

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет**

(повне найменування закладу вищої освіти)

**Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій**

(повне найменування факультету)

**Кафедра комп'ютерної інженерії та безпеки**

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**СИСТЕМА ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ГОЛОСОВИМ  
КЕРУВАННЯМ НА ПЛАТФОРМИ ARDUINO**

**VOICE CONTROLLED HOME  
AUTOMATION SYSTEM ON ARDUINO PLATFORM**

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи КІ-41  
Мороз Андрій Олександрович

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Кайдик Олег Леонтійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
« 10 » червня 2025 р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та безпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Т. Терлецький

« 10 » 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Морозу Андрію Олександровичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Система домашньої автоматизації з голосовим керуванням на платформі Arduino*

Керівник роботи *к.т.н., доц. Кайдик Олег Леонтійович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» січня 2025 року № 11/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи *10.06.2025р.*

3. Вихідні дані до роботи *джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

*Вступ*

*Теоретичні основи домашньої автоматизації*

*Проектування системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням*

*Реалізація та тестування системи*

*Висновки*

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

*Існуючі технологічні рішення в галузі домашньої автоматизації*

*Загальна схема*

*Схема підключення датчиків*

*Фото системи*

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Огляд літератури з основ домашньої автоматизації</i>	<i>Кайдик О.Л., доцент</i>		
<i>Проектування системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням</i>	<i>Кайдик О.Л., доцент</i>		
<i>Реалізація та тестування системи</i>	<i>Кайдик О.Л., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>	_____ %		
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О.І., ст. викладач</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Огляд літератури з основ домашньої автоматизації</i>	до 10.02.2025 р.	Виконано
2.	<i>Проектування системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням</i>	до 02.03.2025 р.	Виконано
3.	<i>Реалізація та тестування системи</i>	до 02.04.2025 р.	Виконано
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	до 10.04.2025 р.	Виконано
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 15.04.2025 р.	Виконано
6.	<i>Формування додатків</i>	до 02.05.2025 р.	Виконано
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	до 10.05.2025 р.	Виконано
8.	<i>Представлення остаточного варіанту кваліфікаційної роботи бакалавра керівникові</i>	до 15.05.2025 р.	Виконано
9.	<i>Нормоконтроль</i>	до 30.05.2025 р.	Виконано
10	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 03.06.2025 р.	Виконано
11.	<i>Здача кваліфікаційної роботи та всіх супровідних документів на кафедрі</i>	до 10.06.2025 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мороз А.О.

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кайдик О.Л.

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Мороз А. О. Система домашньої автоматизації з голосовим керуванням на платформі Arduino. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, додатків.

Перший розділ присвячений розробці системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням на основі платформи Arduino. У першому розділі проведено аналіз теоретичних основ домашньої автоматизації, розглянуто історію розвитку, сучасні технології та інноваційні рішення, які застосовуються в галузі розумних будинків. Особливу увагу приділено методам інтеграції голосового керування, а також порівнянню доступних рішень на ринку.

Другий розділ містить проектування системи: визначено загальну архітектуру, обґрунтовано вибір апаратного забезпечення, включаючи мікроконтролер Arduino Uno, Bluetooth-модуль HC-06 та двоканальне реле SONGLE. Розроблено структурну та принципову схеми, описано програмну логіку взаємодії між компонентами, а також підготовлено алгоритми обробки голосових команд.

У третьому розділі описано процес реалізації системи, зокрема складання апаратної частини, програмування мікроконтролера, налаштування мобільного застосунку для Android та проведення тестування. Отримані результати підтвердили працездатність системи та відповідність поставленим завданням. У висновках наведено загальні підсумки роботи та визначено перспективи вдосконалення, зокрема шляхом розширення функціональності, інтеграції додаткових сенсорів та впровадження засобів безпеки.

Ключові слова: автоматизація, Arduino Uno, HC-SR04, голосове керування, Bluetooth HC-06, релейний модуль, IoT, мобільний застосунок.

## ANNOTATION

Moroz A. Voice controlled home automation system on Arduino platform. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of sources used, and appendices.

The first chapter is devoted to the development of a home automation system with voice control based on the Arduino platform. The first chapter analyzes the theoretical foundations of home automation, considers the history of development, modern technologies and innovative solutions used in the field of smart homes. Particular attention is paid to methods for integrating voice control, as well as a comparison of available solutions on the market.

The second chapter contains the design of the system: the general architecture is defined, the choice of hardware is justified, including the Arduino Uno microcontroller, the HC-06 Bluetooth module and the SONGLE two-channel relay. A structural and schematic diagram has been developed, the software logic of interaction between components has been described, and algorithms for processing voice commands have been prepared.

The third section describes the process of implementing the system, in particular, assembling the hardware, programming the microcontroller, configuring the mobile application for Android, and testing. The results obtained confirmed the system's operability and compliance with the tasks set. The conclusions provide general conclusions and identify prospects for improvement, in particular by expanding functionality, integrating additional sensors, and implementing security measures.

Keywords: automation, Arduino Uno, HC-SR04, voice control, Bluetooth HC-06, relay module, IoT, mobile application.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	9
1.1 Поняття та історія розвитку систем домашньої автоматизації.....	9
1.2 Сучасні технологічні рішення в галузі домашньої автоматизації.....	12
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ГОЛОСОВИМ КЕРУВАННЯМ .....	25
2.1 Загальна архітектура системи.....	25
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення.....	26
2.2.1 Мікроконтролер Arduino UNO .....	26
2.2.2 Модуль Bluetooth HC-06 .....	29
2.3 Двохканальне реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C .....	32
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	36
3.1 Збірка апаратної частини системи.....	36
3.2 Програмування Arduino .....	37
3.3 Налаштування програми голосового керування для OS Android .....	42
3.4 Тестування системи.....	44
ВИСНОВКИ .....	46
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	47
ДОДАТКИ .....	50

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій концепція «Smart Home» стає дедалі популярнішою. Це пояснюється прагненням людини підвищити комфорт, безпеку, енергоефективність житла та оптимізувати повсякденні процеси завдяки автоматизації. Особливе місце серед сучасних рішень займають системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням, які дають змогу управляти освітленням, побутовими приладами, системами опалення, безпеки та мультимедіа за допомогою простих голосових команд.

На тлі широкого спектра технологічних рішень, доступних на ринку, платформі Arduino відводиться важлива роль завдяки її відкритому апаратному забезпеченню, простоті інтеграції та численним бібліотекам для взаємодії з периферійними пристроями та модулями. Використання мікроконтролера Arduino в поєднанні з Bluetooth-модулем (наприклад, HC-05) та мобільним застосунком дозволяє створити ефективну систему голосового керування, яка забезпечує гнучкість, масштабованість та низькі витрати на впровадження.

Актуальність теми дослідження визначається постійно зростаючим попитом на інтелектуальні системи в побуті, що стимулює розвиток нових рішень, орієнтованих на користувача. Розробка системи домашньої автоматизації на базі Arduino є актуальною задачею, яка дозволяє не тільки розширити функціональні можливості житлового простору, а й сприяє набуттю практичних навичок у сфері мікроконтролерної техніки, програмування та системного дизайну.

Мета роботи полягає у розробці та реалізації системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням на основі платформи Arduino, що дозволить дистанційно керувати освітленням і побутовими приладами.

Об'єктом дослідження є системи домашньої автоматизації з використанням мікроконтролерів.

Предметом дослідження є архітектура, апаратні й програмні рішення для реалізації голосового керування домашніми пристроями на платформі Arduino.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз сучасних систем домашньої автоматизації та рішень з голосовим керуванням;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи Arduino та додаткових модулів для розробки системи;
- розробити структурну та принципову схему системи;
- реалізувати програмне забезпечення для взаємодії між мікроконтролером, Bluetooth-модулем та мобільним застосунком;
- здійснити складання й налаштування апаратної частини системи;
- провести тестування роботи системи в умовах реального застосування;
- оцінити ефективність розробленої системи та визначити перспективи її вдосконалення.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 1.1 Поняття та історія розвитку систем домашньої автоматизації

Домашня автоматизація [1] – це автоматизація для будівлі, дому. Система домашньої автоматизації відстежує та/або регулює такі технічні системи будинку як освітлення, кліматична система, розважальна система та інше обладнання. Вона також може включати такі системи домашньої безпеки як контроль доступу та сигналізація.

Фраза «розумний дім» стосується пристроїв домашньої автоматизації, що мають доступ до інтернету. «Домашня автоматизація» – ширша категорія, що включає будь-який пристрій, що може передавати свій статус та керуватися за допомогою радіосигналу, а не тільки пристрої з доступом через інтернет. У разі підключення через інтернет, домашні датчики та активні пристрої є важливою складовою «Інтернету речей» (IoT) [2].

Система домашньої автоматизації зазвичай підключає керовані пристрої до центрального концентратора «розумного будинку» (його іноді називають «шлюзом»). Інтерфейс користувача для керування системою використовує як настінні термінали, планшети або настільні комп'ютери, застосунки для мобільних телефонів, так і веб-інтерфейс, що також може бути доступний за межами будівлі через інтернет.

Домашня автоматизація починалася з машин, що полегшували працю. Повноцінні домашні прилади, що працюють від електроенергії або газу з'явилися в 1900-х роках з появою мереж електроживлення [3], і привели до появи пральних машин (1904), водонагрівачів (1889), холодильників (1913), швейних машин, посудомийних машин та сушарок одягу.

У 1975 році розроблено першу технологію мережі домашньої автоматизації загального призначення X10. Це комунікаційний протокол для електронних пристроїв. Вона використовує насамперед силові системи передавання електроенергії для надсилання сигналів і керування, де

використовуються короткі радіочастотні імпульси цифрових даних. Ця технологія є найдоступнішою.[4]

До 2012 року у США, згідно з ABI Research, було встановлено 1,5 млн систем домашньої автоматизації [5]. За даними дослідницької фірми Statista [6] до кінця 2018 року в помешканнях у США мало бути встановлено більше 45 млн пристроїв «розумного дому» [7]. В англійській мові на позначення домашньої автоматики з'явилося слово «domotics» – скорочення латинського слова «дім» (domus) та слова «robotics». Слово «розумний» у назві «розумний дім» вказує на систему, яка усвідомлює стан її пристроїв, що реалізовано через протокол інформаційних і комунікаційних технологій (ICT) та через Інтернет речей (IoT) [8].

Сучасні системи домашньої автоматизації є результатом інтеграції апаратних та програмних рішень, спрямованих на підвищення комфорту, безпеки, енергоефективності та адаптивності побутових середовищ. Завдяки широкому спектру застосування, домашня автоматизація охоплює не лише традиційні задачі керування освітленням чи опаленням, а й розширюється на такі сфери, як мультимедіа, охорона, енергомоніторинг, догляд за рослинами та інші.

В наукових публікаціях [9] зазначається, що основною перевагою таких систем є гнучкість їхньої архітектури, яка дозволяє масштабувати функціональність у залежності від потреб користувача. Наприклад, використання відкритих апаратних платформ, таких як Arduino, дає змогу інтегрувати різноманітні сенсори, реле та модулі зв'язку для автоматизації навіть складних сценаріїв.

Автоматизація освітлення (рис. 1.1) включає використання датчиків руху, датчиків освітленості та програмованих розкладів, що дозволяє знизити споживання електроенергії, а також підвищити зручність для мешканців. Згідно з дослідженнями [10], системи автоматичного освітлення зменшують витрати електроенергії на 15-20 %, завдяки виключенню людського чинника.



Рисунок 1.1 – Система управління освітленням [11]

Системи безпеки (рис. 1.2) є однією з найбільш динамічних сфер розвитку домашньої автоматизації. Вони включають сенсори руху, магнітні контакти для дверей і вікон, IP-камери та системи сповіщення. Завдяки впровадженню автоматизованих сценаріїв, таких як імітація присутності людей під час відсутності мешканців, забезпечується зниження ризику злочинних посягань [12].



