

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система керування замком на основі
голосових команд*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІЗ-41

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Романяк Н. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Жаровський Р.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Тиш Є.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«02» травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента Романяка Назарія Руслановича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система керування замком на основі голосових команд

Керівник роботи Жаровський Руслан Олегович, к.т.н., доцент кафедри КС
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 02 » травня 2025 року № 4/7-412

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Загальна архітектура системи (А1)

2. UML діаграма (А1)

3. Схема електрична принципова (А1)

4. Алгоритм роботи програмного забезпечення (А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., професор кафедри МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 02.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>02.05 – 06.05</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Підбір джерел про акустичні системи доступу</i>	<i>07.05 – 09.05</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Опрацювання літературних джерел</i>	<i>10.05 – 13.05</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Виконання дослідження щодо розробки системи акустичного замка</i>	<i>14.05 – 19.05</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Написання програмного коду</i>	<i>20.05 – 22.05</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Оформлення розділу «Аналіз технічного завдання»</i>	<i>23.05 – 24.05</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Оформлення розділу «Проектна частина»</i>	<i>25.05 – 26.05</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Оформлення розділу «Практична частина»</i>	<i>27.05 – 28.05</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»</i>	<i>26.05 – 30.05</i>	<i>Виконано</i>
10.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>01.06 – 02.06</i>	<i>Виконано</i>
11.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>02.06 – 6.06</i>	<i>Виконано</i>
12.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>09.06 – 13.06</i>	<i>Виконано</i>
13.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>19.06</i>	

Студент

(підпис)

Романяк Назарій Русланович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Жаровський Руслан Олегович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Романяк Н. Р. Комп'ютеризована система керування замком на основі голосових команд: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025. – 75 с.

Ключові слова: система доступу, голосове розпізнавання, EasyVR, Arduino Uno, I2C, UART, безпека.

Під час проєктування кваліфікаційної роботи було досягнуто мети щодо реалізації комп'ютеризованої системи доступу до приміщення на основі голосового розпізнавання. Використання сучасних технологій, зокрема модулів EasyVR, протоколів UART та I2C, дозволяє створити гнучку та безпечну систему контролю доступу, яка є альтернативою традиційним пін-кодовим чи картковим методам.

Апаратне забезпечення проєкту включає модуль голосового розпізнавання EasyVR 3 Plus для автентифікації користувачів за допомогою голосових команд; LCD-дисплей з інтерфейсом I2C для виводу інформації про стан замка; герконовий датчик для контролю відкриття/закриття дверей; серво-механізм, що приводить у дію замок; мікроконтролер Arduino Uno, який координує роботу всіх елементів системи; а також індикатори й кнопка аварійного відкривання.

Програмне забезпечення написано мовою C/C++ з використанням бібліотек EasyVR, Servo, LiquidCrystal_I2C та SoftwareSerial. Реалізовано алгоритми розпізнавання голосових команд, перевірки паролів, аварійного відкривання та візуального інформування користувача. Система підтримує базову автентифікацію, інтерфейс індикації, можливість масштабування та адаптації до більш складних систем безпеки.

ABSTRACT

Romanyak N. A computerized lock management system based on voice commands: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 – computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025. – 75 p.

Keywords: access system, voice recognition, EasyVR, Arduino Uno, I2C, UART, security.

The objective of this bachelor's qualification thesis was to develop a computerized access control system based on voice recognition. The use of modern technologies, particularly the EasyVR modules and UART/I2C protocols, allows for the creation of a flexible and secure access control system that serves as an alternative to traditional PIN-based or card-based methods.

The hardware of the project includes the EasyVR 3 Plus voice recognition module for user authentication via spoken commands; an I2C-interfaced LCD display for indicating the status of the lock; a reed switch for monitoring door open/close status; a servo mechanism that physically actuates the lock; the Arduino Uno microcontroller to coordinate all components; as well as LED indicators and an emergency unlock button.

The software is developed in C/C++ using libraries such as EasyVR, Servo, LiquidCrystal_I2C, and SoftwareSerial. Implemented features include voice command recognition algorithms, password verification, emergency unlocking, and user notification via the display and LEDs. The system supports basic user authentication, a user-friendly interface, and offers the potential for scaling and adaptation to more advanced security applications.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	11
1.1 Аналіз вимог до комп'ютерної системи.....	11
1.1.1 Загальні вимоги	11
1.1.2 Мета створення системи	11
1.1.3 Основні задачі та функції системи.....	12
1.1.4 Вимоги до системи	12
1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання	14
1.2.1 Використання мікроконтролерів.....	14
1.2.2 Види та принцип роботи систем розпізнавання голосу в акустичних системах доступу.....	16
1.2.3 Види замків які можуть бути використані в системі акустичного замка	18
1.2.4 Виконавчі пристрої (актуатори) у системах доступу.....	20
1.2.5 Програмне забезпечення та інструменти розробки.....	22
1.3 Огляд аналогів системи.....	23
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	25
2.1 Розробка узагальненої структури голосового замка	25
2.1.1 Загальна архітектура системи.....	25
2.1.2 Взаємодія компонентів системи.....	26
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення.....	27
2.2.1 Вибір елементів.....	27

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романяк Н. Р			Комп'ютеризована система керування замком на основі голосових команд			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Жаровський Р.								6	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

2.3	Розробка алгоритму системи доступу до приміщення	41
2.3.1	Обґрунтування вибору середовища розробки та програмного забезпечення	43
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....		46
3.1	Розробка програмної частини замка з голосовим керуванням	46
3.2	Апаратна частина, тестування роботи замка з голосовим керуванням ...	49
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ..		54
4.1	Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності	54
4.2	Проведення інструктажів з охорони праці.....	56
ВИСНОВКИ.....		60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		61
Додаток А. Технічне завдання		
Додаток Б. Лістинг програмного забезпечення		
Додаток В. Перелік елементів		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

UART – асинхронний послідовний приймач-передавач (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)

I2C – інтерфейс між інтегральними мікросхемами (Inter-Integrated Circuit)

LCD – рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display)

LED – світлодіод (Light Emitting Diode)

VR – голосове розпізнавання (Voice Recognition)

ІО – вхід/вихід (Input/Output)

MCU – мікроконтролер (Microcontroller Unit)

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Системи контролю доступу і зокрема один з їх елементів замок є істотним елементом забезпечення безпеки приміщень та збереження майна. За тривалий час їх використання відбулася значна кількість змін у їхньому дизайні та внутрішній конструкції. Існують різні види замків: механічні, електричні, електромеханічні та електромагнітні замки різних типів.

Система, заснована на використанні замків електромеханічного типу, є однією із систем, спрямованих на захист приміщень від нелегального проникнення. Вона функціонує шляхом надання унікального коду, або ключ – карти індивідуальним особам чи групам осіб. Залежно від рівня доступу, визначеного в коді чи карті, можливий вхід лише у певні приміщення та у певний час. Введення коду здійснюється на панелі кодування, а ключ карта приставляється до системи зчитування.

Кодові замки мають кілька недоліків, які обумовлені особливостями їх влаштування та принципу роботи. Одним із таких недоліків є можливість злому злоумисником, який намагається проникнути в приміщення з такою системою захисту, яка може виникнути у випадку, якщо злоумисник зможе дізнатися код доступу або підібрати кодовий ключ методом перебору, також можлива втрата або копіювання карт доступу. В цьому випадку, замок легко буде обійти, що становить небезпеку для безпеки приміщення чи об'єкта.

Другий недолік полягає у неможливості чи трудомісткості заміни ключів, як механічних, так і електронних типів. Це може спричинити проблеми у разі втрати ключа або його копіювання злоумисником. Якщо для заміни механічного ключа необхідно замінити весь замок, то зміна коду доступу в електронному замку може вимагати спеціальних знань і обладнання, що може коштувати досить дорого і займає багато часу. Це створює незручність використання таких замків для користувача.

Виходячи з викладеної інформації раніше, необхідно виправити недоліки замків електромеханічного типу шляхом підвищення захищеності

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромеханічного типу від злому, а також спрощенням процедури налаштування під час встановлення замка та під час його експлуатації. Досягнення поставленою цілі можливо з допомогою біометричних даних користувача, зокрема в даній роботі це акустичний кодовий замок. Створення описаної системи на базі мікроконтролера дозволить отримати компактне, зручне, безпечне і найголовніше просте і нескладне в виготовленні. Управління яким буде здійснюватися при допомозі звуку.

У рамках даної роботи передбачається розробити, виготовити та налагодити роботу пристрою контролю доступу на контролі мікроконтролера з використанням датчика звуку.

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз вимог до комп'ютерної системи

1.1.1 Загальні вимоги

Сучасні системи контролю доступу активно інтегруються у повсякденне життя, підвищуючи рівень безпеки житлових, офісних та виробничих приміщень. Одним із перспективних напрямів у цій галузі є застосування акустичних кодових замків, що базуються на розпізнаванні голосу користувача. Основна перевага таких систем полягає у безконтактному доступі, індивідуальності голосу кожного користувача, а також у зменшенні потреби у фізичних ключах або картках.

Вимоги до подібних систем визначаються такими критеріями, як надійність, швидкість обробки запиту, точність розпізнавання голосу, стійкість до зовнішніх акустичних перешкод, зручність експлуатації та можливість масштабування. Система має працювати автономно або бути здатною до інтеграції в більш складні охоронні комплекси.

1.1.2 Мета створення системи

Метою створення комп'ютерної системи «Акустичний кодовий замок» є забезпечення ефективного контролю доступу до приміщень на основі індивідуальних голосових команд користувача.

Система повинна забезпечити:

- ідентифікацію користувача за голосом;
- прийняти рішення про надання або заборону доступу;
- індикацію стану замка;

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романяк Н. Р.			Аналіз технічного завдання			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Жаровський Р.								11	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

- можливість адміністрування бази користувачів і зміни їх прав доступу;

- забезпечувати механічне відкривання або блокування замка.

Ключовими критеріями є надійність розпізнавання, простота інтеграції у вже існуючі інфраструктури безпеки, доступність технології та захист від несанкціонованого доступу.

1.1.3 Основні задачі та функції системи

До основних функцій та задач акустичного кодового замка належать:

- розпізнавання голосової команди;
- ідентифікація користувача за акустичними параметрами голосу;
- прийняття рішення на основі порівняння з базою даних голосів;
- відкривання або блокування електромеханічного замка, або робота сервоприводу для інших типів замків;

- індикація стану системи за допомогою світлодіодів або екрану;
- ведення журналу подій (опціонально);
- відслідковування стану дверей (закрито/відкрито);
- можливість додавання нових користувачів або видалення існуючих.

1.1.4 Вимоги до системи

При розробці комп'ютеризованої системи контролю доступу на основі голосового розпізнавання важливо врахувати комплекс вимог, які забезпечують її ефективне функціонування, зручність використання, а також відповідність умовам експлуатації. Ці вимоги умовно поділяються на функціональні, технічні, безпекові та експлуатаційні [2].

Функціональні вимоги:

- точне розпізнавання голосів зареєстрованих користувачів;
- можливість навчання новим голосовим командам;

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оперативне реагування системи на вхідні команди;
- збереження шаблонів користувацьких голосів у енергонезалежній пам'яті.

