження. Це показало, що пристрої є функціонально завершеними і актуальними.

Отже, всі завдання роботи виконано, мету досягнуто.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ЗАСОБИ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ [Текст] / Ю. І. Дищук // XLVII Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2018): Тез. доп. — Вінниця, 2018. — 1. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2018/paper/view/5333/4357> (дата звернення 01.05.20).
2. ЗАСОБИ АКУСТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЯХ І СИСТЕМАХ [Текст] / Ю. І. Дищук // XLIX Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2020) : Тез. доп. — Вінниця, 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9341/7746> (дата звернення 01.05.20).
3. Дюжаєв Л. П. Аналіз впливу параметрів обробки звукового сигналу на якість розпізнавання голосових команд / Дюжаєв Л. П., Коваль В. Ю. // Вісник НТУУ «КПІ». Радіотехніка, радіоапаратобудування : збірник наукових праць. — 2014. — № 56. — С. 34-41. — Бібліогр.: 6 назв.
4. Анализ подходов к решению задачи распознавания интенсивных кратковременных звуков. // Инженерный вестник. — С. 520 — 534. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/761252.html>.
5. «Розумний будинок». Як сучасні технології створюють комфорт та допомагають зекономити. [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: [http://tvoemisto.tv/news/shtuchnyy\\_intelekt\\_tvogo\\_zhytla\\_chy\\_biznesu\\_tehnologii\\_yak\\_i\\_stvoryuyut\\_komfort\\_ta\\_ekonomlyat\\_groshi\\_84193.html](http://tvoemisto.tv/news/shtuchnyy_intelekt_tvogo_zhytla_chy_biznesu_tehnologii_yak_i_stvoryuyut_komfort_ta_ekonomlyat_groshi_84193.html) (дата звернення 03.05.20).
6. РОЗУМНИЙ БУДИНОК [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: [http://www.smarthouse.ua/ua/umnyj\\_dom.html](http://www.smarthouse.ua/ua/umnyj_dom.html) (дата звернення 03.05.20).
7. Охранные и пожарные системы сигнализаций. Дом. Квартира. Офис: Справочник / Сост. В.И. Назаров, В.И. Рыженко. — М.: Издательство Оникс, 2007. — 32 с: ил. — (В помощь домашнему мастеру).



8. Зарубежное военное обозрение. Ежемесячный информационно-аналитический иллюстрированный журнал Министерства обороны России // Красная звезда. — 2019. — №6. — С. 47–55.

9. Ткаченко О. М. Метод підвищення швидкості пошуку фрагменту аудіозапису із застосуванням kd-дерев / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2014. — № 3. — С. 57–66. — ISSN 1999-9941.

10. Тампель И.Б., Карпов А.А. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ. Учебное пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2016. — 138 с.

11. Лопатко О. Нейронні мережі як засіб прогнозування значення температури за перехідним процесом / О. Лопатко, І. Микитин. // Вимірювальна техніка та метрологія,. — 2016. — №77. — С. 65–70.

12. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — 2-е изд. — М.: Горячая линия-Телеком, 2002. — 382 с.

13. Протопопов Александр Петрович. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОНИКИ. Хлопковый выключатель «CLAPS» включает свет по хлопку. [Электронный ресурс] — Режим доступа:<https://www.razrabotka.pro/single-post/2016/07/23/hlopkovuj-vyklyuchatel-claps-vklyuchaet-svet-po-hlopku> (дата обращения: 02.05.20).

14. ЭКОСВЕТ X-200-Л - Хлопковый выключатель [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://1svet.com.ua/nootehnika/ecosvet/1007-h-200-l.html>. — Загл. с экрана (дата обращения: 03.05.20).

15. Что такое DTMF [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.radioprofessional.info/dtmf.php>. — Загл. с экрана (дата обращения: 08.05.20).

16. Carla Schroder. The Book of Audacity: Record, Edit, Mix, and Master with the Free Audio Editor / Carla Schroder., 2011. — 384 с.

17. Василенко В. DTMF-система дистанционного управления на основе радиотелефона. / Виктор Василенко // Радиолюбби — журнал для радиолюбителей, аудиофилов и пользователей ПК . — 2000. — № 2. — С. 61–63.