Рисунок 1.2 – Система безпеки розумного будинку з камерами та датчиками руху [13]

Інтеграція температурних та вологісних сенсорів дозволяє створювати адаптивні кліматичні умови в приміщеннях. Зокрема, в [14] зазначають, що застосування таких систем забезпечує до 25 % економії енергії порівняно з традиційними системами, що не мають автоматичного регулювання.

Голосове керування побутовими приладами стало важливою сферою завдяки поширенню голосових помічників, таких як Amazon Alexa, Google Assistant та Apple Siri. Це дозволяє керувати розумними розетками, світильниками, кавоварками, пральними машинами, телевізорами тощо, що підвищує комфорт та знижує необхідність фізичної взаємодії з пристроями.

Сучасні системи можуть не лише автоматизувати керування, а й вести моніторинг енергоспоживання. Це дозволяє користувачам аналізувати дані, виявляти енергетично неефективні пристрої та приймати рішення щодо оптимізації витрат [12].

Домашня автоматизація є багатогранною сферою, що охоплює різні аспекти побуту – від підвищення комфорту до оптимізації енерговитрат. Апаратні рішення на базі відкритих платформ, таких як Arduino, спрощують створення індивідуалізованих систем, що враховують специфічні потреби користувачів. З огляду на глобальні тренди розвитку Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту, можна очікувати подальшого розширення функціональності таких систем та їх широкого впровадження в побут.

## **1.2 Сучасні технологічні рішення в галузі домашньої автоматизації**

В основному, в системах домашньої автоматизації на основі Bluetooth побутові прилади підключаються до плати Arduino через реле. Програма цієї Bluetooth-плати базується на високорівневій інтерактивній мові мікроконтролерів. З'єднання буде встановлено між платою і смартфоном за допомогою бездротового зв'язку.

Bluetooth, стандарт технології, який використовується для забезпечення бездротового зв'язку на короткій відстані між електронними пристроями.

Bluetooth був розроблений наприкінці 1990-х і незабаром досяг величезної популярності в споживчих пристроях.

Bluetooth, названий на честь Харальда I Bluetooth, короля Данії в 10-му столітті, який об'єднав Данію та Норвегію, був розроблений, щоб забезпечити спільну роботу широкого спектру пристроїв. Іншими його ключовими особливостями були низьке енергоспоживання – просте використання акумулятора – і відносно низька вартість. Bluetooth дозволяє цим пристроям тримати зв'язок навіть коли вони знаходяться в радіусі один від одного [15]. У таблиці 1.1 приведено діапазон роботи до версії специфікації.

Таблиця 1.1 – Діапазон роботи Bluetooth

Bluetooth	Діапазон роботи, м
3.0	8-10
4.0	10-20
5.0	40-1500

Діапазон роботи Bluetooth змінюється коли з'являються різноманітні перешкоди. Принцип дії заснований на використанні радіохвиль у вільному від ліцензування діапазоні від 2,4 ГГц до 24,835 ГГц. В наш час така топологія використовується у різноманітних побутових пристроях та бездротових мережах.

Технологія Wi-Fi – це те, без чого люди зараз не можуть жити, не можна уявити, яким було повсякденне життя без з'єднання Wi-Fi. Технологія Wi-Fi – це бездротова технологія, яка дозволяє пристроям отримувати доступ до Інтернету без кабелів [11]. Залежно від маршрутизатора та з'єднання, він має радіус дії приблизно 100 метрів.

Підключення можливе за допомогою інфрачервоних і радіочастотних хвиль. Таким чином можна передати інформацію. Крім того, наявність маршрутизатора з технологією Wi-Fi дозволяє кільком пристроям підключатися до Інтернету одночасно. Завдяки розвитку все більшої кількості пристроїв і технологій ми маємо не лише смартфони чи комп'ютери, підключені до Інтернету, але й планшети чи смарт-телевізори.



GSM, скорочення від Global System for Mobile Communications, був вперше представлений у 1980-х роках групою європейських телекомунікаційних компаній. Метою було створити стандарт для мобільної телефонії, і в 1991 році у Фінляндії була запущена перша мережа GSM.

Стандарт GSM був розроблений для сумісності з послугами ISDN і для підтримки таких послуг, як голосові дзвінки, SMS (служба коротких повідомлень) і передача даних. Він також розроблений для використання з пристроями з низьким енергоспоживанням, що робить його ідеальним для мобільних телефонів.

GSM працює на чотирьох різних діапазонах частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц і 1900 МГц. Ці частоти поділяються на часові інтервали, а потім на канал. Кожен виклик або повідомлення, надіслане через мережу GSM, займає один часовий інтервал в одному каналі.

Мережа GSM поділяється на три основні системи: систему базових станцій (BSS), систему мережі та комутації (NSS) і систему експлуатації та підтримки (OSS). BSS спілкується з мобільними телефонами, NSS обробляє маршрутизацію викликів і керування мобільністю, а OSS контролює обслуговування мережі.

GSM зіграв значну роль в еволюції мобільного зв'язку. Це зробило спілкування доступнішим і ефективнішим, дозволяючи людям залишатися на зв'язку незалежно від того, де вони знаходяться.

Сьогодні GSM використовується понад 90 % світового ринку мобільного зв'язку, обслуговуючи понад 5 мільярдів людей у понад 200 країнах. GSM також проклав шлях для розвитку GPRS, яка є послугою пакетного бездротового зв'язку, яка обіцяє швидкість передачі даних від 56 до 114 Кбіт/с і безперервне підключення до Інтернету для користувачів мобільних телефонів і комп'ютерів.

Домашня автоматизація на основі SMS (рис. 1.4), домашня автоматизація на основі GPRS і домашня автоматизація на основі двотонального багаточастотного зв'язку (DTMF) – ці варіанти ми розглядали в основному для зв'язку в стандарті GSM [15].

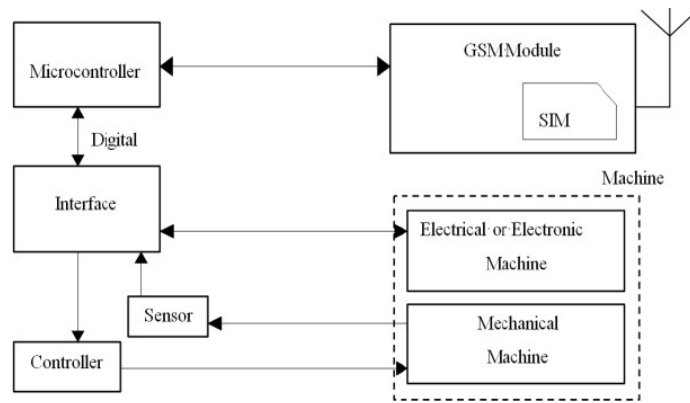


Рисунок 1.4 – Система домашньої автоматизації на основі GSM [15]

Частина системи моніторингу та управління буде спроектована та реалізована з використанням ZigBee. Продуктивність пристрою буде записуватися і зберігатися мережевими координаторами за допомогою Wi-Fi, який використовує чотири комутаційні порти стандартного бездротового ADSL-маршрутизатора (рис. 1.5).

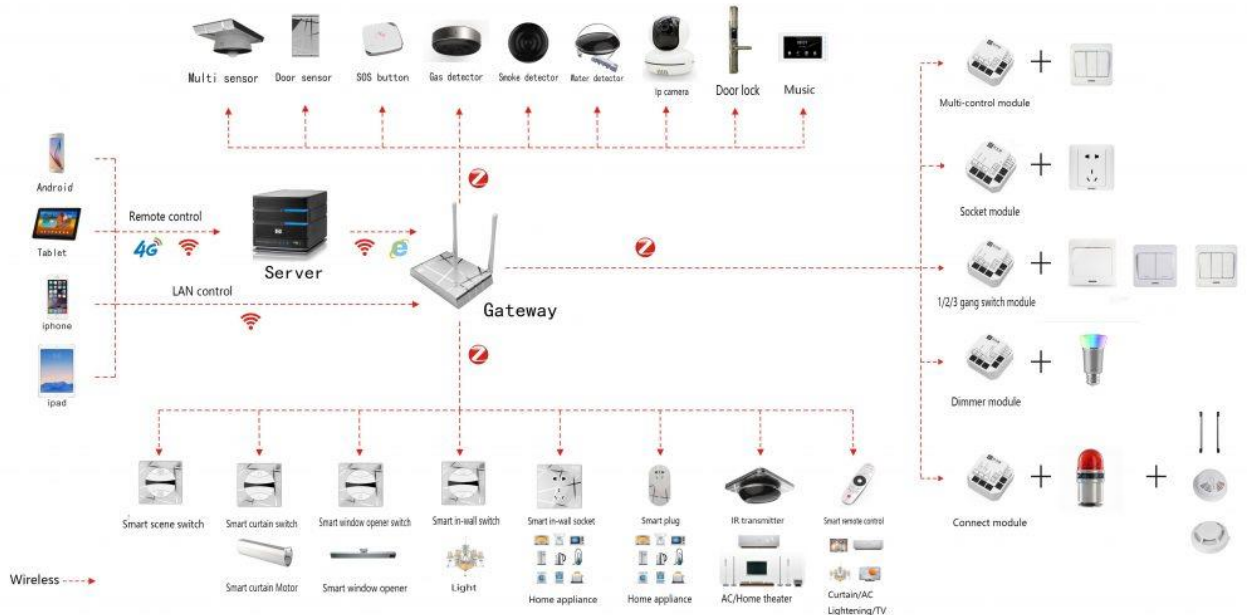


Рисунок 1.5 – Система домашньої автоматизації ZigBee [18]

### **1.3 Технології голосового управління в системах домашньої автоматизації**

Найкращим та найзручнішим для людини управлінням «розумного будинку» є голос, яким можна керувати багатьма елементами системи, такими як освітлення, опалення, кондиціонування, мультимедійні пристрої, електроприлади та системи безпеки. Завдяки використанню голосових команд користувач отримує можливість інтуїтивного, швидкого й безконтактного взаємодії з побутовими пристроями, що особливо важливо для підвищення комфорту, ергономіки та доступності управління.

Голосове керування, інтегроване через спеціалізовані голосові помічники або модулі розпізнавання мовлення, дозволяє створювати комплексні сценарії автоматизації, де за допомогою однієї команди можна активувати кілька підсистем одночасно. Крім того, такий підхід дає змогу підвищити енергоефективність будинку, оскільки системи можуть оперативно реагувати на зміну умов або вимоги користувача, наприклад, вимикати освітлення в незайнятих кімнатах чи регулювати температуру залежно від присутності мешканців.

На рисунку 1.6 схематично показано підсистеми, що можуть інтегруватися в єдину архітектуру системи «розумного будинку». До них належать: освітлювальні системи, системи кондиціонування, витяжки, комунікаційні відеопристрої, системи безпеки, централізоване опалення, музичні системи, контроль якості повітря та розумні мультимедійні комплекси. Кожна з цих підсистем може бути підключена до центрального контролера або працювати в автономному режимі, проте найвищий рівень зручності та енергоефективності досягається саме за умови їхньої інтеграції в єдиний комплекс. Завдяки голосовому керуванню користувач отримує можливість швидко та інтуїтивно взаємодіяти з усіма підсистемами, керуючи різними аспектами побуту – від простого увімкнення або вимкнення світла до налаштування складних автоматичних сценаріїв. Такий підхід сприяє підвищенню комфорту, оптимізації

витрат ресурсів та загальній автоматизації повсякденних процесів у житловому просторі.



Рисунок 1.6 – Приклади підсистем, що інтегруються у «розумному будинку»

[19]

На ринку існує кілька основних підходів до впровадження голосового управління. По-перше, використовуються спеціалізовані апаратні голосові помічники, такі як Amazon Alexa, Google Assistant або Apple Siri, які поєднують у собі програмні та апаратні засоби для обробки голосових запитів. По-друге, реалізація може здійснюватися за допомогою мікроконтролерів, таких як Arduino, у комбінації з Bluetooth-модулями та мобільними застосунками, де розпізнавання відбувається безпосередньо на смартфоні. Такий підхід дозволяє створювати бюджетні, але ефективні системи з базовими функціями голосового керування.