Функціональність системи має забезпечувати стабільне виконання основної задачі – допуск або заборону доступу на основі акустичного коду. Важливим є й простий, інтуїтивний інтерфейс взаємодії з користувачем, що мінімізує ймовірність помилок та не потребує спеціальної підготовки.

Технічні вимоги:

- використання мікроконтролера для керування системою;
- підключення мікрофона високої чутливості;
- управління сервоприводом, який фізично відкриває або закриває замок;
- наявність світлодіодної індикації станів (очікування, розпізнавання, доступ дозволено/заборонено).

Додатково, для автономних систем надзвичайно важливою є енергоефективність. Це означає використання енергоощадних компонентів, оптимізацію програмного забезпечення та зниження споживання у режимах очікування. Високий рівень швидкодії досягається завдяки використанню сучасних мікроконтролерів і оптимізованих алгоритмів обробки мовного сигналу.

Система повинна проходити базову діагностику при кожному запуску. Автоматична перевірка справності програмного забезпечення та компонентів дозволяє уникнути збоїв у роботі і вчасно інформувати користувача про несправності.

Безпекові вимоги [3]:

- захист від несанкціонованого доступу до керуючих модулів;
- обмеження можливостей для підробки голосу (наприклад, відтворенням запису);

– наявність аварійного режиму відкриття або блокування у разі технічного збою.

Також важливою є конфіденційність, тобто дані користувачів повинні зберігатися із захистом від стороннього втручання.

Експлуатаційні вимоги:

- надійність усіх компонентів системи;
- стійкість до механічного зношування;
- адаптивність до змін навколишнього середовища (наприклад, шум, температура);
- зручність у використанні: чіткі світлодіодні сигнали, спрощена інструкція, простота монтажу.

Окрему увагу варто приділити перспективам розвитку системи. Зокрема, її можна масштабувати – інтегрувати у більші комплекси типу «розумного дому» або систем відеонагляду. У разі змін вимог користувача допускається оновлення програмного забезпечення, заміна окремих модулів або додавання нових функціональних можливостей, таких як NFC, RFID або дистанційне керування.

Таким чином, акустичний кодовий замок має відповідати широкому спектру вимог, що стосуються як базової працездатності, так і розширеної функціональності. Такий підхід забезпечить високий рівень надійності, безпеки та зручності для кінцевого користувача.

1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

1.2.1 Використання мікроконтролерів

Мікроконтролери є основним елементом побудови комп'ютеризованих систем контролю доступу, зокрема – акустичного кодового замка. Вони забезпечують обробку вхідних даних, керування виконавчими пристроями, реалізацію алгоритмів логіки доступу та взаємодію з користувачем.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для створення подібних систем часто використовують платформи Arduino, ESP32 або Raspberry Pi Pico [4]. Усі ці варіанти мають свої переваги, однак вибір конкретного мікроконтролера залежить від складності задачі, наявних ресурсів, необхідної швидкодії, енергоспоживання та доступності підтримки.

У даному проєкті основною обчислювальною платформою обрано Arduino Uno через такі чинники:

- простота у використанні та програмуванні;
- наявність великої кількості бібліотек для підключення популярних датчиків і модулів;
- широка спільнота підтримки, що спрощує розробку та налагодження;
- доступна вартість і достатня функціональність для реалізації завдань контролю доступу з використанням зовнішнього голосового модуля (наприклад, EasyVR 3 Plus).

В даній роботі Arduino Uno керує основними модулями системи:

- зчитує аудіосигнал від мікрофона (через окремий модуль розпізнавання голосу);
- аналізує відповідність голосової команди встановленому шаблону;
- керує світлодіодною індикацією стану пристрою (очікування, прийом команди, доступ дозволено/заборонено);
- активує або блокує сервопривод, або реле, яке механічно відкриває або замикає замок;
- може взаємодіяти з зовнішніми пристроями (наприклад, кнопками, модулем Bluetooth, додатковими датчиками безпеки).

Таким чином, Arduino Uno є ідеальним вибором для даного проєкту - як із точки зору функціональності, так і з погляду простоти реалізації. У поєднанні з модулем розпізнавання голосу (EasyVR або подібним), Arduino

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує достатній рівень інтеграції всіх компонентів і стабільну роботу системи. У разі ускладнення завдання або впровадження нових функцій (наприклад, передача даних у хмару), можливим є перехід на більш потужні мікроконтролери, зокрема ESP32, що відкриває перспективу подальшої модернізації системи.

1.2.2 Види та принцип роботи систем розпізнавання голосу в акустичних системах доступу

Системи розпізнавання голосу відіграють ключову роль у побудові сучасних акустичних кодових замків. Основна їх функція полягає в ідентифікації або автентифікації користувача за звуковою командою, що дозволяє надавати або забороняти доступ без використання фізичних ключів чи карт. Існує два основні підходи до розпізнавання голосу:

- розпізнавання мовлення (speech recognition), яке зосереджується на змісті висловленої команди;
- розпізнавання мовця (speaker recognition), що ідентифікує особу за індивідуальними характеристиками голосу.

Для вбудованих систем [5], таких як голосові замки, частіше застосовується фокус саме на виявленні ключових слів або команд. Це дозволяє мінімізувати обчислювальні витрати та зосередитись на точному виявленні заздалегідь визначених шаблонів голосових команд. Більшість недорогих рішень працюють саме в цьому режимі – наприклад, система реагує на команду типу «відкрити» або на конкретний закодований голосовий пароль.

Залежно від складності задачі, системи розпізнавання можуть бути реалізовані за допомогою зовнішніх модулів або програмного забезпечення, яке працює безпосередньо на мікроконтролері або на сторонньому пристрої.

Найпростішим і зручним рішенням для реалізації голосового інтерфейсу у вбудованих системах є використання спеціалізованих апаратних модулів, таких як EasyVR 3 Plus.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей модуль призначений для роботи у складі Arduino-платформи та дозволяє розпізнавати попередньо записані команди з високим рівнем надійності. Він підтримує як користувацьке навчання (можливість зберегти власні голосові команди), так і попередньо визначені команди. EasyVR містить вбудований аудіо-процесор, мікрофон і роз'єм для підключення динаміка, а також має серійний інтерфейс UART для з'єднання з мікроконтролером.

Принцип роботи таких систем полягає у попередній обробці звукового сигналу з мікрофона - фільтрація, нормалізація гучності, виділення ключових ознак, після чого відбувається порівняння з еталонами (шаблонами), збереженими в пам'яті пристрою. У разі збігу система генерує сигнал, який можна використати для подальших дій: відкривання замка, активації індикатора або запуску сигналізації. Важливим аспектом тут є чутливість до шуму – акустичні системи повинні мати змогу коректно працювати в умовах фонового звуку, що є типовим для побутового або офісного середовища. Саме тому використання модулів, які мають вбудовану обробку шуму, забезпечує стабільнішу роботу.

Для складніших проєктів або в умовах підвищених вимог до безпеки можливе застосування систем, які використовують розпізнавання мовця. Такі системи аналізують індивідуальні біометричні параметри голосу: тембр, висоту, ритм мовлення. Це підвищує стійкість до підробки, проте вимагає значно більших обчислювальних ресурсів та додаткових алгоритмів машинного навчання.

Таким чином, для реалізації акустичного кодового замка оптимальним є використання модулів з підтримкою розпізнавання ключових слів, зокрема EasyVR, у поєднанні з мікроконтролером Arduino. Такий підхід дозволяє досягти прийнятного балансу між точністю, простотою впровадження та енергоефективністю.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

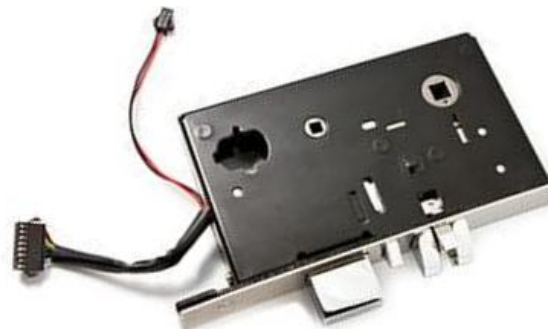
1.2.3 Види замків які можуть бути використані в системі акустичного замка

Система комп'ютеризованого доступу може керувати різними типами замків, залежно від призначення, умов експлуатації, вимог до надійності та енергозалежності. Основними типами, сумісними з електронним керуванням, є електромеханічні, електромагнітні, приховані радіокеровані, електронні кодові та біометричні замки.

Електромеханічні замки (рис. 1.1) є модифікацією традиційних механічних замків, які відкриваються у відповідь на електричний імпульс (надходить від джерела напруги необхідної величини 12 або 24 вольт). Вони зберігають можливість механічного відкривання ключем і можуть встановлюватися як у врізному, так і в накладному варіанті. Принцип роботи базується на електромагніті, який при подачі напруги розблоковує ригель. Основним недоліком таких замків є те, що після активації електричного імпульсу замок залишається відкритим, поки двері не будуть фізично зачинені знову.



Накладний електромеханічний замок



Врізний електромеханічний замок

Рисунок 1.1 – Електромеханічні замки

Електромагнітні замки (рис. 1.2), на відміну від електромеханічних, не мають рухомих частин. Їх дія ґрунтується на утриманні сталевієї пластини електромагнітом, що притягує її при подачі напруги. Такі замки прості в

установці, мають високу утримуючу силу і підвищену надійність у випадках екстреної евакуації – знеструмлення автоматично розблоковує двері.



Рисунок 1.2 – Електромеханічні замки

Ще одним варіантом є електронні кодові замки (рис. 1.3), які використовують клавіатуру або зчитувач електронних ключів для розпізнавання користувача. Останні можуть ідентифікувати спеціальні ключі-таблетки з унікальним цифровим кодом. Через величезну кількість можливих комбінацій перебрати код практично неможливо, однак заміна втрачених ключів потребує спеціального обладнання і навичок [6].



Рисунок 1.3 – Електронний кодовий замок

Приховані електронні замки (замки-невидимки) встановлюються всередину дверного полотна та повністю приховані від стороннього огляду. Вони працюють за допомогою радіокерованого пульта і мають високий рівень захисту. Основною перевагою є повна відсутність зовнішніх елементів доступу.

Біометричні електронні замки розпізнають індивідуальні фізіологічні характеристики людини, наприклад розпізнавання відбитків пальця, сітківки ока. Вони забезпечують високий рівень безпеки, проте потребують стабільного живлення і складні в самостійному встановленні. У деяких моделях передбачено підключення по Bluetooth або USB, що розширює функціонал, але водночас підвищує вартість і потенційну вразливість до атак.

Таким чином, вибір типу замка залежить від вимог до безпеки, доступності джерел живлення, способу монтажу та бажаної зручності користування. У межах проєкту найбільш доцільним видається використання електромеханічного або електромагнітного замка, як сумісного з актуаторами типу сервоприводів і реле, які будуть розглянуті у наступному підрозділі.