18. Шлюз Xiaomi Mi Smart Home Multifunction Gateway [Электронный

ресурс] — Режим доступа: <https://www.xiaomi.ua/mi-smart-home/mi-smart-home-multifunction-gateway/>. — Загл. с экрана (дата обращения: 18.05.20).

19. Умный дом- это CLAP [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ub.com.ua/ru/clap/>. — Загл. с экрана (дата обращения: 18.05.20).

20. Акустический выключатель [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <http://kavmaster.ru/akusticheskij-vyklyuchatel/> (дата звернення 18.05.20).

21. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 256 с. ил — (Электроника).

22. Установка и настройка Arduino IDE под Windows [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://virtuallab.by/publ/programmiruem\\_vmeste/arduino/ustanovka\\_i\\_nastrojka\\_arduino\\_ide\\_pod\\_windows/35-1-0-251](http://virtuallab.by/publ/programmiruem_vmeste/arduino/ustanovka_i_nastrojka_arduino_ide_pod_windows/35-1-0-251). — Загл. с экрана (дата обращения: 19.05.20).

23. Что такое Arduino [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://megavolt-i.ru/wiki/what\\_is\\_arduino/](https://megavolt-i.ru/wiki/what_is_arduino/). — Загл. с экрана (дата обращения: 19.05.20).

24. Датчик звука [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://robostore.all.biz/datchik-zvuka-g18354908?gclid=CjwKCAjw5cL2BRASEiwAENqAPiHaPIzm2pUTKeAoCvxLxunAEk6ZeNGDH\\_XjINGTc\\_B4trTbpDgedxoC\\_EoQAvD\\_BwE](https://robostore.all.biz/datchik-zvuka-g18354908?gclid=CjwKCAjw5cL2BRASEiwAENqAPiHaPIzm2pUTKeAoCvxLxunAEk6ZeNGDH_XjINGTc_B4trTbpDgedxoC_EoQAvD_BwE). — Загл. с экрана (дата обращения: 18.05.20).

25. MT8870 Datasheet (PDF) — Mitel Networks Corporation. Available at: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/77085/MITEL/MT8870.html> (accessed 18 May 2020).

26. Сінельнікова Т.Ф., Блок-схеми алгоритму [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <https://yevshan.com.ua/info/006/content/content3.html> (дата звернення 19.05.20)..

27. Кафедра основ архітектури і архітектурного проектування [Электронный ресурс] — 2012. — Режим доступа до ресурсу: <http://kafedraosarh.blogspot.com/2012/09/macetto.html>. (дата звернення 19.05.20).

**ДОДАТОК А**

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
обчислювальної техніки  
д.т.н., про. Мартинюк Т.Б.

\_\_\_\_\_ 2020 року  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання бакалаврської дипломної роботи на тему:

«Засоби акустичного керування в комп'ютерних  
пристроях та системах»  
08-23.БДР.003.00.000ТЗ

Науковий керівник:

к. т. н., доц. каф ОТ

\_\_\_\_\_ Крупельницький Л. В.

(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Вінниця 2020 р.

## 1. Підстава для виконання дипломної роботи (ДР)

- а) актуальність досліджень;
- б) наказ про затвердження теми дипломної роботи.

## 2. Мета і призначення ДР

Мета полягає у розробленні пристроїв, що забезпечать акустичне керування в комп'ютерних пристроях та системах.

## 3. Джерела розробки ДР

- Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику! Учебное пособие В. А. Красильникова.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.— 400 с.
- Хлуденьков Владимир Система управления освещением — идеальная и оптимальная// Полупроводниковая светотехника. — 2010. — № 5. — С. 80-82.
- Акустический выключатель [Электронный ресурс] — Режим доступа до ресурсу: <http://kavmaster.ru/akusticheskij-vyklyuchatel/>.

## 4. Технічні вимоги до виконання ДР

- Габаритні розміри — не більше 100 мм × 20 мм × 150 мм.
- Вага — не більше 100 г.
- Напруга живлення — від 5 до 9 В.
- Струм споживання — не більше 100 мА.
- Струм навантаження — до 5 А.
- Напруга навантаження постійного чи змінного струму — від 1 до 220 В.
- Рівень спрацювання — сплеск в долоні середньої сили на відстані не ближче 1 м.