Сучасні системи підтримують як прості команди (наприклад, «увімкни світло» чи «знизь температуру»), так і складні сценарії, які можуть поєднувати кілька дій одночасно. З технічного погляду, технології голосового управління включають модулі розпізнавання мовлення, інтерфейси зворотного зв'язку, системи активації команд за ключовими словами, а також інтеграцію зі сторонніми сервісами та хмарними платформами [20].

Важливим аспектом є питання безпеки та конфіденційності, оскільки голосові команди можуть містити чутливу інформацію. Тому сучасні технології впроваджують механізми шифрування переданих даних, а також системи автентифікації користувача, щоб забезпечити захист від несанкціонованого доступу.

Технології голосового управління стають невід'ємною складовою розумного дому, суттєво підвищуючи рівень комфорту, ергономіки та енергоефективності побутових процесів, а також відкриваючи нові можливості для персоналізації взаємодії між людиною та технікою.

#### **1.4 Інтерпретація голосових команд**

Інтерпретація голосових команд у системах домашньої автоматизації ґрунтується на поєднанні апаратних і програмних рішень, спрямованих на перетворення мовленнєвого сигналу на керуючі команди. На сучасному етапі розвитку цієї технології виділяють кілька основних підходів, кожен із яких має свої переваги, обмеження та сфери застосування.

Перший підхід – локальне розпізнавання, коли обробка голосових сигналів здійснюється безпосередньо на кінцевому пристрої (наприклад, мікроконтролері Arduino або вбудованому модулі). Такий варіант забезпечує високу швидкість реакції, не потребує доступу до мережі та гарантує більшу приватність, однак обмежується продуктивністю апаратних ресурсів і здатністю підтримувати лише обмежений набір команд.

Другий підхід – хмарне розпізнавання, яке використовує сервери великих компаній (Google, Amazon, Apple) для складної обробки мовленнєвого потоку, зокрема з використанням алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту. Такий метод дозволяє розпізнавати широкий спектр команд, адаптуватися до різних голосів, акцентів і мов, а також постійно оновлювати словникову базу. Проте цей варіант потребує стабільного підключення до Інтернету й викликає певні питання щодо захисту персональних даних.

Третій підхід полягає у використанні гібридних рішень, коли частина команд обробляється локально, а більш складні сценарії – передаються для обробки на хмарні сервіси. Така схема дозволяє досягти балансу між швидкістю, точністю та безпекою, хоча її впровадження є більш складним з технічного погляду.

Існуючі технології розпізнавання, як правило, не мають широкого діапазону розповсюдження з урахуванням їх обмежень по одному або декільком параметрам. Станом на 2024 рік обсяг ринку систем розпізнавання мови оцінюється в мільярд доларів США і планується зростати. Голосова біометрія користується попитом у судовій та військовій медицині є основним «драйвером» ринку [21].

Однією з перших програм для комерційного використання була Voice Navigator, Dragon NaturallySpeaking та інші. Початок використання цих програм бере свій початок з початку дев'яностих ХХ ст. В основному, вони використовуються людьми з обмеженими можливостями, для яких набір текстів великого обсягу є проблематично. Перетворення голосового повідомлення диктора в текст, ці програми дозволяють не використовувати руки, коли набираєш текст. Якість перекладу в цих програмах досить низька, але з часом вона значно покращилася.

В результаті покращення продуктивності мобільних пристроїв стало можливе використання технологій розпізнавання в додатках до них. Microsoft Voice Command – одне з небагатьох хороших ПЗ для розпізнавання голосу, також

вона надає великий функціонал керування голосом. Серед доступних функцій: створення нового документа, введення повідомлення, відтворення аудіофайлів.

Ще один приклад – в системі «Розумний будинок», де управління електрикою здійснюється голосом господаря, наприклад, увімкнути або вимкнути світло, кондиціонер і т.д. Так, в багатьох додатках на сучасних мобільних пристроях зростає використання системи автоматичного розпізнавання мови. Важливо що дані застосовуються системами, незалежними від диктора та здатними розпізнавати акустичні сигнали зі спектром людської мови.

Проте можна виділити 2, це занадто висока чутливість до шуму, тобто необхідно цілком розбірливо і чітко вимовляти голосові команди в такт звернення системи розпізнавання. Слід зазначити, що SSI базується на підході, який полягає у використанні датчиків, на якість яких не впливає шум доповнення до оброблених акустичних сигналів. На рисунку 1.7 показано схему передачі мовленнєвого сигналу: голосовий сигнал від спікера потрапляє на мікрофон через середовище (канал), де він може бути спотворений зовнішніми шумами, що впливають на якість розпізнавання команд у системах голосового управління.

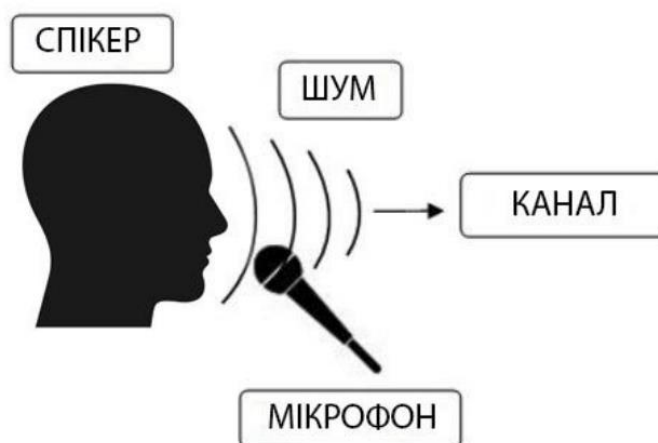


Рисунок 1.7 – Схема передачі голосового сигналу від спікера до мікрофона через акустичний канал із урахуванням впливу шуму [22]

Сучасні системи голосового управління також використовують різноманітні алгоритми для покращення точності розпізнавання: фільтрацію шуму, контекстну обробку, машинне навчання для адаптації до голосу конкретного користувача, а також системи багаторівневої аутентифікації для підвищення безпеки. Окрім технічних аспектів, важливу роль відіграють зручність користувацького інтерфейсу, мультиплатформеність застосунків і можливість налаштування персоналізованих сценаріїв.

Огляд сучасних підходів до інтерпретації голосових команд демонструє багатогранність цієї технології, її швидкий розвиток та ключову роль у побудові інтелектуальних систем розумного дому.

### **1.5 Аналіз сучасних технологій розпізнавання мовлення**

Сучасні технології розпізнавання мовлення є одним із ключових елементів у побудові систем голосового управління, зокрема в системах домашньої автоматизації. Вони забезпечують перетворення акустичного сигналу, отриманого від користувача, на цифровий текст або керуючі команди, зрозумілі машині. Ефективність таких технологій визначається точністю, швидкістю обробки, здатністю працювати в шумових умовах і підтримкою багатьох мов та акцентів.

Для глибшого розуміння можливостей і обмежень сучасних технологій розпізнавання мовлення доцільно провести порівняльний аналіз основних комерційних сервісів, які активно застосовуються як у побутових рішеннях (наприклад, голосові помічники), так і в корпоративних середовищах (системи транскрипції, контакт-центри, голосові інтерфейси). Аналіз таких сервісів дозволяє оцінити їхню функціональність, масштабованість, точність, підтримку мов, гнучкість налаштувань та рівень захисту даних [23, 24, 25].

У таблиці 1.2 представлено порівняння найбільш популярних рішень, а саме Google Speech-to-Text, Amazon Transcribe, Microsoft Azure Speech Service та IBM Watson Speech to Text, з урахуванням їхніх ключових характеристик, що

мають значення при виборі платформи для реалізації системи голосового управління.

Таблиця 1.2 – Аналіз аналогів інструментів розпізнавання голосу

Сервіс	Google Speech-to-Text	Amazon Transcribe	Microsoft Azure Speech Service	IBM Watson Speech to Text
Підтримка мов	Понад 125 мов і діалектів	Понад 31 мова	Близько 90 мов	Понад 20 мов
Точність розпізнавання	Висока, особливо з використанням адаптивних моделей	Висока, з акцентом на транскрипцію для бізнесу	Висока, з додатковими можливостями персоналізації	Висока, добре підходить для кастомізації
Підтримка реального часу	Так	Так	Так	Так
Адаптація моделей	Так, можна налаштовувати словники та командні фрази	Так, можливість навчання моделей для конкретних доменів	Так, підтримка кастомних мовних моделей	Так, підтримка користувацьких моделей
Інтеграція з іншими сервісами	Глибока інтеграція з екосистемою Google Cloud	Інтеграція з Amazon Web Services (AWS)	Інтеграція з екосистемою Microsoft Azure	Інтеграція з IBM Cloud
Конфіденційність	Шифрування даних, можливість налаштувань зберігання	Шифрування даних, можливість зберігати або не зберігати дані	Захищене зберігання даних, відповідність стандартам конфіденційності	Підвищені налаштування захисту даних, корпоративний рівень
Типові застосування	Смарт-додатки, голосові інтерфейси, стенографія	Транскрипції бізнес-розмов, стенограми, контакт-центри	Голосові боти, транскрипції, інтерактивні сервіси	Корпоративні рішення, медичні, фінансові застосування

Проведений аналіз демонструє, що всі розглянуті сервіси розпізнавання мовлення є високотехнологічними та здатними ефективно виконувати завдання в різних сферах застосування. Вибір конкретного рішення залежить від цільових потреб системи: наприклад, Google Speech-to-Text є універсальним і підтримує широкий спектр мов, тоді як Amazon Transcribe більше орієнтований на бізнес-застосування, Microsoft Azure Speech Service інтегрується з корпоративними хмарними платформами, а IBM Watson пропонує гнучкі можливості кастомізації для спеціалізованих галузей. У рамках системи домашньої автоматизації з

голосовим керуванням ключовими критеріями залишаються точність, швидкість реакції, простота інтеграції та можливість адаптації під конкретні завдання користувача.

Було проведено детальний аналіз теоретичних основ домашньої автоматизації, розглянуто етапи розвитку цієї сфери та сучасні технологічні рішення, що використовуються у системах «розумного дому». Було визначено ключові компоненти таких систем, зокрема апаратні модулі, програмні засоби та технології голосового керування, а також охарактеризовано їхню роль у забезпеченні ефективності, гнучкості й масштабованості автоматизованого управління побутовими процесами. Особливу увагу приділено аналізу сучасних технологій розпізнавання мовлення, їхніх алгоритмів, комерційних реалізацій та перспектив розвитку, що дозволило закласти наукове підґрунтя для розробки практичної частини роботи. Отримані теоретичні результати стали основою для формування технічних вимог до системи, обґрунтування вибору апаратного забезпечення та побудови структурної архітектури

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ГОЛОСОВИМ КЕРУВАННЯМ

#### 2.1 Загальна архітектура системи

Структурна схема управління (керування) освітлення в приміщенні зображена на рисунку 2.1.