1.2.4 Виконавчі пристрої (актуатори) у системах доступу

У системах контролю доступу, які керують різними типами електрозамків, важливу роль відіграють виконавчі пристрої, або актуатори. Саме вони забезпечують фізичне спрацювання механізму замка у відповідь на сигнал, отриманий від контролера після успішної ідентифікації користувача. До найбільш поширених типів актуаторів належать сервоприводи, електромагніти, реле та соленоїди.

Сервоприводи – це компактні електромеханічні пристрої, які забезпечують точне позиціонування рухомих елементів. Вони особливо корисні в системах, де потрібно не лише відкриття, а й повторне автоматичне закриття замка, наприклад, у випадку з врізними електромеханічними моделями. Сервопривод легко керується з мікроконтролера (Arduino, ESP32 тощо)

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдяки стандартному ШІМ-сигналу, а також має вбудований редуктор для підвищення крутного моменту.

Електромагніти та соленоїди зазвичай використовуються у простіших конструкціях. Їхня робота полягає в створенні лінійного зусилля при подачі струму, що дає змогу відпустити або навпаки втягнути ригель замка. Електромагнітні тяги добре підходять для електромагнітних замків, де потрібно короткочасна подача напруги для утримання або звільнення металевої пластини. Такі актуатори (рис. 1.4) прості у використанні, проте зазвичай працюють лише в одному напрямку і потребують зовнішніх механізмів повернення.



Рисунок 1.4 – Актуатор Vigilant A-5

Реле (рис. 1.5) виступає посередником між слабкострумовою частиною (контролером) і силовим ланцюгом, який подає живлення на замок або актуатор. У системах на базі Arduino або подібних контролерів використання реле є стандартною практикою, оскільки сам мікроконтролер не здатен безпосередньо подавати струм необхідної величини (наприклад, 12 В для електромеханічного замка). Існують також твердотільні реле, які забезпечують швидке та безшумне перемикання без механічних контактів, що може бути доречним у критичних або безшумних системах.

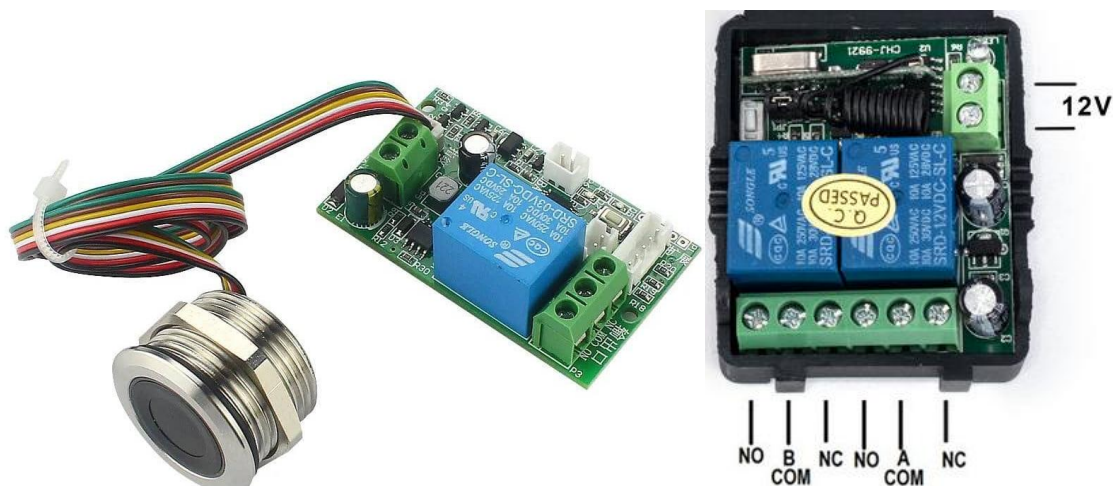


Рисунок 1.5 – Реле для керування замком

Для складніших рішень можуть застосовуватись комбіновані механізми, наприклад, серводвигуни в парі з редуктором і кінцевими вимикачами, що дозволяє точніше контролювати положення запірного механізму. Також варто уваги актуатори з підтримкою двостороннього зворотного зв'язку – такі системи можуть надати інформацію про стан замка (відкритий / зачинений) і дозволяють реалізовувати більш складні сценарії роботи.

Таким чином, вибір виконавчого механізму напряду залежить від типу замка, енергоспоживання, вимог до автономності, умов експлуатації та наявності відповідного керуючого пристрою. У межах даної роботи найбільш оптимальними є сервоприводи або електромагніти з керуванням через реле, оскільки вони забезпечують баланс між надійністю, доступністю та простотою інтеграції з голосовим інтерфейсом системи.

1.2.5 Програмне забезпечення та інструменти розробки

Для розробки акустичного кодового замка було обрано мікроконтролер Arduino Uno, а отже, основним середовищем програмування є Arduino IDE – офіційне інтегроване середовище розробки для мікроконтролерів сімейства Arduino. Це середовище підтримує мову програмування на основі C/C++,

дозволяє легко завантажувати скетчі (програми) в мікроконтролер, а також містить безліч бібліотек для роботи з різними модулями.

Одним із ключових елементів системи є розпізнавання голосових команд. Для цього використовується модуль EasyVR 3 Plus, який має власний набір інструментів для навчання і конфігурації. Основна утиліта, що використовується з цим модулем, - EasyVR Commander [7].

Крім основного IDE та утиліт EasyVR, під час розробки системи може застосовуватись додаткове програмне забезпечення:

- Serial Monitor Arduino IDE - для моніторингу обміну даними через COM-порт;
- Fritzing – для побудови схем і макетування електронних з'єднань системи;
- Wokwi – для симуляції роботи базових елементів системи.

Сукупність цих інструментів забезпечує ефективну розробку, налагодження та тестування голосового кодового замка на базі Arduino.

1.3 Огляд аналогів системи

На ринку систем контролю доступу існує велика кількість рішень, які базуються на різних принципах аутентифікації користувача: введення коду, використання RFID-міток, відбитків пальців, магнітних ключів або мобільних додатків. Проте системи, що використовують голосове розпізнавання як єдиний або основний метод доступу, залишаються відносно малопоширеними, з огляду на складність реалізації, високу вартість модулів та чутливість до шумів і зовнішніх умов.

Серед найбільш відомих комерційних аналогів можна виділити:

- Alfa Voice Lock – система, яка дозволяє відкривати двері за допомогою голосових команд. Вона підтримує кілька користувачів, має резервний механізм відкривання через Bluetooth та може інтегруватись із

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

системами «розумного будинку». Основний недолік - висока ціна та складність самостійного монтажу.

– VOCOlinc Smart Lock – пристрій, що працює у зв'язці з голосовими помічниками типу Siri або Alexa. Голосові команди не обробляються замком напряму, а передаються через хмарну платформу, що потребує постійного інтернет-з'єднання. Це створює залежність від сторонніх сервісів і знижує рівень безпеки у випадку втрати зв'язку.

– SentryVoice Lock – розробка на базі власного модуля розпізнавання голосу. Підтримує зберігання кількох голосових шаблонів, а також має можливість навчання новим командам. Основною перевагою є незалежність від інтернету, проте система є закритою, і немає можливості її налаштування або модифікації для конкретних потреб.

Водночас більшість із них є комерційними або вимагають постійного з'єднання з інтернетом, що не завжди прийнятно для автономних систем. Тому створення автономного акустичного кодового замка на основі мікроконтролера і локального розпізнавання голосу є актуальним завданням.

Висновки до 1 розділу

У цьому розділі було проведено аналіз технічного завдання на розробку акустичного кодового замка. Визначено основні вимоги до системи, її функції, принцип дії, технічні компоненти та розглянуто існуючі рішення. На основі проведеного аналізу сформовано підґрунтя для проєктування та реалізації власної системи контролю доступу, що поєднує голосове розпізнавання та керування механізмом замка на базі мікроконтроллера.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка узагальненої структури голосового замка

2.1.1 Загальна архітектура системи

Голосовий кодовий замок – це інтелектуальна система контролю доступу, основою якої є мікроконтролер Arduino у поєднанні з модулем EasyVR 3 Shield. Основна функція системи – розпізнавання голосових команд користувача для відкриття або блокування доступу до приміщення.

Складові частини системи:

- Arduino – центральний керуючий мікроконтролер, який обробляє дані та керує виконавчими пристроями.
- EasyVR 3 Shield – спеціалізований модуль розпізнавання мови, який підключається до Arduino і дозволяє ідентифікувати заздалегідь запрограмовані голосові команди.
- Сервопривід (Servo Motor) або реле – використовується для фізичного відкривання або блокування замка.
- Світлодіодні індикатори – які відображають статус доступу (успішний або відхилений).
- П'єзоелектричний динамік – генерує аудіосигнали для зворотного зв'язку.
- LCD дисплей 16x2 – для виведення повідомлень, таких як "Говоріть команду", "Доступ дозволено", "Помилка доступу".
- Джерело живлення – забезпечує стабільну роботу всіх елементів системи (5 В для живлення мікроконтроллера і 12 В для живлення механізму електромеханічного замка).

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розроб.		Романюк Н. Р					
Перевір.		Жаровський					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						25	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41		

Ці компоненти з'єднані між собою та інтегровані у логічну структуру, представлену на рисунку 2.1.

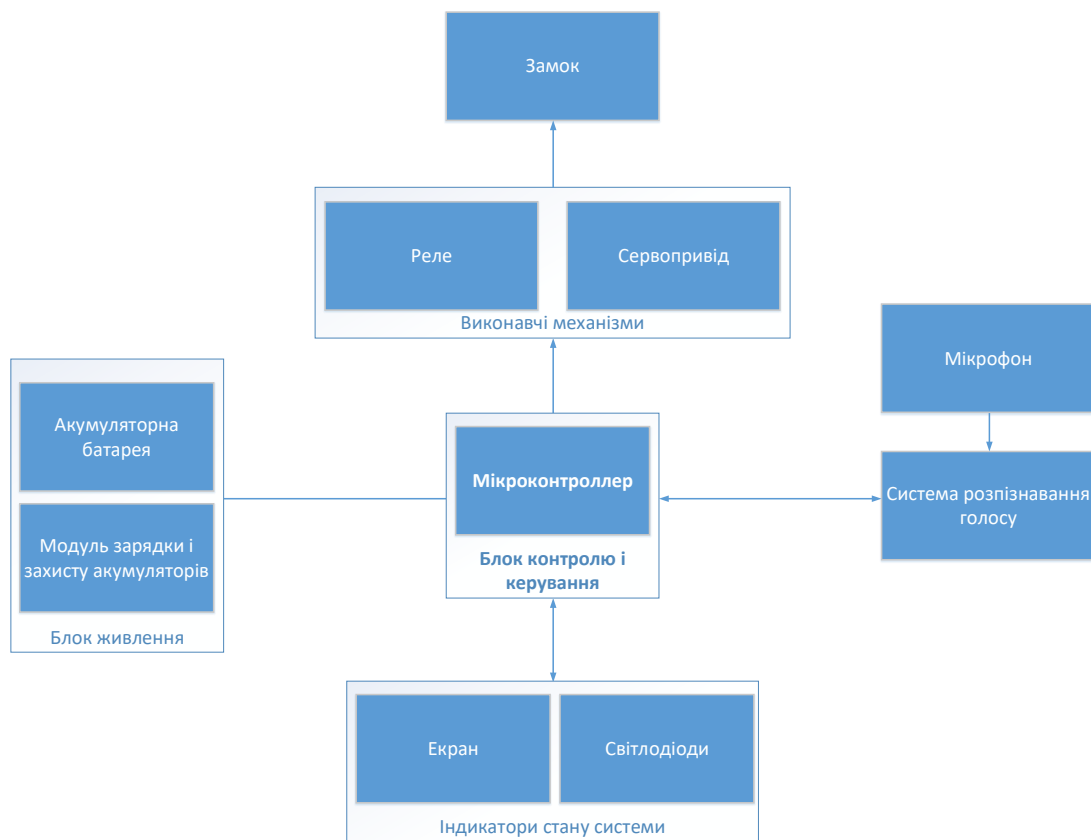


Рисунок 2.1 – Узагальнена структура голосового замка

2.1.2 Взаємодія компонентів системи

Після активації системи користувач промовляє ім'я користувача і пароль, які зчитується мікрофоном EasyVR Shield. Модуль розпізнає голос і передає її до Arduino Uno. Мікроконтролер перевіряє, чи ця команда відповідає одній з попередньо зареєстрованих у системі. У випадку збігу:

- активується сервопривід/реле, що відкриває замок;
- загоряється зелений світлодіод;
- на дисплеї виводиться повідомлення “Доступ дозволено”;
- подається короткий звуковий сигнал.