## 5. Етапи ДР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Огляд і аналіз джерел інформації		06.01.2020	Аналітичний огляд літературних джерел
2	Розробка технічного завдання	06.01.2020	29.01.2020	Огляд задачі дослідження
3	Огляд та аналіз методів та засобів акустичного керування в	03.02.2020	21.02.2020	розділ

	комп'ютерних пристроях та системах			
4	Розробка структурної та функціональної схем пристроїв	24.02.2020	27.03.2020	розділ
5	Реалізація технічних пристроїв та їх програмної складової	30.03.2020	24.04.2020	розділ
6	Підготовка до презентації і захист роботи	27.04.2020	25.05.2020	презентація

## **6. Матеріали, що подаються до захисту ДР**

Пояснювальна записка ДР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту ДР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, нормоконтроль про відповідність оформлення ДР діючим вимогам.

## **7. Порядок контролю виконання та захисту ДР**

Виконання етапів графічної та розрахункової документації ДР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист ДР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

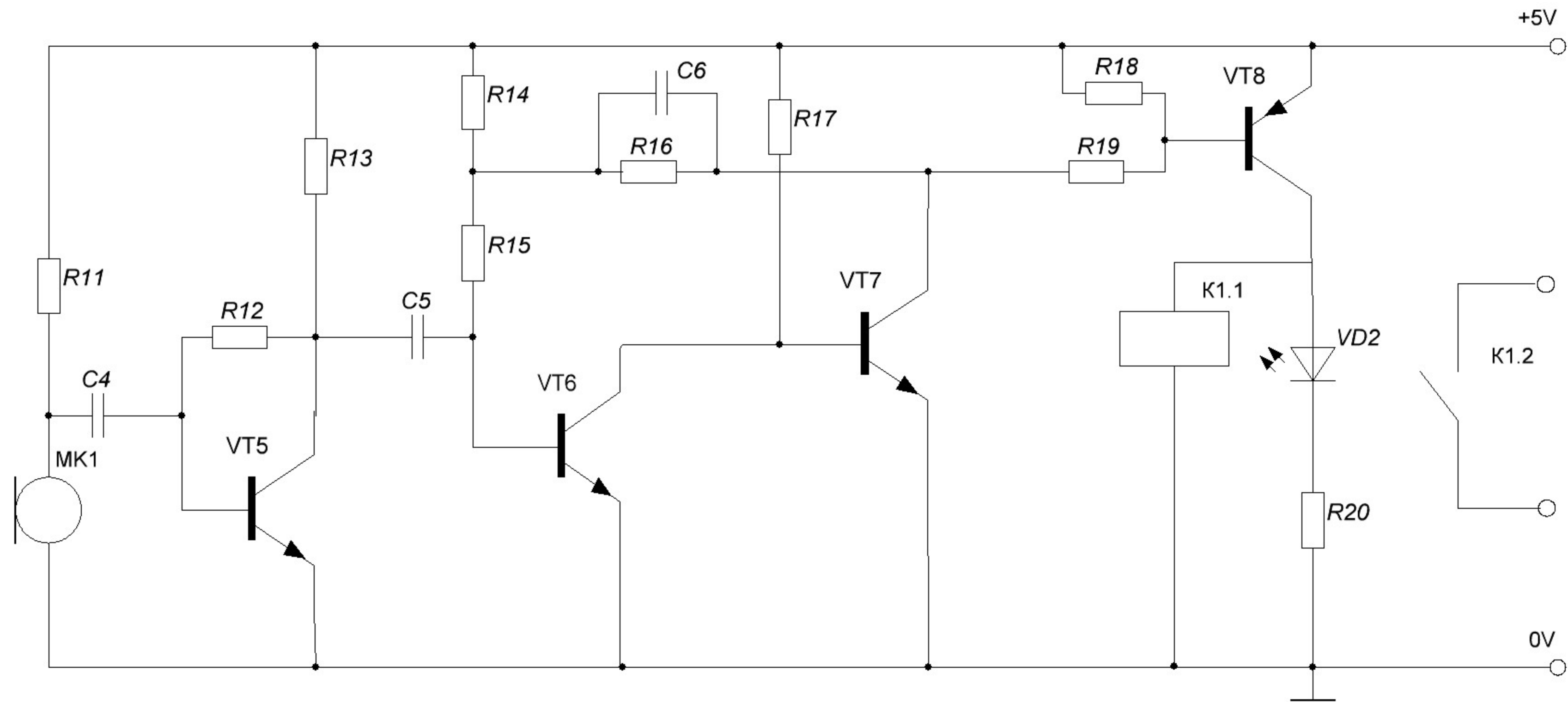
## **8. Вимоги до оформлення ДР**

Вимоги викладені в МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВКАХ до дипломного проектування, ДСТУ 3008-95, ДСТУ 3974-2000 «Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення» та діючого ГОСТ 2.114-95 ЕСКД.