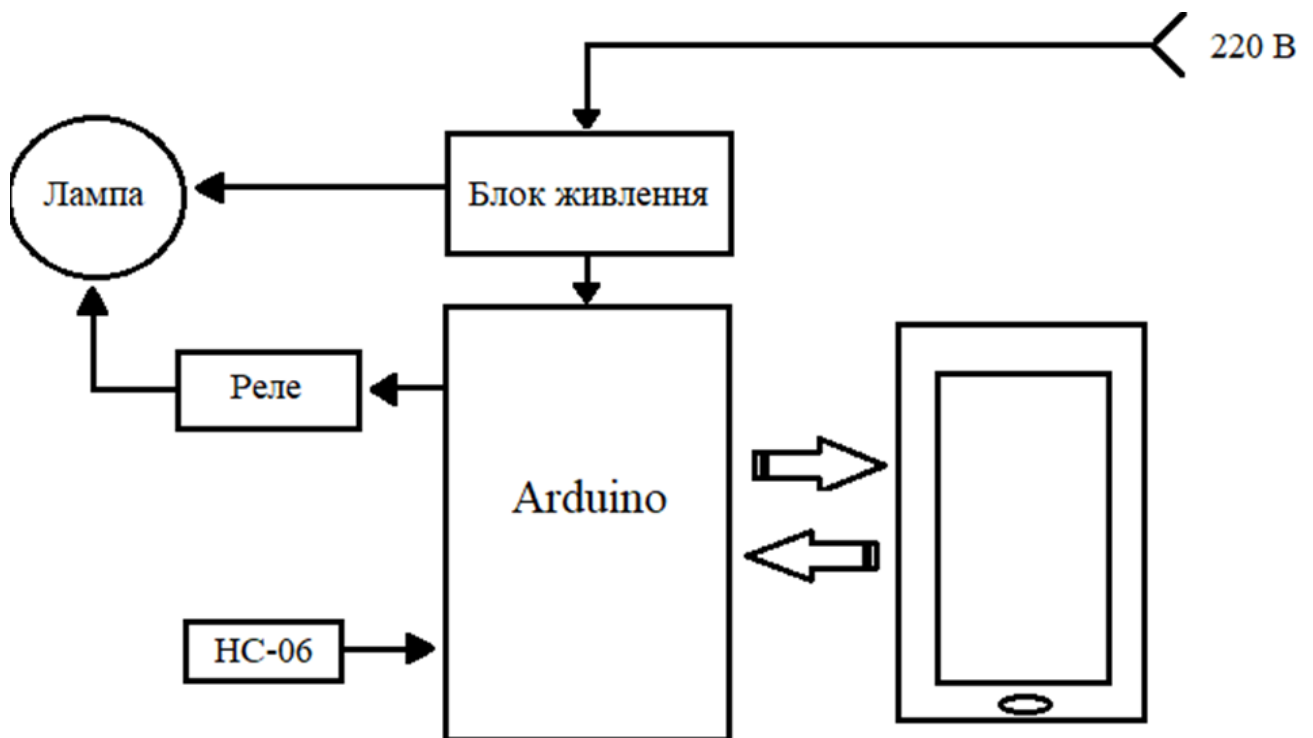


Рисунок 2.1 – Структурна схема система керування освітленості в приміщенні

Система складається з таких основних компонентів:

1) живлення (220 В → блок живлення). Зовнішнє електроживлення мережі (220 В) подається на блок живлення, який перетворює змінну напругу в постійну, необхідну для живлення Arduino (наприклад, 5 В або 9 В);

2) мікроконтролер Arduino. Arduino є центральним керуючим елементом системи, який приймає дані від модуля HC-06 і формує команди для керування реле. В Arduino завантажено програму, що обробляє вхідні команди та керує станом реле;

3) модуль HC-06 (Bluetooth). Цей модуль забезпечує бездротовий зв'язок між мікроконтролером Arduino та мобільним пристроєм. Через HC-06 смартфон надсилає текстові або бінарні команди (наприклад, через спеціальний застосунок або Bluetooth-термінал);

4) релейний модуль діє як виконавчий пристрій, який комутує силове коло живлення лампи. Коли на вхід реле подається сигнал з Arduino, контакти реле замикаються або розмикаються, таким чином вмикаючи або вимикаючи лампу;

5) лампа є кінцевим навантаженням, робота якої контролюється через реле та Arduino. У даному випадку лампа під'єднана до 220 В через релейний модуль, що забезпечує електричну розв'язку низьковольтної (логічної) та високовольтної (силової) частин;

6) мобільний пристрій із встановленим застосунком або програмою для Bluetooth-зв'язку використовується для передачі голосових або текстових команд. Це дозволяє користувачу дистанційно керувати лампою через простий інтерфейс.

## **2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення**

### **2.2.1 Мікроконтролер Arduino UNO**

Arduino Uno R3 (рис. 2.2) – це мікроконтролерна плата, яка є однією з найпопулярніших і найпоширеніших моделей сімейства Arduino. Вона побудована на основі мікроконтролера ATmega328P, що має 32 КБ флеш-пам'яті, 2 КБ оперативної пам'яті (SRAM) та 1 КБ EEPROM.

Плата призначена для розробки прототипів вбудованих систем, автоматизованих пристроїв та систем IoT (Internet of Things). Arduino Uno R3 використовується як основа для багатьох аматорських, освітніх та комерційних проєктів завдяки своїй простоті, відкритій архітектурі та великій спільноті користувачів [26].

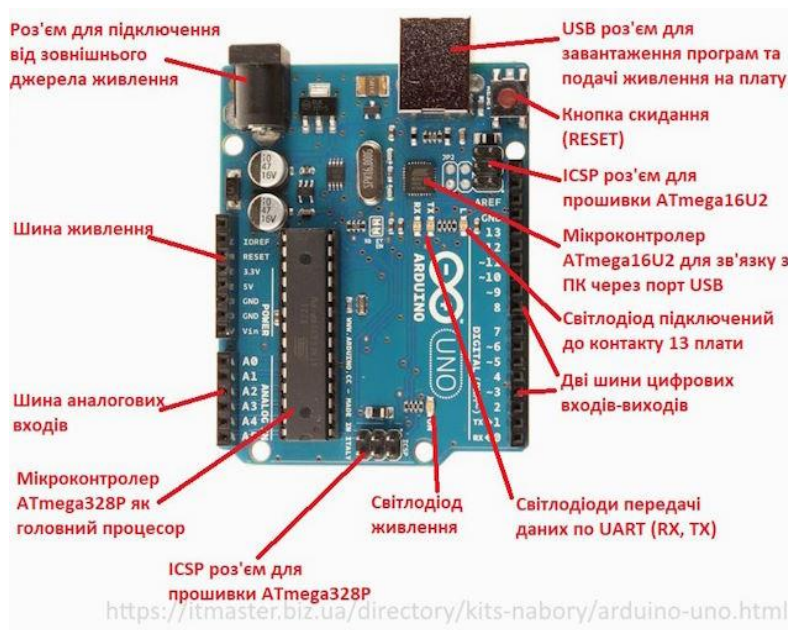


Рисунок 2.2 – Плата Arduino UNO R3 [26]

Uno R3 також додає контакти SDA та SCL поруч із AREF. Крім того, є два нових контакти, розташовані біля контакту RESET. Одним з них є IOREF, який дозволяє екранам адаптуватися до напруги, що подається від плати. Інший не підключений і зарезервований для майбутніх цілей. Uno R3 працює з усіма існуючими екранами, але може адаптуватися до нових екранів, які використовують ці додаткові контакти.

Arduino – це фізична обчислювальна платформа з відкритим вихідним кодом, заснована на простій платі введення/виведення та середовищі розробки, яке реалізує мову обробки/проводки. Arduino можна використовувати для розробки автономних інтерактивних об'єктів або підключати до програмного забезпечення на вашому комп'ютері (наприклад, Flash, Processing, MaxMSP). IDE з відкритим кодом можна завантажити безкоштовно (наразі для Mac OS X, Windows і Linux) [26].

Arduino Uno R3 є одним із видів плати мікроконтролера на основі ATmega328P. Він включає все необхідне для підтримки мікроконтролера; просто підключіть його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю та підключіть джерело живлення за допомогою адаптера змінного/постійного струму або батареї, щоб розпочати роботу. Термін Uno означає «один» мовою «італійська» і

був обраний для позначення випуску програмного забезпечення Arduino IDE 1.0. R3 Arduino Uno є третьою, а також останньою модифікацією Arduino Uno. Плата Arduino та програмне забезпечення IDE є еталонними версіями Arduino і наразі перейшли до нових версій. Плата Uno є основною в послідовності USB-плат Arduino, & еталонна модель, розроблена для платформи Arduino. Arduino UNO R3 часто використовується мікроконтролерна плата в родині Arduino. Головна перевага цієї плати полягає в тому, що якщо ми зробимо помилку, ми можемо змінити мікроконтролер на платі. Ця плата доступна в корпусі DIP (дворядний), знімний і з мікроконтролером ATmega328. Програмування цієї плати можна легко завантажити за допомогою комп'ютерної програми Arduino. Електроживлення Arduino можна здійснити за допомогою зовнішнього джерела живлення або через USB-з'єднання. Зовнішнє джерело живлення (від 6 до 20 вольт) в основному включає акумулятор або адаптер змінного струму в постійний. Підключення адаптера можна здійснити, підключивши центральний плюсовий штекер (2,1 мм) до гнізда живлення на платі. Виводи батареї можна розташувати як на контактах Vin, так і на GND. Хоча Arduino UNO можна живити через USB-з'єднання або зовнішнє джерело живлення, джерело живлення вибирається автоматично.

Зовнішнє живлення (не через USB) може надходити відеоадаптера змінного струму до постійного струму (настінної бородавки) або акумулятора. Адаптер можна підключити, вставивши центральний плюсовий штекер 2,1 мм у гніздо живлення плати. Виводи від батареї також можна вставити в контактні роз'єми Gnd і Vin роз'єму живлення. Плата може працювати від зовнішнього джерела живлення від 6 до 20 вольт. Проте, якщо напруга живиться менше ніж 7 В, контакт 5 В може подавати менше п'яти вольт, і плата може працювати нестабільно. Якщо використовується більше 12 В, регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 5 до 12 В для Arduino Uno

На рисунку 2.3 зображено найменування входів/виходів Arduino Uno

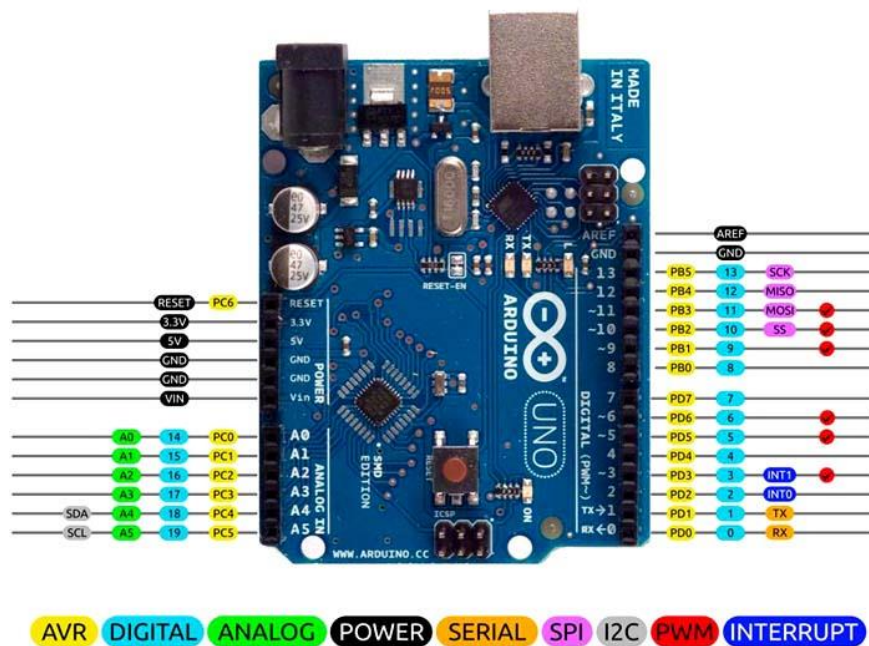


Рисунок 2.3 – Найменування входів та виходів на платі Arduino Uno [26]

### 2.2.2 Модуль Bluetooth HC-06

HC06 (рис. 2.4) – це пристрій Bluetooth, який забезпечує послідовний зв'язок (UART), призначений для полегшення бездротового зв'язку між мікроконтролерами та іншими пристроями з підтримкою Bluetooth [27].