У разі помилки:

- загоряється червоний світлодіод;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ

Арк.

26

- подається сигнал помилки;
- на дисплеї виводиться повідомлення “Невірна команда”.

Модуль EasyVR має власну внутрішню пам’ять, де зберігаються шаблони голосових команд і підтримує двоступеневе розпізнавання: попереднє фільтрування команд та підтвердження результату Arduino-стороною. Це дозволяє досягнути вищої надійності роботи системи в умовах навколишніх шумів.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

2.2.1 Вибір елементів

Вибір елементної бази розпочнемо з підбору елементів живлення [8]. Відповідно до технічного завдання, комп’ютеризований голосовий замок має бути енергонезалежним та автономним, що зумовило використання акумуляторного джерела живлення. Основними споживачами живлення є:

- мікроконтролер;
- модуль розпізнавання голосу EasyVR Shield;
- LCD-дисплей 16×2;
- сервопривід або реле;
- електромеханічний замок (працює при 9–12 В, споживання ~1 А).

Для живлення обрано літій-іонний акумулятор типорозміру 18650. Його переваги:

- номінальна напруга: 3,7 В;
- ємність: 2400 мА·год;
- висока стабільність струму протягом усього розряду;
- понад 500 циклів заряду/розряду без "ефекту пам'яті";
- вбудований захист від перезаряду та глибокого розряду (залежно від моделі).

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Для безпечної експлуатації акумуляторів 18650 використовується готовий модуль TP4056 з функцією захисту та зарядки.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд модуля TP4056

Основні характеристики модуля TP4056:

- вхідна напруга: 4,5–8,0 В;
- максимальний зарядний струм: понад 1 А;
- напруга завершення заряду: 4,2 В;
- захисти: від короткого замикання, глибокого розряду (2,4 В), переплюсування, перевантаження струмом;
- індикація станів заряду: червоний та зелений світлодіоди;
- роз'єм зарядки: USB Type-C.

Оскільки більшість електронних компонентів потребують стабільної напруги 5 В, було застосовано модуль MT3608, що підвищує напругу від 3,7 В до 5 В або (до 28 В за потреби).

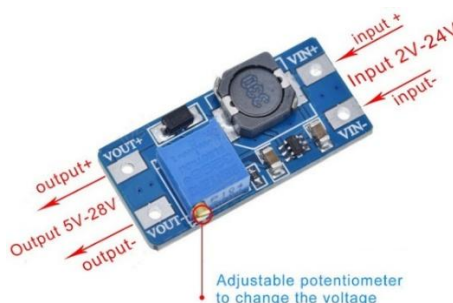


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд модуля MT3608

Технічні характеристики МТ3608:

- вхідна напруга: 2–24 В;
- вихідна напруга: до 28 В;
- максимальний струм: 2 А;
- ККД: до 93%;
- компактні розміри: 17×36 мм.

Відповідно схему живлення можна відобразити наступним чином (рис. 2.4).

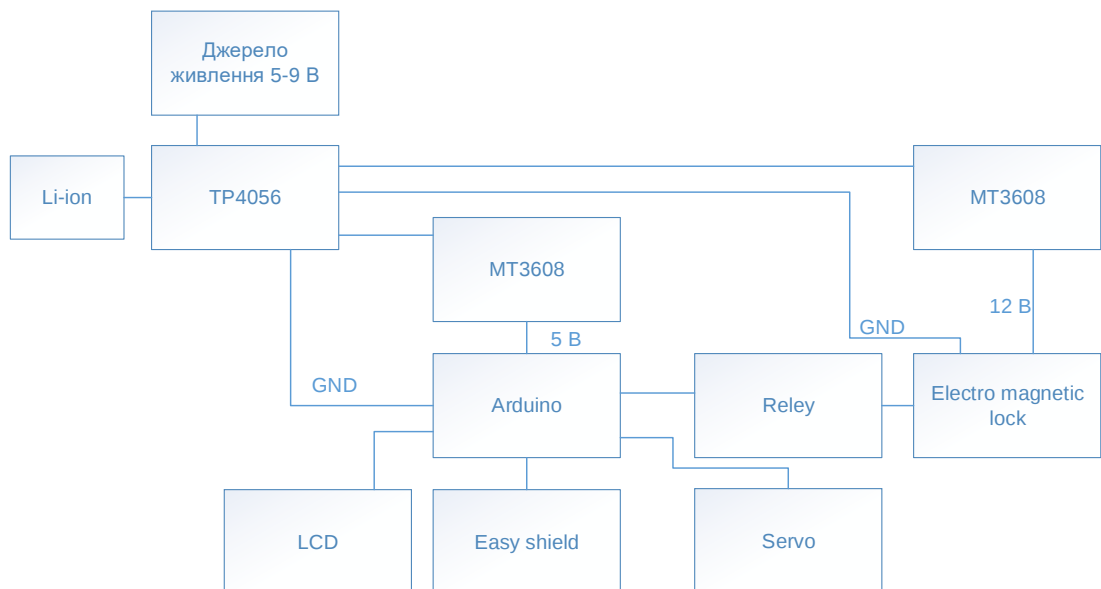


Рисунок 2.4 – Схема електроживлення замка з голосовим керуванням

Згідно зі схемою (рис. 2.1) нам необхідний мікроконтролер для здійснення управління всіма елементами системи. відповідно до технічного завдання був обраний готовий модуль Arduino/Genuino UNO - це плата для побудови простих систем автоматики на базі мікроконтролера ATmega328 з безкоштовним програмним забезпеченням та відкритою архітектурою [9].



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд модуля Arduino UNO

Arduino Uno забезпечує достатню кількість цифрових та аналогових входів/виходів, що дозволяє підключати до неї всі необхідні компоненти: EasyVR Shield, LCD-дисплей, світлодіоди, сервоприводи або реле, клавіатуру та інші периферійні пристрої. Крім того, Arduino Uno підтримує основні інтерфейси обміну даними, зокрема UART, SPI та I2C, що суттєво спрощує взаємодію з модулями [10].

Таблиця 2.1 — Основні технічні характеристики Arduino Uno

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Частота процесора	16 МГц
Пам'ять	32 Кб Flash, 2 Кб SRAM, 1 Кб EEPROM
Вхідні/вихідні	14 цифрових, 6 аналогових
Підтримка протоколів	UART, SPI, I2C
Напруга живлення	7–12 В (через вхід VIN)
Робоча напруга логіки	5 В
Підтримка ОС	Windows, macOS, Linux

Завдяки архітектурі на базі мікроконтролера Atmel ATmega328P (рис. 2.6), Arduino Uno має достатній рівень продуктивності та енергоефективності.

Процесор працює на частоті 16 МГц і має 32 Кб флеш-пам'яті, чого цілком достатньо для реалізації алгоритмів голосового доступу та обробки команд від користувача. Наявність 2 Кб оперативної пам'яті (SRAM) і EEPROM дозволяє зберігати тимчасові змінні та налаштування системи між перезавантаженнями.

Як видно з рисунка 2.6, модуль побудовано на базі з мікроконтролера Atmega 328.

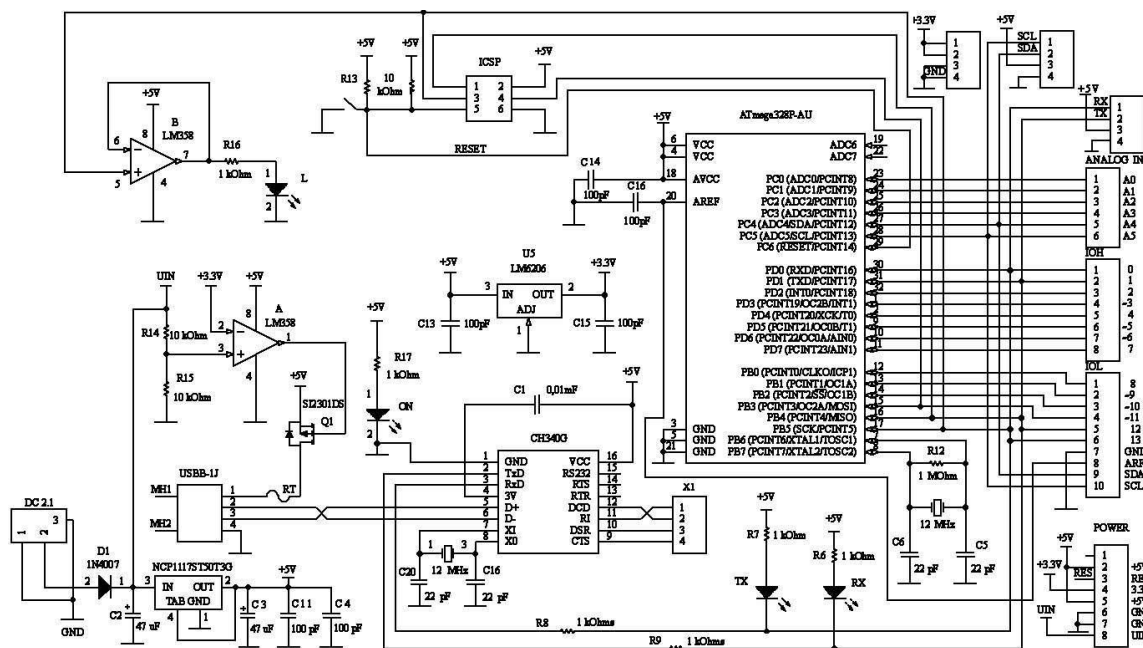


Рисунок 2.6 – Схема модуля Arduino UNO

Важливо зазначити, що Arduino Uno легко програмується за допомогою середовища Arduino IDE, яке підтримується більшістю операційних систем (Windows, macOS, Linux). Наявність великої кількості бібліотек дозволяє швидко реалізовувати функції обробки голосових команд, керування реле, обробки натискань клавіш, виведення даних на дисплей тощо. Простота програмування дозволяє зосередитися безпосередньо на логіці системи, а не на складнощах з апаратною частиною [11].