## **9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в ДР з обмеженим доступом**

Відсутні.

Додаток Б



					08-23.БДР.003.00.000 Е3			
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Акустичний перемикач мережевого освітлення. Схема електрична принципова	Літ	Маса	Маштаб
Розроб.		Дицук Ю. І.						
Перевір.		Крупельницький						
Реценз.		Куперштейн Л.М.						
Н. Контр.		Швець С.І.				Арк.	Аркушів	
Затверд.		Мартинюк Т.				КІ-166		

Позн.	Найменування	Кільк.	Примітка
<u>Конденсатори</u>			
C1	КМ-56 – 2200 пФ - Н90	1	
C2, C3	КМ-6а – 1 мкФ – 16В	2	
K1	Реле HLS8L-DC5V-S-C	1	
МК	Мікрофон 6XS	1	
<u>Резистори C2-23 250 мВт</u>			
R1	10 кОм ± 5%	1	
R2	620 кОм ± 5%	1	
R3	8,2 кОм ± 5%	1	
R4	1 МОм ± 5%	1	
R5	22 кОм ± 5%	1	
R6	270 кОм ± 5%	1	
R7	2 кОм ± 5%	1	
R8	1,8 кОм ± 5%	1	
R9	330 Ом ± 5%	1	
R10	1,5 кОм ± 5%	1	
VD1	Світлодіод АЛ 307	1	
<u>Транзистори</u>			
VT1...VT3	КТ315Б	3	
VT4	КТ3107	1	Аналог BC557

08-23.БДР.003.00.000 ПЕЗ				
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Дмирюк Ю.І.			
Керівник	Крупельницький			
Реценз.	Куперштейн			
Н. Контр.	Шваць С.І.			
Затверд.	Мартинюк Т.Б.			
Акустичний перемикач мережевого освітлення. Перелік елементів.				
Літера		Аркуш		Аркушів
		1		
1КІ-166				

## ДОДАТОК Г

### Характеристики Arduino Uno

Таблиця Г.1 — Характеристики Arduino Uno

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виведення	40 мА
Максимальний вихідний струм виходу 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0.5 КБ використовуються загрузчиком
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц



## ДОДАТОК Д

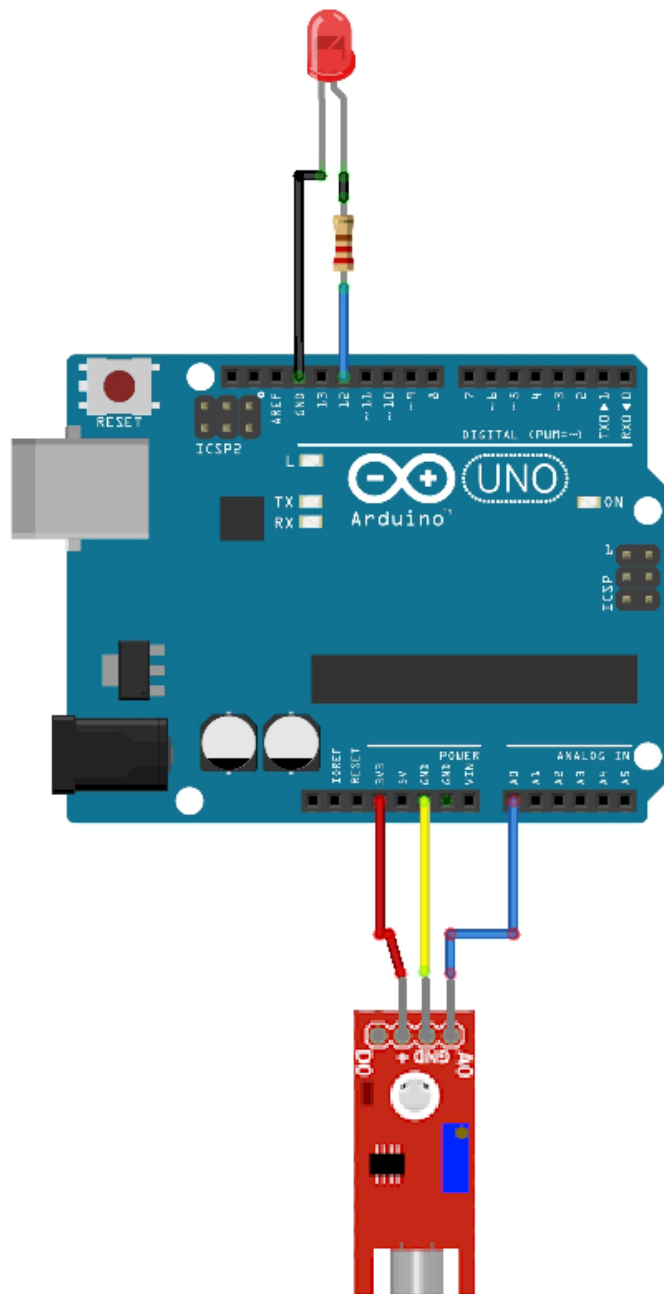
Конструкція акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи  
Arduino Uno