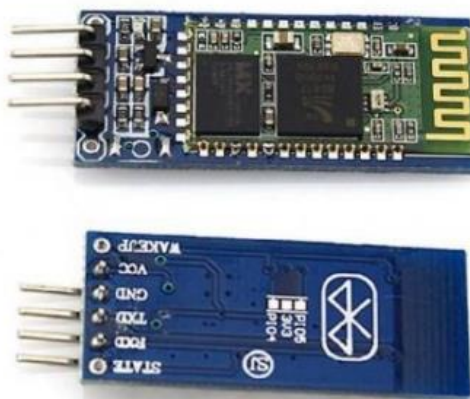


Рисунок 2.4 – Модуль Bluetooth HC-06 [27]

Цей модуль має RS 232 TTL як його трансиверний модуль. Таким чином, для цього модуля не потрібен кабель для надсилання та отримання даних.

Ключовою особливістю цього модуля Bluetooth є те, що він може ефективно отримувати послідовний бездротовий протокол передачі даних. Плата має смугу частот, на якій вона працює, це частота ISM 2,4 ГГц. HC-06 використовує відомий стандарт Bluetooth 2.0+EDR. Перевага цього стандарту полягає в тому, що ми можемо надсилати дані за менші часові інтервали. Він може легко надсилати дані за 0,5 секунди з інтервалом. Завдяки цій функції можна зменшити робоче навантаження на чіпи Bluetooth, і ми можемо надсилати великий обсяг даних за короткий час.

Модуль швидко передає всі дані, отримані через послідовний вхід, по повітрю. Коли модуль отримує бездротові дані, він надсилає їх через послідовний інтерфейс точно так, як вони були отримані. Взагалі не потрібно код користувача для модуля Bluetooth у програмі мікроконтролера користувача.

Можна використовувати модуль для бездротового зв'язку на відстані менше 100 метрів. Він є одним з найдешевших рішень для бездротового зв'язку з усіх представлених на ринку типів. Споживає дуже мало енергії для функціонування та може використовуватися в мобільних системах, що працюють від акумулятора.

Режим модуляції, який використовується в цьому модулі, - це маніпуляція частотою Гауса. Функцією безпеки, яку він забезпечує, є автентифікація та шифрування. Його підтримувана конфігурація базується на послідовних портах Bluetooth (основному та другорядному). Також можемо використовувати цей модуль в SMD, вони зробили цей модуль за допомогою процесу ROHS.

Плата цього PIN-модуля має розмір половини отвору. Він заснований на технології CSR BC 04 Bluetooth. Він має високопродуктивну бездротову систему прийомо-передавача. Має зовнішню флеш-пам'ять на 8 Мбіт. Має вбудовану антену 2,4 ГГц, тестова антена користувачеві не потрібна.

Технічні характеристики:

- 1) протокол Bluetooth: стандарт Bluetooth 2.0+ EDR (рис. 2.4);
- 2) протокол USB: USB v1.1/2.0;
- 3) робоча частота: діапазон частот ISM 2,4 ГГц;

- 4) режим модуляції: частотна маніпуляція Гаусса;
- 5) потужність передачі:  $\leq 4\text{dBm}$ ;
- 6) чутливість:  $\leq -84$  дБм при частоті бітових помилок 0,1 %;
- 7) швидкість передачі: 2,1 Мбіт/с (макс.)/160 кбіт/с (асинхронна), 1 Мбіт/с (синхронна);
- 8) функція безпеки: автентифікація та шифрування;
- 9) підтримувана конфігурація: послідовний порт Bluetooth (основний і допоміжний);
- 10) напруга живлення: +3,3 В постійного струму 50 мА;
- 11) робоча температура: від -20 до 55° С;
- 12) розмір: 36,5\*16 мм;
- 13) вага: 4 г.

На рисунку 2.5 зображено електричну схему модуля Bluetooth HC-06

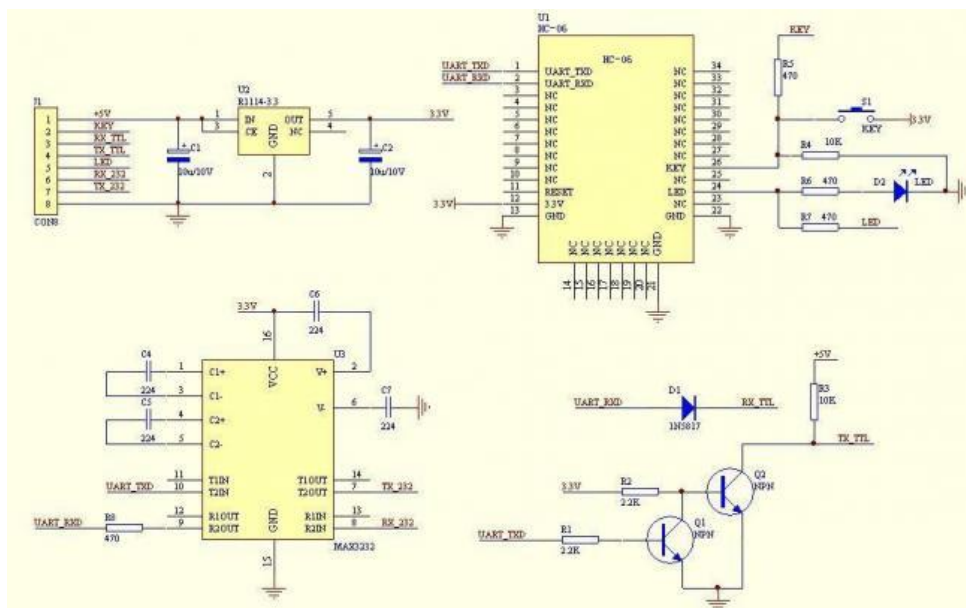


Рисунок 2.5 – Зображення портів HC-06 [27]

Схема підключення Bluetooth модуля HC-06 до Arduino показано на рисунку 2.6.

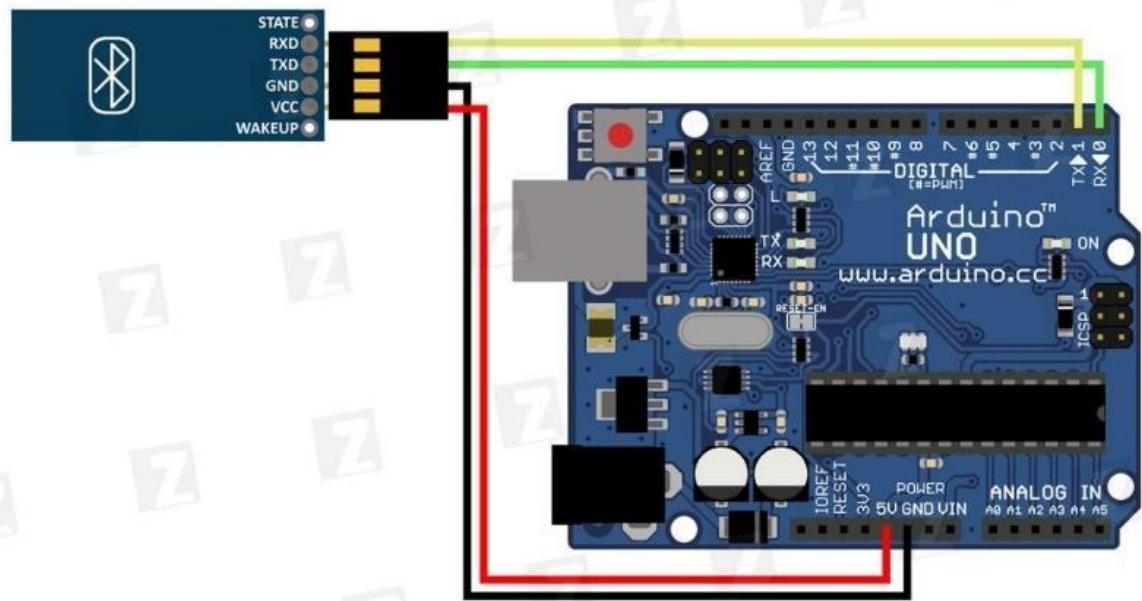


Рисунок 2.6 – Підключення Bluetooth модуля HC-06 до Arduino

### 2.3 Двохканальне реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C

Двохканальне реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C є одним із ключових компонентів у системі домашньої автоматизації, оскільки виконує функцію комутації силових навантажень під керуванням низьковольтних логічних сигналів мікроконтролера. Реле дозволяє безпечно розділяти логічну частину системи (Arduino) та силову частину (мережеве або інше високовольтне навантаження), забезпечуючи електричну розв'язку між ними.

Основні характеристики реле включають номінальну напругу керування 12 В постійного струму, номінальний струм керуючої обмотки близько 30-40 мА, а також здатність комутувати навантаження до 10 А при 250 В змінного струму або 10 А при 30 В постійного струму. На модулі, окрім самих реле, розміщені транзистори, діоди, резистори та світлодіодні індикатори, що спрощує інтеграцію з Arduino, оскільки дозволяє подавати на входні пінові лише логічний сигнал (наприклад, 5 В) без необхідності підсилювачів.

Реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C (рис. 2.7) має три основні контакти для кожного каналу: нормально розімкнений (NO), спільний (COM) та нормально замкнений (NC), що дозволяє обирати режим роботи – на замикання або на розмикання кола. Завдяки такій конфігурації двохканальне реле забезпечує гнучкість у використанні та дозволяє керувати двома незалежними навантаженнями (наприклад, освітленням і вентилятором) або організувати більш складні сценарії автоматизації.



Рисунок 2.7 – Реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C [17]

У системі домашньої автоматизації, розробленій у рамках кваліфікаційної роботи, це реле використовується для комутації лампи, а його друга лінія може бути використана для підключення додаткового навантаження, що дає змогу масштабувати систему у майбутньому. Простота інтеграції, надійність та здатність працювати зі значними струмами роблять SONGLE SRD-12VDC-SL-C одним із найбільш популярних рішень для систем автоматизації на базі Arduino.

## 2.4 Принципова схема системи

Підключення датчика до Arduino (рис. 2.8):

– IN на будь-який з цифрових входів / виходів Arduino;

– GND на будь-який з GND пінів Arduino.