Завдяки стандартному розташуванню контактів та розширювальних плат (шилдів), її зручно інтегрувати з іншими модулями.

Для реалізації голосового інтерфейсу обрано модуль EasyVR 3 Shield. Це апаратне рішення оптимально поєднує простоту інтеграції з Arduino, автономну обробку голосових команд без залучення хмарних сервісів та достатню точність розпізнавання в умовах побутових шумів.

EasyVR 3 Shield підключається безпосередньо до пінів Arduino Uno, не потребує додаткових зовнішніх процесорів або роз'ємів. Вбудований аудіо-процесор виконує попередню обробку звукового сигналу, включно з шумозаглушенням та вилученням характеристик (feature extraction), що звільняє основний мікроконтролер від ресурсоємних задач аналізу звуку. Основна роль Arduino Uno полягає в керуванні модулями, обміні даними з EasyVR через UART та реалізації логіки доступу.

Модуль EasyVR підтримує захищене збереження до 80 індивідуальних команд (speaker dependent) або до 512 фраз у режимі speaker independent з використанням зовнішніх бібліотек. Це дозволяє налаштовувати систему під конкретного користувача або групу користувачів, забезпечуючи гнучкість та розширюваність. EasyVR Commander — програмний інструмент для навчання та тестування команд — спрощує процес створення голосових профілів без необхідності програмування.

Важливою перевагою EasyVR у контексті вимог системи є offline-режим розпізнавання: усі операції виконуються локально, без потреби в інтернет-з'єднанні. Це підвищує безпеку та швидкодію системи, а також дозволяє використовувати замок в середовищах зі слабким або відсутнім покриттям мережі.

Поряд із технічними характеристиками модуля (див. табл. 2.3), EasyVR забезпечує стабільну роботу з частотою оновлення команди до 100 команд на хвилину, при цьому споживання струму не перевищує 15 мА у режимі очікування та до 50 мА під час розпізнавання. Це важливо для автономних систем на акумуляторах [12].

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 2.3 - Основні технічні характеристики EasyVR 3 Shield

Характеристика	Значення
Обробка звуку	Вбудований DSP
Команди	80 speaker dependent, 512 speaker independent
Інтерфейс	UART (Serial TTL)
Живлення	5 В від Arduino
Кут зчитування	omnidirectional
Рівень шумозаглушення	до 60 дБ
Споживання струму	15–50 мА

Зображення плати EasyVR 3 Shield наведено на рис. 2.7.

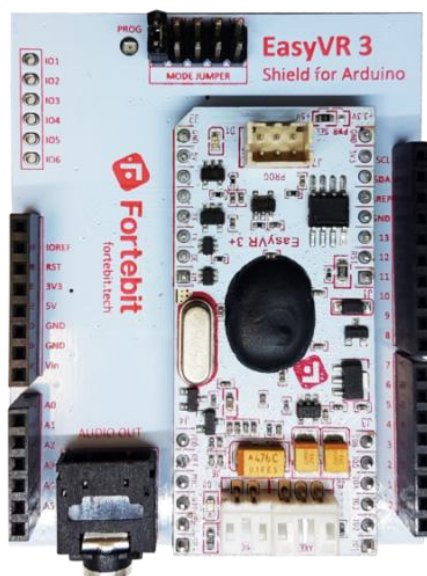


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд EasyVR 3 Shield

Shield сумісний з будь-якою платою Arduino, що використовує роз'єми UNO-R3 Shield, і працює на рівнях 3,3 В або 5 В (за замовчуванням). Робоча напруга EasyVR визначається за допомогою виводу IOREF.

На рисунку 2.8 зображена плата EasyVR 3 Shield з позначеними всіма контактами.

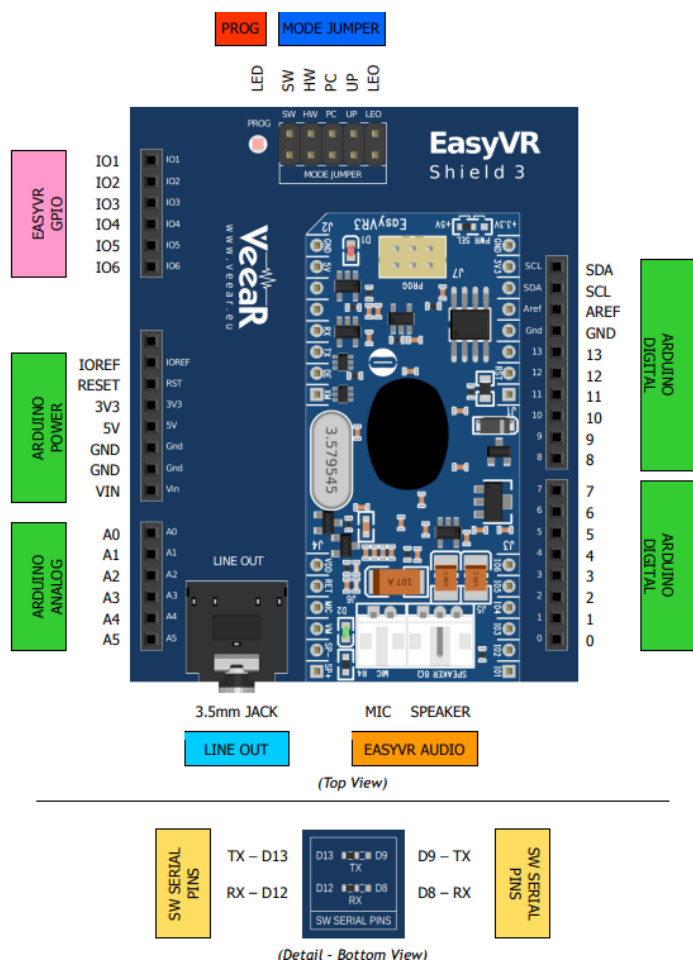


Рисунок 2.8 - Призначення контактів

Нижче наведено пояснення призначення кожного з них, згруповане за функціональними блоками:

Живлення та системні сигнали:

- IOREF – рівень логіки плати (зазвичай 5 В) для сумісності шилдів;
- RESET – лінія скидання мікроконтролера, дозволяє перезавантажити EasyVR із Arduino;
- 3V3, 5V, GND, GND – виводи живлення: 3,3 В (для внутрішніх кіл модуля), 5 В (живлення від Arduino), дві шини землі;
- VIN – вхід живлення 7–12 В із зовнішнього адаптера, який потрапляє на регулятор плати Arduino.

Цифрові та аналогові шини Arduino.

- Digital 0...13 – стандартні цифрові порти Arduino для керування реле, індикацією, читанням кнопок тощо;
- A0...A5 – аналогові входи Arduino, доступні для зовнішніх сенсорів або для побудови додаткових інтерфейсів.

Інтерфейси обміну даними:

- SW SERIAL (Bottom View) – альтернативні виходи TX/RX (підключаються, наприклад, до D12/D13), щоб не конфліктувати зі стандартним апаратним UART на D0/D1;
- UART (TX → D13, RX → D12) – основний послідовний порт для обміну командами з Arduino через бібліотеку EasyVR;
- GP1...GP6 - загального призначення GPIO, виведені в лівій верхній частині, можуть використовуватися для підключення датчиків або виконавчих пристроїв безпосередньо до EasyVR (наприклад, запуск запису голосу або індикація).

Режими та програмування

- PROG (червоний) – при подачі на цей контакт логічного LOW EasyVR переходить у режим програмування (завантаження нових голосових шаблонів);
- MODE JUMPER (синій) – перемикає між режимом «команд» і режимом «пасивного прослуховування» (audio pass-through), даючи змогу одночасно прокидати аудіо-лінію мікрофону на динамік.

Аудіоінтерфейси:

- MIC (3,5 мм лінійний вхід) – підключення зовнішнього мікрофона;
- SPK – вихід на зовнішній динамік для прослуховування голосових підказок;
- LINE OUT – додатковий лінійний вихід після фільтрів модулю EasyVR для підключення до зовнішньої аудіосистеми.

Всі ці контакти забезпечують повноцінну інтеграцію EasyVR 3 Shield із мікроконтролером Arduino Uno, дозволяючи реалізувати локальне

розпізнавання голосових команд без залучення зовнішніх сервісів і з мінімальною кількістю додаткових компонентів [13].

Мікрофон, що рекомендовано використовувати з модулем EasyVR 3, є всеспрямованим конденсаторним мікрофоном (Horn EM9745P-382):

- чутливість -38 дБ (0 дБ = 1 В/Па @1 кГц);
- навантаження Імпеданс 2,2 тис.;
- напруга 3В;
- частота роботи в діапазоні 100 Гц – 20 кГц.

Схема мікрофона (рис. 2.9) оптимізована для використання з налаштуваннями відстані ARMS_LENGTH (за замовчуванням, близько 60 см) або FAR_MIC.

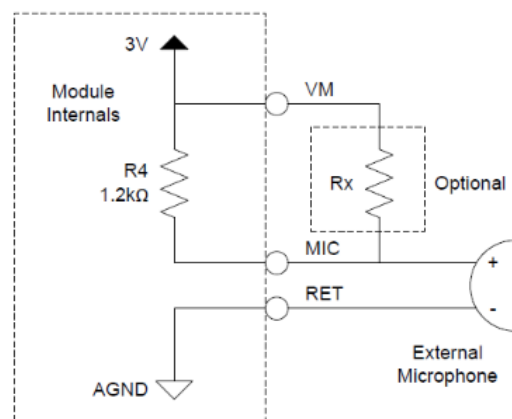


Рисунок 2.9 – Схема мікрофона Horn EM9745P-382

Модуль EasyVR містить завантажувач, який дозволяє оновлювати прошивку та завантажувати нові звукові таблиці або користувацькі граматики у вбудовану пам'ять.

Режим завантаження активується шляхом утримання сигналу ХМ на високому логічному рівні під час увімкнення або скидання. Це можна легко зробити за допомогою перемички (рис. 2.10), яка передає сигнал на відповідний підтягуючий резистор.

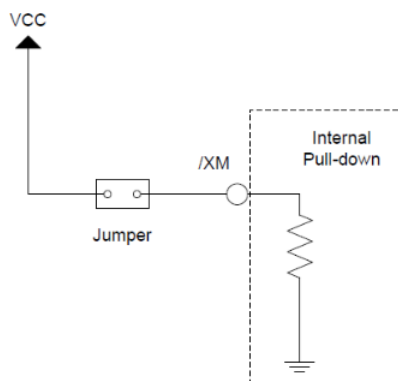


Рисунок 2.10 – Встановлення перемички в режим оновлення прошивки

Рівень XM можна безпечно змінювати, поки модуль скинуто (низький рівень RST). Якщо модуль увімкнено перемичку змінювати заборонено.