Рисунок Д.1 — Конструкція акустичного перемикача на основі мікропроцесорної платформи Arduino Uno

## ДОДАТОК Е

Конструкція пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою  
ДБАС

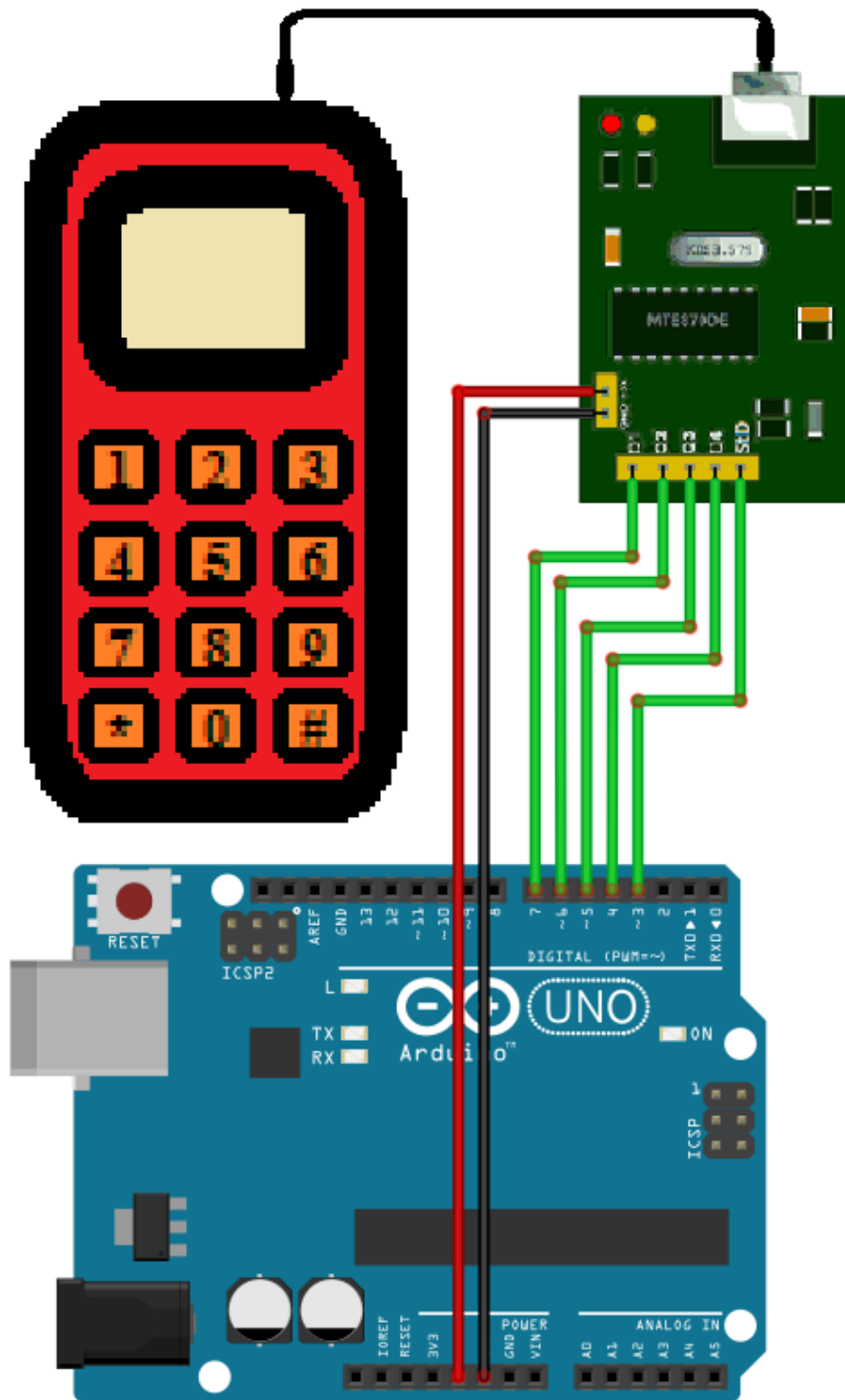


Рисунок Е.1 — Конструкція пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС