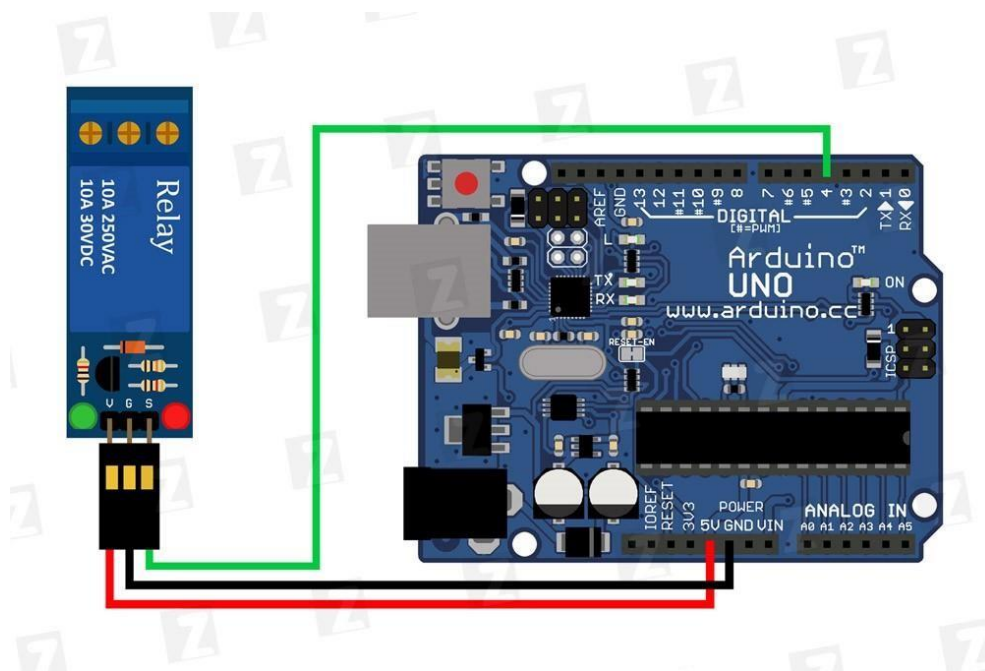


Рисунок 2.8 – Підключення блоку реле до плати Arduino

На рисунку 2.9 представлена схема підключення елементів системи

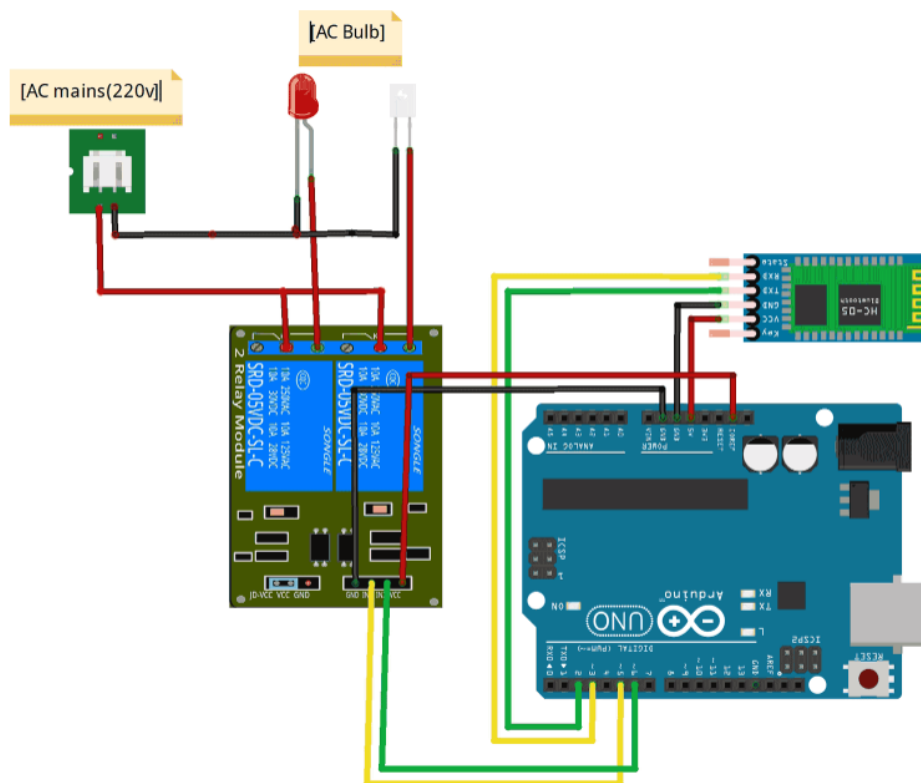


Рисунок 2.9 – Схема підключення елементів системи керування освітленням

В даному розділі було здійснено комплексне проєктування системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням на основі платформи Arduino. Проведено обґрунтування вибору апаратних і програмних компонентів, розроблено структурну та принципову схеми системи, а також визначено алгоритми їхньої взаємодії. Особливу увагу приділено забезпеченню коректної роботи модуля Bluetooth HC-06 для передачі команд від користувача та надійного керування виконавчими пристроями через релейні модулі.

Отримані результати проєктування заклали основу для подальшої реалізації, складання та тестування системи в реальних умовах. Здійснений аналіз дозволив виявити можливості масштабування системи та її адаптації до різних сценаріїв побутового використання.

## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

#### 3.1 Збірка апаратної частини системи

Після завершення етапу проєктування відбувається практична реалізація апаратної частини системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням на основі платформи Arduino. Збірка апаратної частини передбачає підготовку та інтеграцію всіх компонентів у єдину робочу систему відповідно до принципової схеми.

Основними апаратними елементами системи є:

- 1) мікроконтролер Arduino Uno R3, який виступає центральним обчислювальним модулем системи;
- 2) модуль Bluetooth HC-06, який забезпечує бездротову передачу команд зі смартфона;
- 3) релейний модуль, що виконує функцію комутації силового навантаження (наприклад, лампи);
- 4) лампа (або інший керований пристрій) як кінцевий елемент системи;
- 5) блок живлення, який забезпечує стабільне енергопостачання для всіх компонентів.

Збірка розпочинається з підключення модуля Bluetooth HC-06 до відповідних пінів Arduino (TX-RX, RX-TX, VCC, GND) з урахуванням рівнів напруги. Далі під'єднується релейний модуль до одного з цифрових виходів Arduino), що дає змогу формувати сигнали керування. Лампа підключається через контакти реле, що забезпечує безпечне керування змінним струмом.

Особливу увагу приділяють організації живлення: Arduino може житися як від USB-порту, так і від зовнішнього адаптера, а релейний модуль – від окремого джерела живлення (за потреби). Також важливо перевірити коректність підключень за допомогою мультиметра перед подачею напруги, щоб уникнути пошкодження компонентів.

Для монтажу елементів використовується макетна плата або паяння на друкованій платі залежно від формату експериментальної збірки. Рекомендується дотримуватись правил електробезпеки, особливо при роботі з мережевим живленням 220 В.

На рисунку 3.1 показано зібрану систему з голосовим керування на базі Arduino.

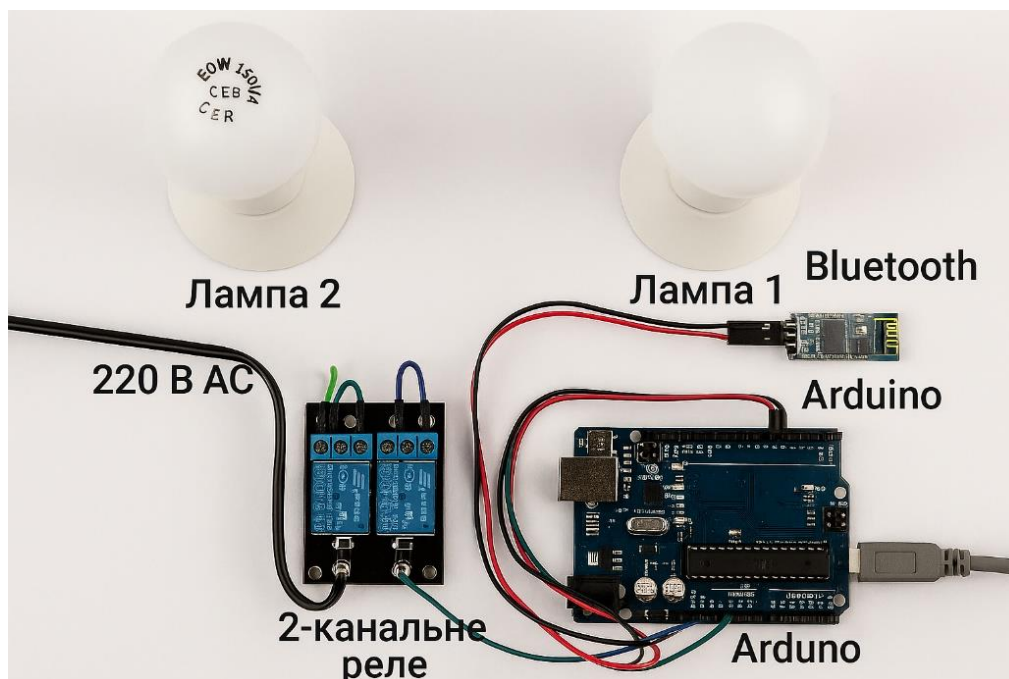


Рисунок 3.1 – Система з голосовим керування на базі мікроконтролера

### 3.2 Програмування Arduino

Програмування мікроконтролера Arduino є одним із ключових етапів розробки системи домашньої автоматизації, оскільки саме програмне забезпечення забезпечує логіку роботи, обробку вхідних сигналів та формування керуючих команд.

Для написання програм (скетчів) використовується Arduino IDE – інтегроване середовище розробки, що підтримує мову програмування Arduino (базовану на C/C++). Середовище містить стандартні бібліотеки, приклади коду,

а також дозволяє завантажувати написані програми безпосередньо на мікроконтролер через USB-інтерфейс (рис. 3.2).

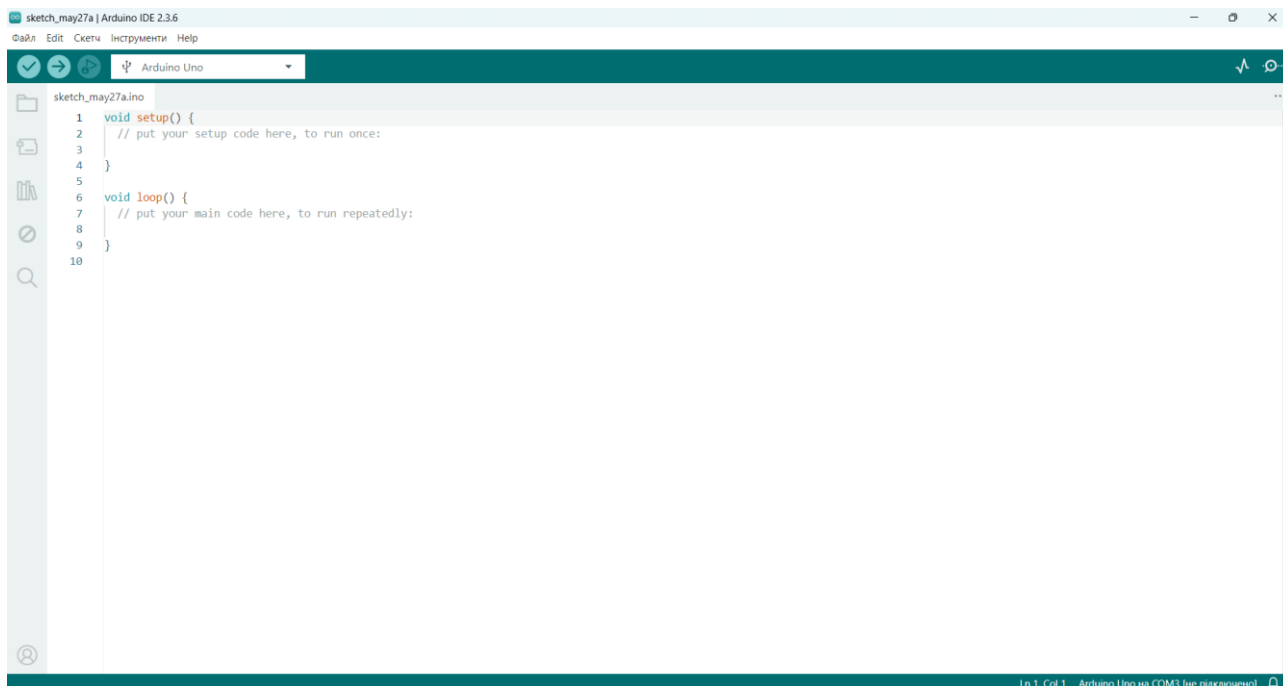


Рисунок 3.2 – Вікно Arduino IDE

Для розробки програмного забезпечення системи використовуються стандартні та сторонні бібліотеки, що забезпечують зручний доступ до функцій мікроконтролера та периферійних модулів. Вибір бібліотек значно впливає на стабільність, ефективність та гнучкість програмного коду.

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє створювати додаткові програмні серійні порти (UART) на будь-яких цифрових пінових Arduino. Це особливо важливо, оскільки Arduino Uno має лише один апаратний UART (підключений до USB), а для роботи з Bluetooth-модулем HC-06 потрібне окреме серійне з'єднання..

Основні функції:

- SoftwareSerial(rxPin, txPin) – оголошення нового програмного порту;
- begin(baudRate) – ініціалізація порту зі швидкістю (наприклад, 9600 бод);
- read() – зчитування вхідного байту;
- write() – надсилання байту на вихід;
- available() – перевірка наявності вхідних даних.

Бібліотека `Arduino.h` автоматично підключається у всіх скетчах `Arduino`. Вона містить основні функції роботи з мікроконтролером:

- цифрове/аналогове читання та запис (`digitalRead`, `digitalWrite`, `analogRead`, `analogWrite`);
- управління затримками (`delay`, `millis`);
- робота з таймерами, портами, перериваннями.