Зв'язок з модулем EasyVR використовує стандартний інтерфейс UART, сумісний з логічними рівнями TTL/CMOS 3,3-5 В, відповідно до напруги живлення VCC.

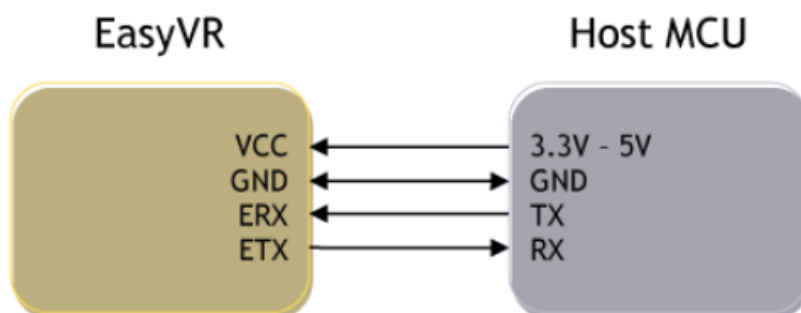


Рисунок 2.11 – Типове підключення до хоста на базі MCU

Початкова конфігурація при ввімкненні живлення: 9600 бод, 8 біт даних, без перевірки парності, 1 стоп-біт. Швидкість передачі даних можна змінити пізніше для роботи в діапазоні 9600–115200 бод.

Протокол зв'язку використовує лише друковані символи ASCII, які можна розділити на дві основні групи:

- символи команди та стану, відповідно на лініях TX та RX, вибрані з малих літер;
- аргументи команд або деталі стану, знову ж таки на лініях TX та RX, охоплюють діапазон великих літер.

Кожна команда, надіслана по лінії TX, з нулем або більше додатковими байтами аргументів, отримує відповідь по лінії RX у вигляді байта стану, за яким йде нуль або більше аргументів [14].

Перед кожним байтом, що надсилається з модуля EasyVR на лінію RX, існує мінімальна затримка, яка спочатку встановлюється на 20 мс і може бути вибрана пізніше в діапазонах 0–9 мс, 10–90 мс та 100 мс–1 с. Це враховує повільніші або швидші хост-системи і тому також підходить для програмного послідовного зв'язку (біт-бенгінг) або комунікаційних проксі/мостів.

Оскільки послідовний інтерфейс EasyVR також є програмним, перед передачею символу до модуля може знадобитися дуже коротка затримка, особливо якщо хост дуже швидкий, щоб EasyVR міг знову прослуховувати нового символу.

За обробку звуку відповідає чип Sensory RSC-4128, виконаний за технологією SoC («система на кристалі»).

Мікросхема RSC-4128 належить до лінійки продуктів Interactive Speech™ від компанії Sensory. Вона являє собою високопродуктивний 8-бітний мікроконтролер із вбудованими АЦП, ЦАП, попереднім підсилювачем, ОЗП, ПЗП та оптимізованими блоками обробки аудіо. RSC-4128 спроектований для досягнення високого рівня інтеграції та гнучкості у низьковартісних, енергоощадних застосуваннях. Різні функціональні блоки інтегровані безпосередньо в ядро ЦП для зниження загальної вартості системи та підвищення її надійності.

RSC-4128 працює разом із прошивкою FluentChip — надсучасним набором засобів для розпізнавання та синтезу мовлення. Це зменшує обсяг програмного забезпечення, наприклад, для пристроїв із 3 хвилинами стислого

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

мовлення, підтримкою залежних і незалежних від мовця словників, перевіркою мовця та всією логікою прикладного коду, вбудованого у RSC-4128 як єдине рішення. Революційна технологія Text-to-Speaker-Independent дозволяє створювати набори розпізнавання незалежно від мовця, просто вводячи текст.

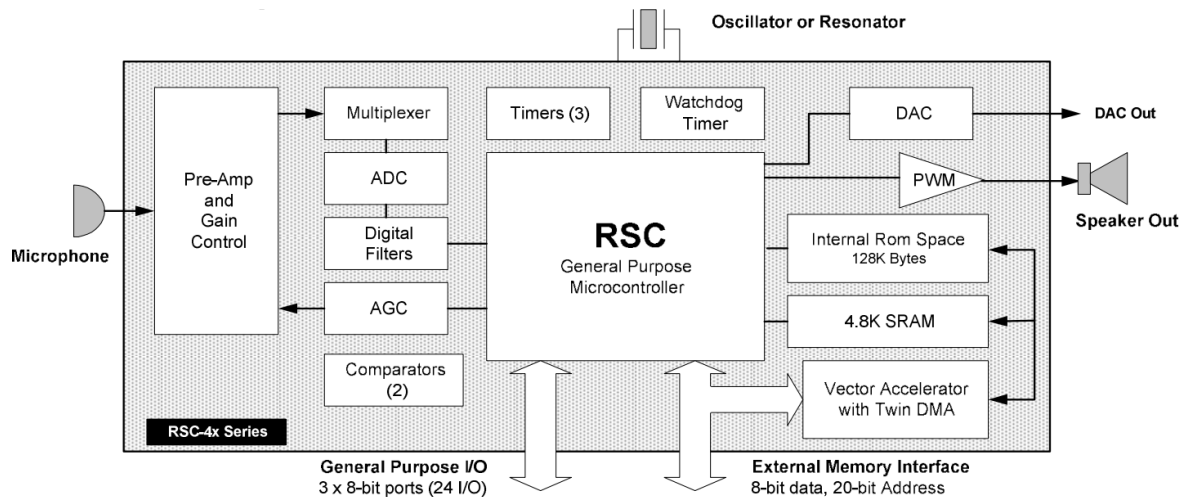


Рисунок 2.12 – Схема мікросхеми RSC-4128

Вбудоване в RSC-4128 ядро ЦП є 8-бітним мікроконтролером із змінною довжиною інструкцій. Набір інструкцій подібний до мікроконтролера 8051, підтримує різні режими адресації, інструкції MOV і 16-бітні команди. Процесор RSC-4128 усуває обмеження, пов'язані з регістрами A, B та DPTR, завдяки повністю симетричним джерелам і приймачам для всіх інструкцій.

RSC-4128 має високу ступінь інтеграції вбудованих функцій і спеціальні DSP-ядра, забезпечуючи недороге та ефективне змішане цифрово-аналогове середовище для універсальних застосувань і розробки власних алгоритмів.

RSC-4128 має зовнішній інтерфейс пам'яті, який дозволяє підключати пристрої збереження шаблонів розпізнавання мовлення, запису/відтворення звуку, тривалих аудіо- та музичних даних, які перевищують можливості вбудованої пам'яті. 34 виводи використовуються для паралельного з'єднання з зовнішньою пам'яттю (ROM, EPROM, SRAM, або FLASH) у корпусах DIP

та QFP. Приклад такого підключення представлений на схемі (рис. 2.13). Зовнішній інтерфейс RSC-4128 покращено для підтримки типу пам'яті ATD-типу. Адресні лінії зберігають своє значення протягом всього циклу доступу до внутрішньої ОЗП або ПЗП. Сигнали – RDR та – RDF переходять у високий рівень, коли зовнішня шина не використовується.

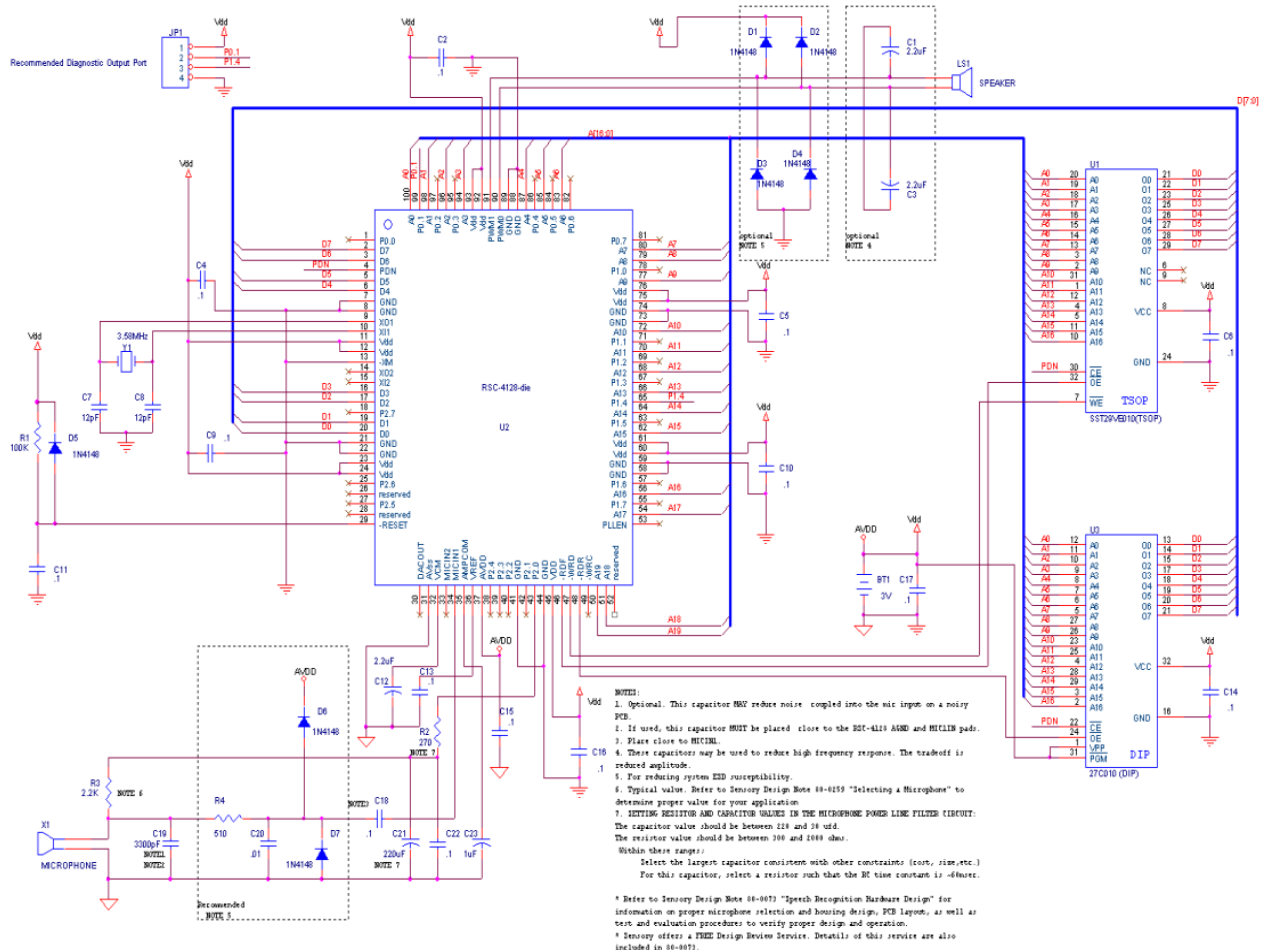


Рисунок 2.13 – Схема підключення з'єднання з зовнішньої пам'яті

Також можливе підключення послідовних пристроїв пам'яті (ROM, Flash, EEPROM) для збереження та зчитування мовленнєвих даних з використанням драйверів, реалізованих у бібліотеці FluentChip. Це особливо зручно для корпусу 64LQFP (який не має паралельного інтерфейсу).