## ДОДАТОК Ж

Фото розроблюваного та виготовленого акустичного перемикача

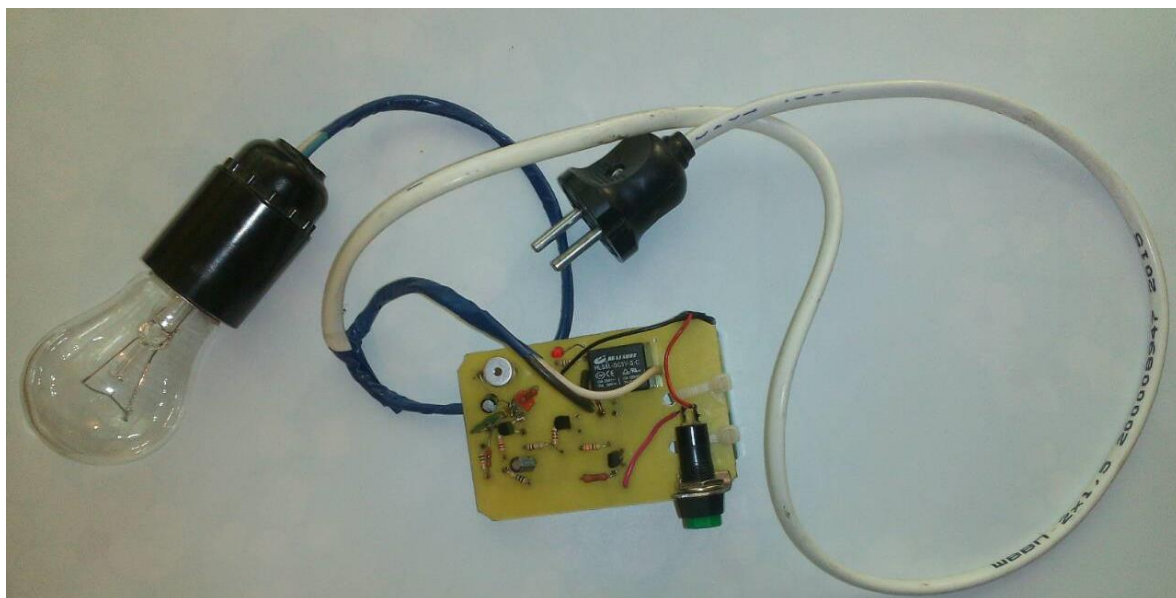


Рисунок Ж.1 — Фото акустичного перемикача

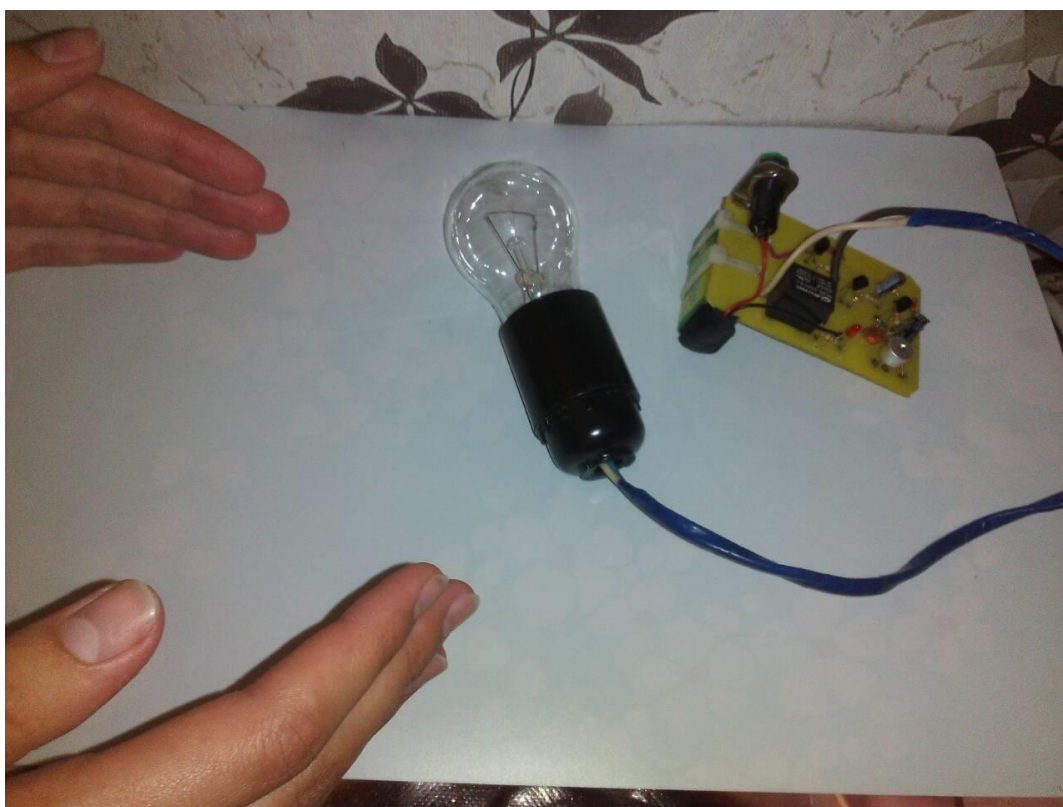


Рисунок Ж.2 — Акустичний перемикач в стані очікування



Рисунок Ж.3 — Акустичний перемикач після спрацювання

## ДОДАТОК И

## Блок-схема акустичного перемикача на основі Arduino Uno



Рисунок 3.1 — Блок-схема акустичного перемикача на основі Arduino Uno

## ДОДАТОК К

Лістинг програми скетчу акустичного перемикача на основі Arduino Uno

```
int LedPin = 12;
int threshold = 100;
int volume;
int knockSensor =A0;
int LedState = LOW;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LedPin, OUTPUT);
}
void loop () {
  volume = analogRead (knockSensor);
  if (volume>=threshold){
delay(200);
for(int t=0;t<=500;t++)
{
  delay(1);
  volume = analogRead (knockSensor);
  if (volume>=threshold){
    LedState = !LedState;
    volume=0;
    digitalWrite(LedPin, LedState);
    delay(200);
  }
}
volume=0;
}
}
```