Для простих задач реле можна управляти напряму через `digitalWrite`. Але для складніших випадків (наприклад, керування кількома реле, використання таймерів або сценаріїв) використовуються сторонні бібліотеки, як-от `Relay` або `RelayModule`. У проєкті достатньо прямого керування через `digitalWrite`, але якщо планується масштабування системи – можна додати бібліотеку для спрощення коду.

Основні функції (у бібліотеці `Relay`):

- `Relay(pin)` – ініціалізація об'єкта реле;
- `on()` – вмикання реле;
- `off()` – вимикання реле;
- `toggle()` – зміна стану.

Для того, щоб завантажити скетч на плату `Arduino` необхідно виконати наступні кроки:

1) підготовка середовища: відкриваємо `Arduino IDE` та підключаємо плату `Arduino Uno` до комп'ютера за допомогою `USB`-кабелю типу `A-B`. При підключенні система має автоматично розпізнати новий пристрій, а середовище `Arduino IDE` – відобразити доступний порт. У середовищі розробки необхідно перейти в меню «Інструменти» та вибрати пункт «Плата», де встановлюється режим роботи з `Arduino/Genuino Uno`. Це налаштування є критично важливим, оскільки забезпечує використання відповідного компілятора та завантажувача для конкретного типу мікроконтролера. Далі визначають активний порт підключення, що відображається у меню «Інструменти» → «Порт». Для цього потрібно звернути увагу, який саме `COM`-порт додався до списку після підключення плати `Arduino Uno`. Саме його і слід вибрати для забезпечення

коректного обміну даними між комп'ютером та мікроконтролером. На системах macOS або Linux порти можуть мати іншу назву, наприклад /dev/tty.usbmodem або /dev/ttyUSB. Для перевірки правильності налаштувань можна скористатися стандартним прикладом із бібліотеки Arduino IDE, наприклад скетчем Blink. Його компіляція здійснюється за допомогою кнопки «Перевірити» (значок з галочкою), а завантаження – кнопкою «Завантажити» (значок зі стрілкою). У разі успішного завантаження на платі має почати блимати вбудований світлодіод, підключений до піну 13. (рис. 3.3);

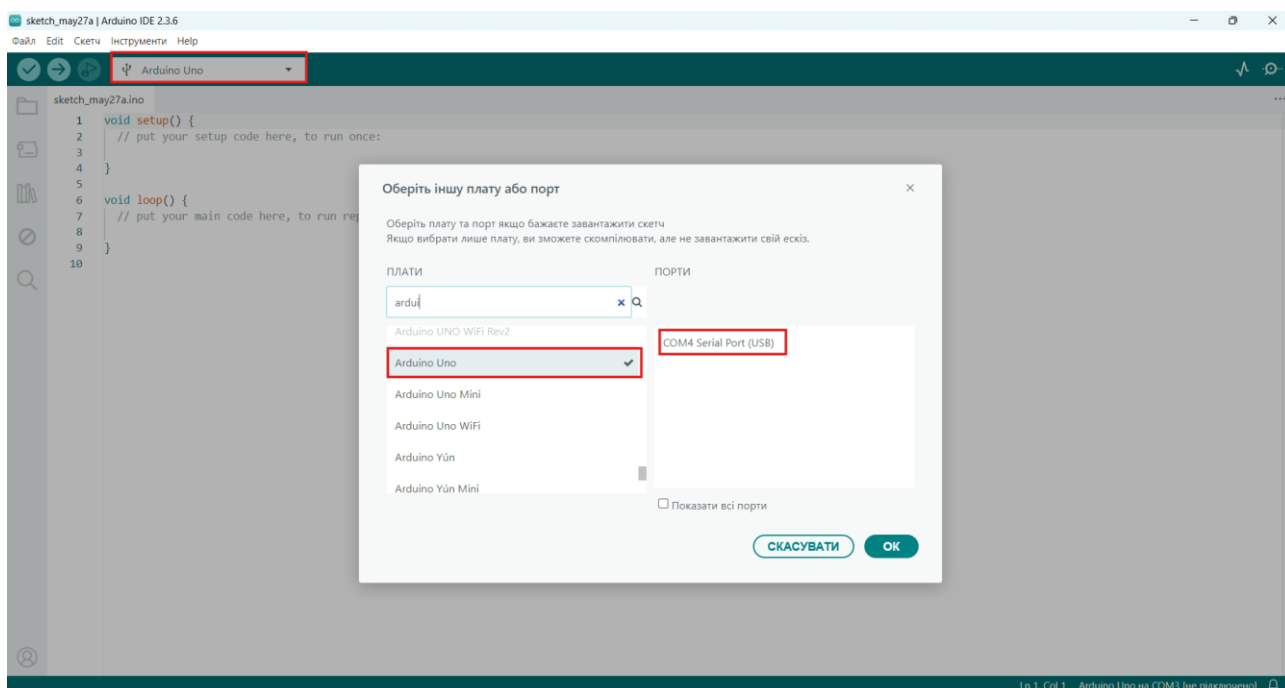


Рисунок 3.3 – Підготовка середовища Arduino IDE

2) завантаження скетчу: після завершення налаштувань середовища Arduino IDE та підключення плати Arduino Uno наступним етапом є робота зі скетчем – програмою, яка буде завантажена на мікроконтролер. Відкриття скетчу здійснюється безпосередньо в середовищі розробки через головне меню, де можна обрати як створення нового проекту, так і відкриття наявного файлу з розширенням .ino. Після завантаження скетчу у середовищі розробки необхідно виконати попередню перевірку коду на наявність синтаксичних та компіляційних помилок. Для цього в Arduino IDE передбачено кнопку

Перевірити (або Compile), що позначена значком із галочкою. Натискання цієї кнопки ініціює процес компіляції скетчу, тобто перетворення тексту програми на машинний код, який зрозумілий мікроконтролеру. У ході цього процесу середовище перевіряє правильність написання команд, оголошення змінних, використання бібліотек та логіку конструкцій. У разі виникнення помилок Arduino IDE відображає повідомлення у нижній частині вікна, де зазначається тип помилки та рядок, у якому вона виявлена. Це дозволяє розробнику оперативного внести необхідні корективи до коду. Якщо під час компіляції помилок не виявлено, середовище повідомляє про успішне завершення перевірки, і програма готова до завантаження на мікроконтролер. Таким чином, попередня компіляція є обов'язковим кроком, який гарантує, що код, записаний у пам'ять Arduino, не містить помилок, здатних вплинути на стабільність або коректність роботи системи (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Завантаження скетчу

Після успішної компіляції натисніть кнопку Завантажити/Upload (значок зі стрілкою), щоб записати програму у пам'ять мікроконтролера. Внизу вікна IDE

з'явиться повідомлення Завантаження завершено, яке свідчить про успішне завантаження коду (рис. 3.5).

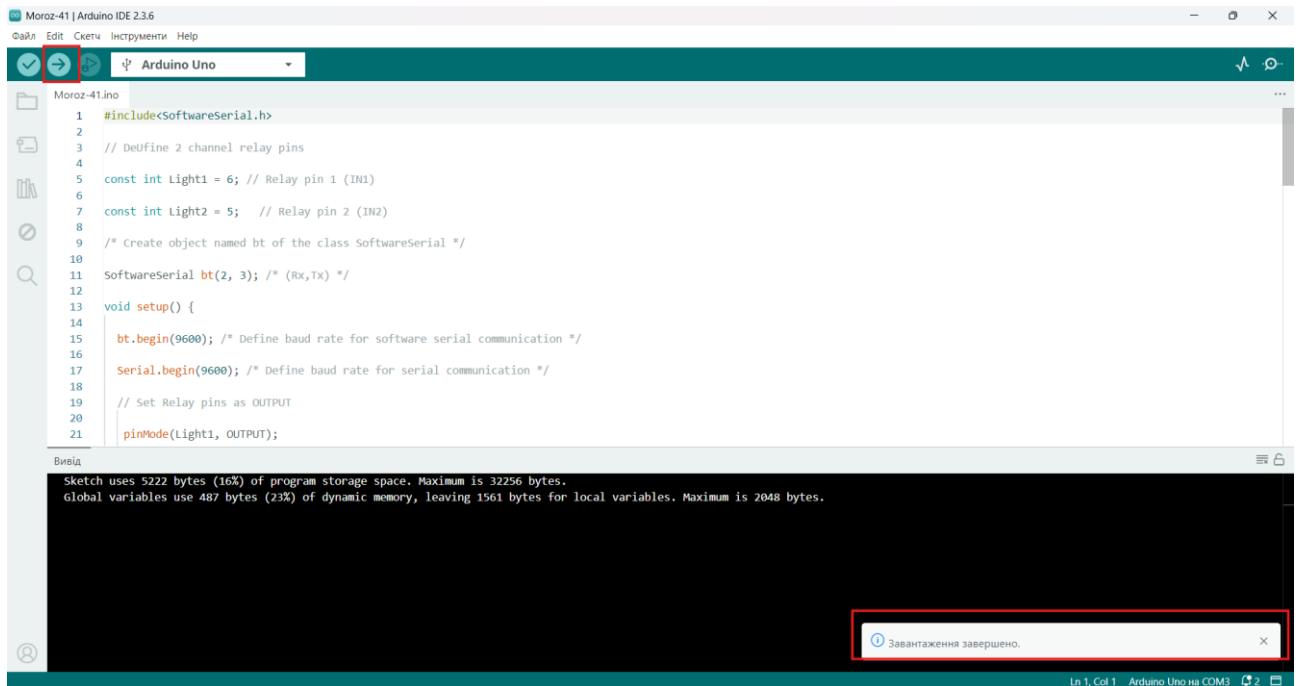


Рисунок 3.5 – Прошивка Arduino

Етап завантаження скетчу забезпечує перенесення програмної логіки з комп'ютера на апаратну платформу. Він є фінальним етапом розробки коду перед тестуванням у реальному середовищі. Важливо дотримуватися правильної послідовності підключень, налаштувань середовища та перевірки помилок, щоб уникнути технічних збоїв.

### 3.3 Налаштування програми голосового керування для OS Android

Для забезпечення повноцінного голосового керування системою домашньої автоматизації необхідно використовувати мобільний додаток, що дозволяє передавати голосові команди на мікроконтролер Arduino через Bluetooth-зв'язок. Одним із найпопулярніших рішень є використання універсальних програм для Android, наприклад, Arduino Voice Control, Bluetooth Voice Controller, Bluetooth Terminal.

Етапи налаштування програмного забезпечення:

1) завантажити та встановити додаток (рис. 3.6);

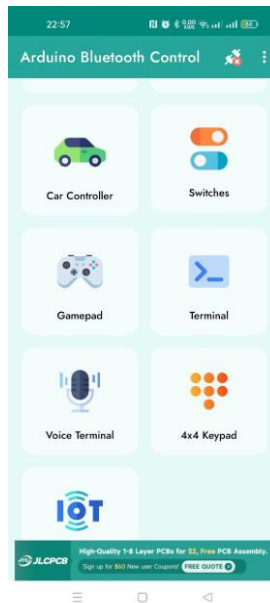


Рисунок 3.6 – Вікно додатку Arduino Bluetooth Control

2) підключитися до Bluetooth-модуля HC-06 (рис. 3.7);

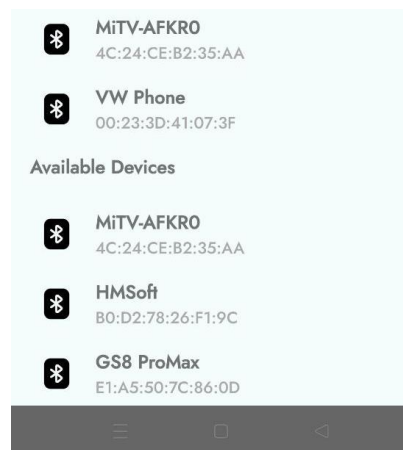


Рисунок 3.6 – Підключення до Bluetooth-модуля

3) в програмі налаштувати, які голосові команди відповідатимуть яким текстовим або цифровим сигналам (наприклад, команда «увімкни світло» – надсилання символу 1; команда «вимкни світло» – надсилання символу 0);

4) після успішного налаштування в програмі перевірити роботу: натиснути мікрофон, вимовити команду, переконатися, що вона перетворюється на правильний текст/цифру та надсилається по Bluetooth.