Послідовна пам'ять (ROM/Flash/EEPROM) дозволяє зменшити розміри друкованої плати, спростити її компоновку і знизити вартість системи. Тип

використовуваного послідовного інтерфейсу задається програмно. Приклад використання зовнішньої серійної Flash наведено на рисунку 2.14.

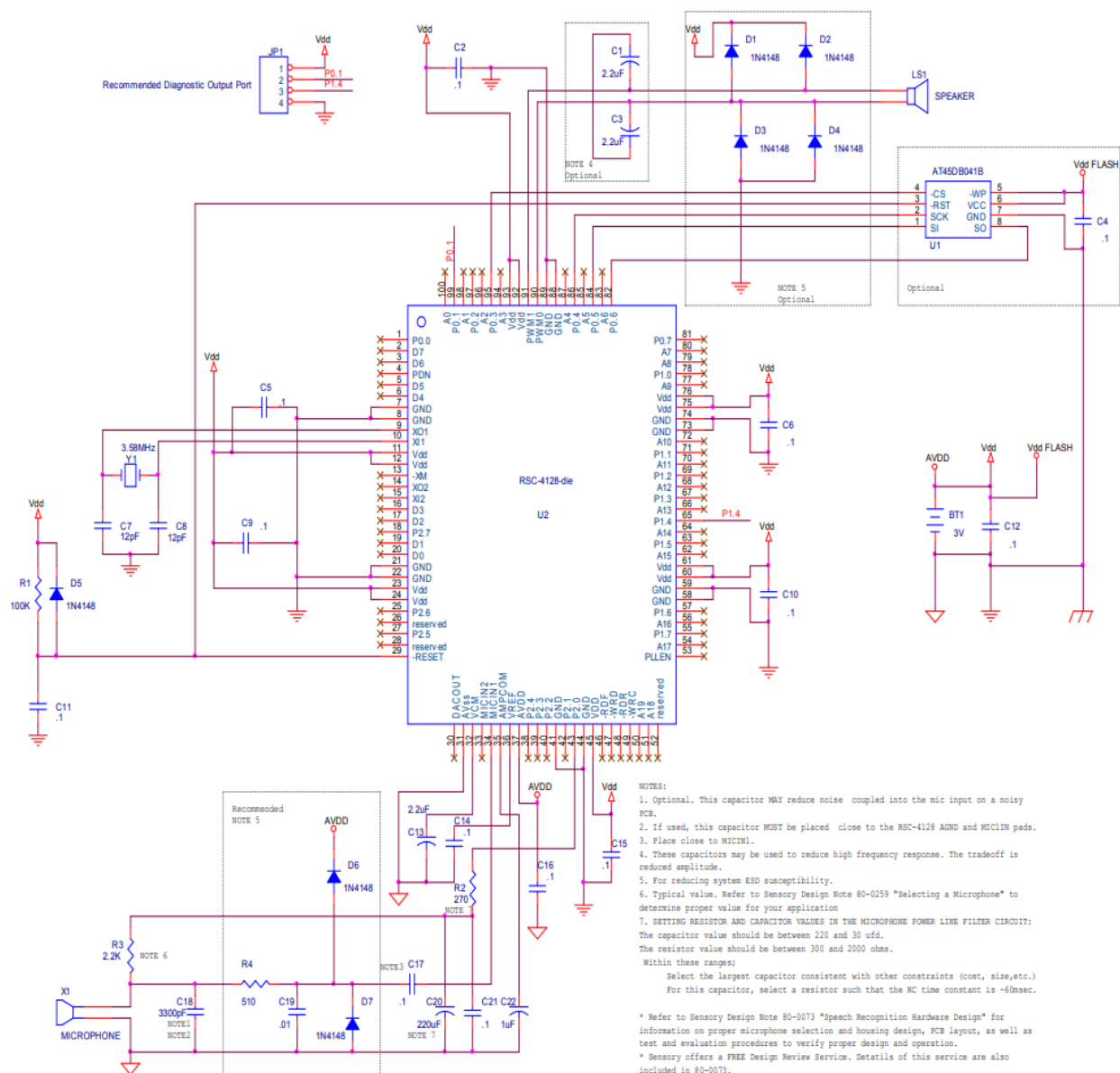


Рисунок 2.14 – Схема підключення зовнішньої послідовної Flash пам'яті

2.3 Розробка алгоритму системи доступу до приміщення

Функціонування голосового замка базується на поетапній взаємодії користувача з мікроконтролером Arduino Uno через модуль розпізнавання голосу EasyVR Shield. Основна мета алгоритму — ідентифікувати дозволені голосові команди та відповідно до них відкривати або блокувати доступ до

приміщення, надаючи користувачеві зворотний зв'язок через індикатори та дисплей. Схема роботи наведена на кресленні КС КРБ 123.008.00.00 ЕЗ

Після подачі живлення система переходить у режим ініціалізації. Arduino активує LCD-дисплей, на якому з'являється повідомлення "Очікування команди". Після цього активується EasyVR Shield, який переходить у режим прослуховування та готовності до прийому голосових команд.

Користувач має промовити певну фразу, наприклад "Відкрити" або "Закрити", сказати своє ім'я і пароль. Мікрофон передає аудіосигнал на EasyVR, де відбувається його аналіз і порівняння з раніше записаними шаблонами. У разі збігу розпізнаної команди з авторизованою, Arduino отримує відповідний код команди через UART та обробляє його.

Якщо команда є валідною, активується виконавчий механізм — твердотільне реле або сервопривід, який подає сигнал на електромеханічний замок, відкриваючи двері. При цьому на дисплеї з'являється повідомлення "Доступ дозволено", а зелений світлодіод засвічується на декілька секунд. Після цього замок автоматично повертається у закритий стан.

У разі, якщо команда не розпізнана або не є дозволеною, на дисплеї з'являється повідомлення "Команду не розпізнано", вмикається звуковий сигнал помилки через зумер, а червоний світлодіод короткочасно блимає.

Алгоритм враховує також сценарії відсутності активності протягом певного часу. Якщо команда не отримана впродовж, наприклад, 15 секунд, система повертається в режим очікування без реакцій, знову виводячи повідомлення "Очікування команди".

Також для аварійного відновлення доступу передбачена можливість скидання або перемикання системи в сервісний режим за допомогою фізичної кнопки. Ця функція є важливою у разі збоїв розпізнавання або втрати голосової моделі.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розроблений алгоритм дозволяє реалізувати логічно завершену, надійну і зручну у використанні систему контролю доступу, що поєднує автоматичне розпізнавання голосу, виведення повідомлень, індикацію стану та управління електрозамком.

2.3.1 Обґрунтування вибору середовища розробки та програмного забезпечення

Розробка акустичного кодового замка, що реагує на голосові команди, потребує інтеграції кількох апаратних компонентів і відповідного програмного забезпечення для їх підтримки. У цьому проєкті така система побудована на базі мікроконтролера Arduino Uno з використанням модуля розпізнавання голосу EasyVR 3 Plus. Для розробки програмного забезпечення було обрано Arduino IDE, а для налаштування голосових команд — спеціальну утиліту EasyVR Commander.

Arduino IDE надає зручне і зрозуміле середовище для написання, компіляції та завантаження програм до мікроконтролера (рис. 2.15).

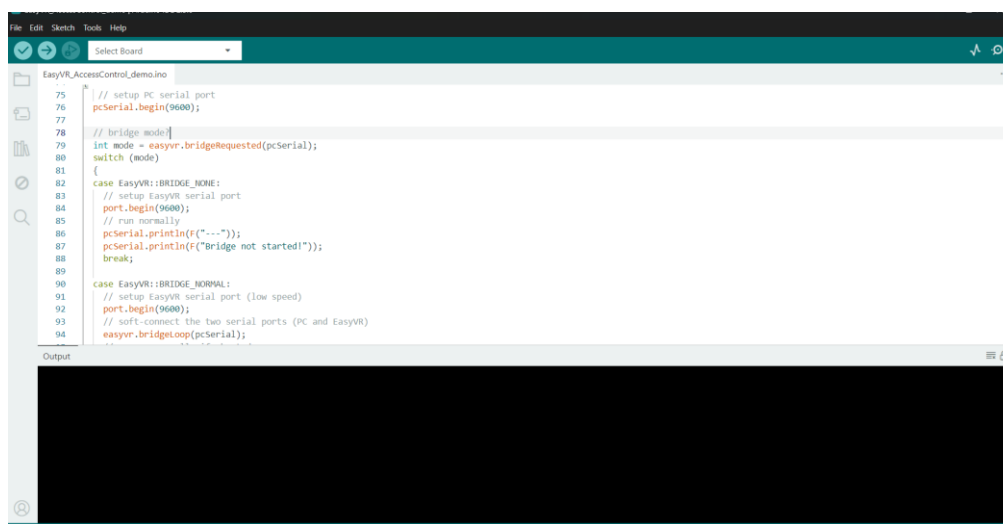


Рисунок 2.15 – Інтерфейс середовища Arduino IDE

Його інтерфейс дає змогу швидко писати код мовою C/C++, тестувати окремі компоненти і налагоджувати взаємодію між ними. У поєднанні з

розгалуженою спільнотою, великою кількістю бібліотек і документації, це середовище виявилось оптимальним вибором для реалізації подібного проєкту.

У системі були використані бібліотеки, які відповідають за керування LCD-дисплеєм по шині I2C, серво-приводом, послідовним зв'язком з EasyVR через віртуальний порт, а також базові бібліотеки для читання стану геркона, обробки натискань кнопок і виведення сигналів на світлодіоди. Усі ці бібліотеки підтримуються Arduino IDE без потреби у додаткових складних налаштуваннях.

Особливу увагу заслуговує утиліта EasyVR Commander, яка є ключовим інструментом для підготовки голосового інтерфейсу.

На рисунку 2.16 — інтерфейс програми EasyVR Commander з активними групами команд.