## ДОДАТОК Л

Зовнішній вигляд акустичного перемикача на основі Arduino Uno

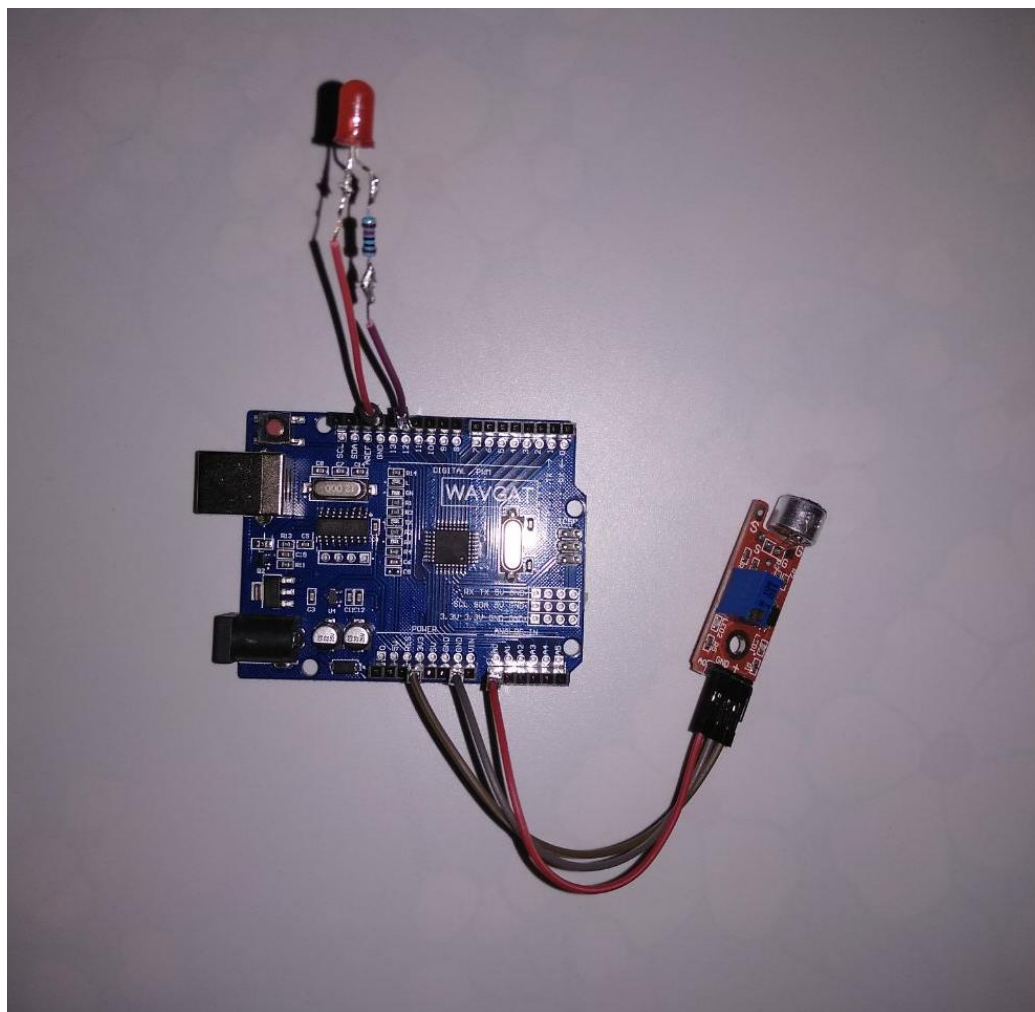


Рисунок К.1 — Фото акустичного перемикача на основі Arduino Uno

## ДОДАТОК М

Лістинг програми скетчу пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(4, INPUT);
  pinMode(5, INPUT);
  pinMode(6, INPUT);
  pinMode(7, INPUT);
}

void loop() {
  uint8_t number;
  bool signal ;
  signal = digitalRead(3);
  if(signal == HIGH)
  {
    delay(250);
    number = ( 0x00 | (digitalRead(7)<<0) | (digitalRead(6)<<1) | (digitalRead(5)<<2) |
(digitalRead(4)<<3) );
    switch (number)
    {
      case 0x01:
        Serial.println("Pin Pressed : 1");
        break;
      case 0x02:
        Serial.println("Pin Pressed : 2");
        break;
      case 0x03:
        Serial.println("Pin Pressed : 3");
        break;
      case 0x04:
        Serial.println("Pin Pressed : 4");
        break;
      case 0x05:
```



```
Serial.println("Pin Pressed : 5");
break;
case 0x06:
Serial.println("Pin Pressed : 6");
break;
case 0x07:
Serial.println("Pin Pressed : 7");
break;
case 0x08:
Serial.println("Pin Pressed : 8");
break;
case 0x09:
Serial.println("Pin Pressed : 9");
break;
case 0x0A:
Serial.println("Pin Pressed : 0");
break;
case 0x0B:
Serial.println("Pin Pressed : *");
break;
case 0x0C:
Serial.println("Pin Pressed : #");
break;
}
}
}
```

## ДОДАТОК Н

Зовнішній вигляд пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС



Рисунок М.1 — Фото пристрою централізованого/дистанційного управління за допомогою ДБАС