Налаштування мобільного додатку є критичною частиною впровадження системи, оскільки саме через нього користувач взаємодіє з апаратною частиною. Використання готових програм дозволяє швидко реалізувати базовий функціонал, а розробка власного застосунку відкриває можливості для розширення.

### **3.4 Тестування системи**

Після завершення етапів проектування, складання та програмування проведено тестування розробленої системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням. Основною метою тестування є перевірка працездатності всіх компонентів, коректності обміну даними між модулем Bluetooth, мікроконтролером Arduino та мобільним застосунком, а також перевірка виконання голосових команд у реальному режимі.

На початковому етапі тестування здійснено перевірку підключення апаратних компонентів: Arduino UNO, Bluetooth HC-06 та двоканального реле SONGLE SRD-12VDC-SL-C. Було протестовано правильність подачі живлення, рівень сигналів на пінових підключеннях, роботу реле під час увімкнення та вимкнення логічних сигналів. Після цього перевірено стабільність Bluetooth-з'єднання між мобільним застосунком на Android та модулем HC-06, зокрема швидкість встановлення з'єднання, стійкість зв'язку та швидкість передачі команд.

Особливу увагу приділено тестуванню програмного забезпечення: перевірено відповідність команд, що надсилаються голосовим застосунком, тим, які обробляються Arduino, а також правильність логіки програмної реакції на ці команди. Випробування проводилися для кількох типових сценаріїв, наприклад,

увімкнення/вимкнення лампи, керування декількома каналами реле, реакція на серію команд та відпрацювання команди у випадку затримки сигналу.

У процесі тестування виявлено високий рівень стабільності роботи системи при стандартних умовах використання. Bluetooth-зв'язок демонструє надійність на відстані до 10 метрів у приміщенні без значних перешкод. Час реакції системи на голосову команду (з моменту вимови до спрацювання реле) становить близько 1-2 секунд, що є прийнятним показником для побутових систем. Також протестовано можливість повторних підключень після розриву з'єднання, що підтвердило працездатність модуля в умовах типових збоїв.

Загалом результати тестування засвідчили, що система відповідає проєктним вимогам, виконує задані функції, демонструє стабільність та має перспективи для подальшого розширення функціональності.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було вирішено комплекс завдань, що дозволили досягти поставленої мети. Перш за все, проведено аналіз сучасних систем домашньої автоматизації та рішень із голосовим керуванням, що дало змогу окреслити основні технологічні тенденції, визначити найпоширеніші платформи, підходи до реалізації та перспективи розвитку цієї галузі. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір апаратної платформи Arduino та додаткових модулів, таких як Bluetooth-модуль HC-06 і релейний модуль SONGLE, які забезпечили належний рівень функціональності, надійності та гнучкості системи.

Важливим етапом роботи стало розроблення структурної та принципової схеми системи, що дозволило чітко визначити логічну й електричну взаємодію всіх компонентів. Було реалізовано програмне забезпечення для взаємодії між мікроконтролером, Bluetooth-модулем та мобільним застосунком, що забезпечило обробку голосових команд користувача й виконання відповідних дій. Після цього здійснено складання та налаштування апаратної частини системи відповідно до проєктної документації, з дотриманням технічних вимог і стандартів електробезпеки.

На завершальному етапі проведено тестування системи в умовах реального застосування, що підтвердило її працездатність, коректність виконання заданих функцій та відповідність очікуваним результатам. Оцінка ефективності розробленого рішення дала змогу виявити перспективні напрямки для подальшого вдосконалення, зокрема розширення функціональності шляхом підключення додаткових сенсорів, інтеграції з Wi-Fi-мережами, розробки більш складних сценаріїв автоматизації та впровадження засобів підвищення інформаційної безпеки. Загалом робота підтвердила можливість створення ефективної, недорогої та масштабованої системи домашньої автоматизації з голосовим керуванням, що може бути використана як база для подальших наукових і прикладних досліджень у сфері IoT та смарт-систем.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The smart home: a glossary guide for the perplexed. *Yaabot*. URL: <https://yaabot.com/22841/smart-home-automation-glossary-guide-perplexed/> (дата звернення: 08.02.2025).
2. Smart Home System: A Comprehensive Review. *Researchgate*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/369434604\\_Smart\\_Home\\_System\\_A\\_Comprehensive\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/369434604_Smart_Home_System_A_Comprehensive_Review) (дата звернення: 08.02.2025).
3. Home Automation&Wiring. *Global* URL: [https:// https://surl.lu/jthssp](https://surl.lu/jthssp) (дата звернення: 10.02.2025).
4. My Life at X10. AV and Automation Industry eMagazine. *Irjet*. URL: <https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4I1061.pdf> (дата звернення: 10.02.2025).
5. 1.5 Million Home Automation Systems Installed in the US This Year. *Bbcmag*. URL: <https://bbcmag.com/1-5-million-home-automation-systems-installed-in-the-us-this-year/> (дата звернення: 10.03.2025).
6. Smart Home – United States|Statista Market Forecast. *Smart Home United States*. URL: [https:// Smart Home United States /Statista Market Forecast](https://Smart_Home_United_States_/Statista_Market_Forecast) (дата звернення: 10.03.2025).
7. The Impact Of The Digital Revolution On The Smart Home Industry. *Forbes*. URL: <https://surl.li/aurkvy> (дата звернення: 10.03.2025).
8. Mobile based home automation using Internet of Things (IoT). *Ieeexplore*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7475301> (дата звернення: 15.03.2025).
9. An Overview of Home Automation Applications. *Ieeexplore*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7791223> (дата звернення: 15.03.2025).
10. The Evolution of Smart Home Technologies. *Medium*. URL: <https://tcaflisch.medium.com/the-evolution-of-smart-home-technology-c3b3f918fc8c> (дата звернення: 15.03.2025).
11. Система управління освітленням. URL: <https://www.0542.ua/list/448524> (дата звернення: 10.04.2025).

12. Standardization in IoT-Based Smart Homes. *Diva-portal*. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1594973/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 10.04.2025).

13. Як встановити Розумний будинок у квартир. *Nadzor*. URL: <https://nadzor.ua/uk/blog/umnyj-dom/kak-ustanovit-umnyj-dom-v-kvartire> (дата звернення: 10.04.2025).

14. DIY Smart Homes Using Arduino and ESP32. *Dev.to*. URL: [https://dev.to/jane\\_white\\_74334c599bfafa/how-to-build-a-smart-home-system-with-esp32-4ged](https://dev.to/jane_white_74334c599bfafa/how-to-build-a-smart-home-system-with-esp32-4ged) (дата звернення: 10.04.2025).

15. A review paper on home Automation. *Academia*. URL: <https://www.academia.edu/36679097/> (дата звернення: 10.04.2025).

16. The Best Data Acquisition Tools for my Industry. *Icpdas*. URL: <https://www.icpdas-usa.com/articles.html> (дата звернення: 15.04.2025).

17. Smart to Smarter: Smart Home Systems History, Future and Challenges. *Mohamed-sultan*. URL: <https://surl.li/yvfxag> (дата звернення: 20.04.2025).

18. Zigbee home automation kits x2. *Iruitingtech*. URL: <http://www.iruivingtech.com/x-series/> (дата звернення: 20.04.2025).

19. Розумний будинок. *Oxorona*. URL: <https://oxorona.com/smart-home/> (дата звернення: 20.04.2025).

20. Гринюк С.В., Поліщук М.М., Гринюк М.В. *Аналіз систем дистанційного моніторингу мікроклімату засобами ІОТ*. Тези доповідей XXI International Scientific and Practical Conference «Informational, modern and recent theories of development», May 29-31, Madrid, Spain

21. Rajuaguru Different Methods Used In Voice Recognition Techniques. *Irjet*. URL: <https://www.irjet.net/archives/V3/i7/IRJET-V3I7133.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).

22. Better notes and lists, family reminders and Dunkin' orders coming to Google Assistant. *Gsmarena*. URL: [https://www.gsmarena.com/better\\_notes\\_and\\_lists\\_family\\_reminders\\_and\\_dunkin\\_orders\\_coming\\_to\\_google\\_assistant-news-40466.php](https://www.gsmarena.com/better_notes_and_lists_family_reminders_and_dunkin_orders_coming_to_google_assistant-news-40466.php) (дата звернення: 10.05.2025).

23. Voice Control. *Dreamstime*. URL: <https://www.dreamstime.com/illustration/voice-control-icon.html> (дата звернення: 10.05.2025).

24. Advancing technology & innovation in energy solutions. *Madimack*. URL: <https://www.madimack.com.au/sustainable-energy-solutions-2>. (дата звернення: 10.05.2025).

25. Development of Wireless Home Automation System For The Disabled People. *Ijser*. URL: <https://www.ijser.org/researchpaper/Development-of-Wireless-HomeAutomation-System-For-The-Disabled-People-Deaf-Dumb-And-Alzheimer.pdf> (дата звернення: 10.05.2025).

26. Smart Lighting System using Raspberry PI. Що таке інтернет речей і навіщо він потрібен? *Techno*. URL: <https://techno.nv.ua/popscience/что-такое-интернет-вещей-1326653.html> (дата звернення: 10.05.2025).

27. Arduino UNO. *Store*. URL: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> (дата звернення: 10.05.2025).

28. Що таке Bluetooth? *Technoportal*. URL: <http://technoportal.ua/goodies/glossary/23.html> (дата звернення: 10.05.2025).

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Код Arduino Uno

```

#include<SoftwareSerial.h>

// Виводи 2-канального реле DeUfine

const int Light1 = 6; // Вивід реле 1 (IN1)
const int Light2 = 5; // Вивід 2 реле (IN2)

/* Створення об'єкта з іменем bt класу SoftwareSerial */
SoftwareSerial bt(2, 3); /* (Rx,Tx) */

недійсне налаштування() {

    bt.begin(9600); /* Визначення швидкості передачі даних для програмного
    послідовного зв'язку */

    Serial.begin(9600); /* Визначення швидкості передачі даних для послідовного
    зв'язку */

    // Встановлюємо контакти реле як ВИХІД

    pinMode(Light1, ВИХІД);

    pinMode(Light2, ВИХІД);

    digitalWrite(Light1, HIGH);

    digitalWrite(Light2, HIGH);

}

недійсний цикл() {

    Рядкові дані="";

    char ch;

    while (bt.available()) /* Якщо дані доступні на послідовному порту */

        { ch = bt.read(); /* Вивести отриманий символ на монітор послідовного порту */

            дані=дані+ch;

        }

    Serial.print(дані);

    // Керування пристроями за допомогою голосових команд

    якщо ((data == "увімкнути світло один")||(data == "увімкнути світло 1")) //
    увімкнути Пристрій1

        {

            digitalWrite(Light1, НИЗЬКИЙ);

            затримка(200);

```

```
    }

    інакше якщо ((data == "вимкнути світло один") || (data == "вимкнути світло 1"))
// вимкнути Пристрій1

    {

        digitalWrite(Light1, HIGH);

        затримка(200);

    }

// Керування пристроями за допомогою голосових команд

    інакше якщо ((data == "увімкнути світло два") || (data == "увімкнути світло
для") || (data == "увімкнути світло 2")) // увімкнути Пристрій2

    {

        digitalWrite(Light2, НИЗЬКИЙ);

        затримка(200);

    }

    інакше якщо ((data == "вимкнути світло два") || (data == "вимкнути світло
для") || (data == "вимкнути світло 2")) // вимкнути Пристрій2

    {

        digitalWrite(Light2, HIGH);

        затримка(200);

    }

}
```