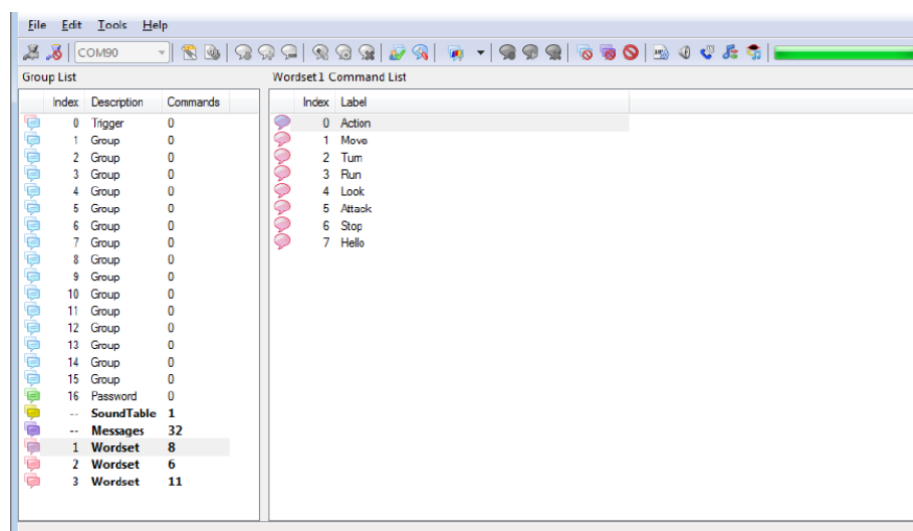


Рисунок 2.16 – Інтерфейс утиліти EasyVR Commander для налаштування голосових команд

Саме за її допомогою створюються групи голосових команд і паролів, які потім розпізнаються модулем у реальному часі. Утиліта дозволяє обрати мову розпізнавання, створити назви користувачів і відповідні їм паролі, а також провести тренування — тобто запис кількох варіантів вимови кожної

команди для підвищення точності. Після тренування ці дані передаються до пам'яті модуля EasyVR через інтерфейс зв'язку, що забезпечує швидке налаштування без потреби перепрошивання контролера. Також утиліта дає можливість тестувати роботу голосових команд безпосередньо з комп'ютера, змінювати рівень чутливості розпізнавання, переглядати конфлікти між подібними командами і прослуховувати аудіофайли, що відтворюються модулем.

Таким чином, використання Arduino IDE у поєднанні з EasyVR Commander дозволяє гнучко налаштувати систему доступу, яка реагує на голосові запити, забезпечити її адаптивність під конкретного користувача та досягти високої точності спрацьовування в реальних умовах.

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка програмної частини замка з голосовим керуванням

Програмне забезпечення системи голосового доступу до приміщення реалізовано на мові C++ із використанням середовища розробки Arduino IDE. Код структурується на кілька основних частин: підключення бібліотек, оголошення змінних, ініціалізація апаратних компонентів у функції `setup()`, основний цикл `loop()` та допоміжні функції.

На початку програми підключаються необхідні бібліотеки, які забезпечують підтримку апаратних модулів — EasyVR, LCD з інтерфейсом I2C, серво-приводу, а також бібліотека SoftwareSerial для створення додаткового UART-з'єднання з модулем голосового розпізнавання. Цей фрагмент наведено на рисунку 3.1.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <EasyVR.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>
```

Рисунок 3.1 – Лістинг підключення бібліотек

Далі оголошуються глобальні змінні для опису об'єктів і пінів, до яких підключено компоненти. У цьому блоці визначено серво-привід, об'єкт LCD-дисплея, об'єкти серійного зв'язку та змінні для зберігання даних, що надходять з модуля EasyVR.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Практична частина		
Розроб.		Романюк Н. Р					
Перевір.		Жаровський					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркуші
						46	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41		

```

SoftwareSerial port(12, 13); // підключення EasyVR до пінів 12
i 13
EasyVR easyvr(port);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
Servo myservo;

```

Рисунок 3.2 – Лістинг оголошення змінних та апаратних об'єктів

У функції `setup()` відбувається ініціалізація всіх компонентів: відкривається серійне з'єднання з ПК і з модулем EasyVR, запускається дисплей LCD, задаються режими роботи пінів, ініціалізується сервопривід.

```

lcd.init();
lcd.backlight();
myservo.attach(9);
myservo.write(90); // двері закриті
pinMode(4, INPUT_PULLUP);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(7, INPUT_PULLUP);

```

Рисунок 3.3 – Лістинг ініціалізації компонентів у функції `setup()`

В основному циклі програма перевіряє стан аварійної кнопки, що при натисканні дозволяє примусово відкрити двері без голосової авторизації.

```

if (digitalRead(7) == LOW) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Emergency Open");
    myservo.write(180);
    delay(2500);
    myservo.write(90);
}

```

Рисунок 3.4 – Обробка аварійного відкриття

Основна логіка авторизації побудована на розпізнаванні голосової команди з групи 1 (імена користувачів) і наступному розпізнаванні пароля з групи 16.

```

easyvr.recognizeCommand(1);
...
easyvr.recognizeCommand(EasyVR::PASSWORD);
if (idx_pwd == idx_cmd) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Access granted");
    myservo.write(180);
    delay(2500);
    myservo.write(90);
}

```

Рисунок 3.5 – Основна авторизація та керування дверима

Після кожної операції система викликає допоміжну функцію, яка перевіряє стан дверей через геркон і оновлює індикацію за допомогою світлодіодів. Зелений сигналізує, що двері відкриті, а червоний — що зачинені. Інформація дублюється на дисплеї LCD.

```

void updateDoorStatus() {
    if (digitalRead(4) == LOW) {
        digitalWrite(5, HIGH);
        digitalWrite(6, LOW);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Door: CLOSED    ");
    } else {
        digitalWrite(5, LOW);
        digitalWrite(6, HIGH);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Door: OPEN      ");
    }
}

```

Рисунок 3.6 – Функція індикації стану дверей

Таким чином, розроблена програма реалізує повний цикл авторизації користувача за допомогою голосових команд. Вона включає інтерактивну взаємодію через дисплей, апаратне керування дверима, аварійний режим і зворотний зв'язок для користувача через індикатори.

3.2 Апаратна частина, тестування роботи замка з голосовим керуванням

Після того, як була розроблена схема електрична принципова яка наведена на кресленні КС КРБ 123.008.00.00 ЕЗ і був проведений вибір та елементів для системи голосового замка необхідно зібрати макет системи для її випробування. Загальний вигляд макету системи наведено на рисунку 3.7.

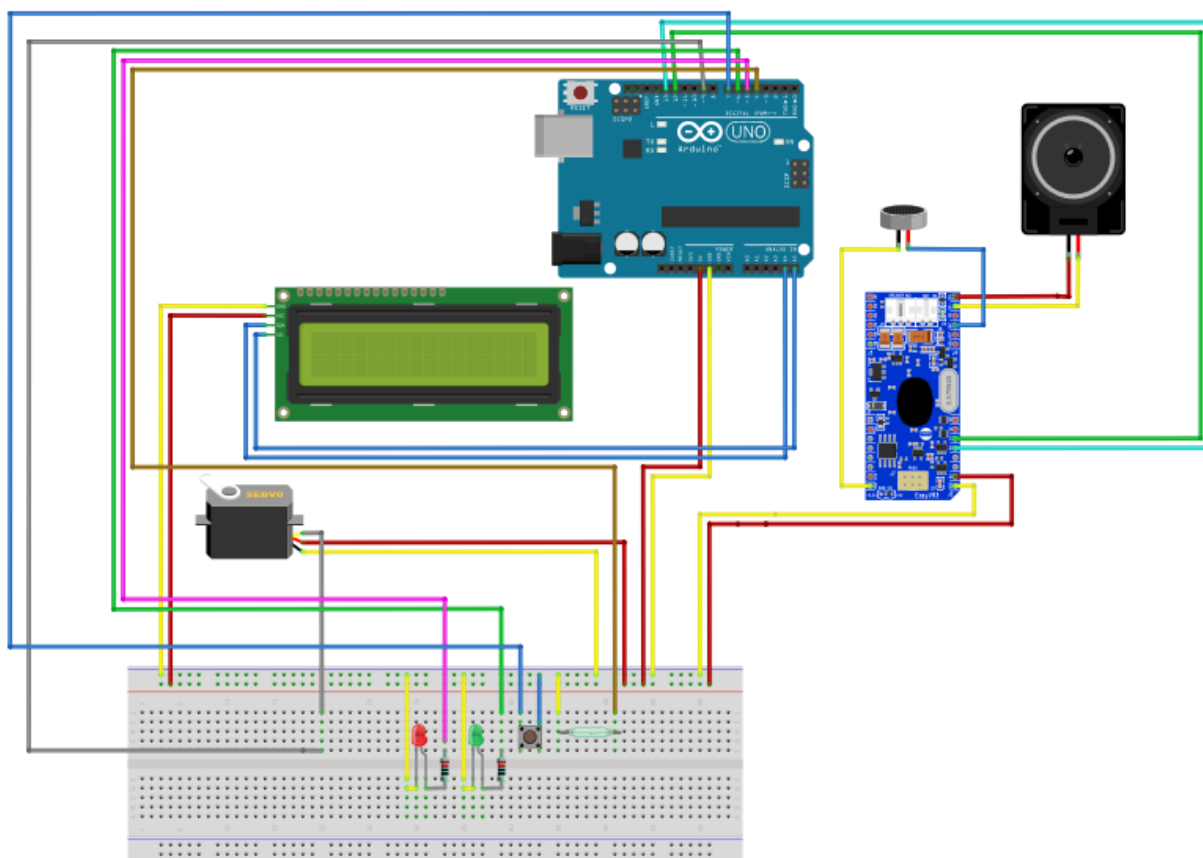


Рисунок 3.7 – Схема з'єднань замка з голосовим керуванням

Перелік компонентів і використані піни і їх призначення наведені в таблиці 3.1.

З'єднання RX і TX модуля EasyVR виконано через цифрові пін D12 і D13 з використанням програмного послідовного порту, тому перемикач на модулі повинен бути встановлений у положення SW. Геркон працює як цифровий перемикач: у присутності магніту (двері зачинені) його стан LOW, у разі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ

розімкнення — HIGH. Аварійна кнопка підключена безпосередньо до піна D7 та землі, її натискання замикає контакт на GND, а в коді використовується режим INPUT_PULLUP, що дозволяє уникнути зовнішніх підтягувальних резисторів. Світлодіоди керуються мікроконтролером і мають послідовно включені резистори (рекомендовано 220–330 Ом) для обмеження струму.

Таблиця 3.1 - Специфікація підключення компонентів до Arduino Uno

№	Компонент	Піни Arduino Uno	Призначення / Опис
1	LCD 1602 I2C дисплей	A4 (SDA), A5 (SCL)	Інтерфейс I2C для виводу інформації
2	EasyVR 3 Plus	D12 (TX), D13 (RX)	Програмний послідовний порт (SoftwareSerial)
		5V, GND	Живлення EasyVR
		MIC / SPK	Мікрофон і динамік (окремо підключені)
3	Мікрофон	До EasyVR	Під'єднаний до MIC на модулі EasyVR
4	Динамік (Speaker)	До EasyVR	Під'єднаний до аудіо-виходу модуля EasyVR
5	Сервопривід (SG90)	D9	Керування положенням замка
		5V, GND	Живлення серво (через Arduino або окреме джерело)
6	Геркон (reed switch)	D4	Детекція стану дверей (замкнено — LOW, розімкнено — HIGH)
		GND	Під'єднання через GND, використовується INPUT_PULLUP
7	Червоний світлодіод	D5	Індикатор дверей зачинені
8	Зелений світлодіод	D6	Індикатор дверей відкриті
		через резистори	Типово 220–330 Ом (обмеження струму)
9	Аварійна кнопка	D7	Вмикає примусове відкриття замка
		GND	Натискання замикає на землю; INPUT_PULLUP
10	Загальна шина живлення	5V, GND	Розведення по breadboard

В завданні ми розглядали декілька варіантів виконавчих пристроїв. Для тестування системи будемо використовувати сервопривід який дасть можливість відкривати і закривати замок.

Спершу необхідно зібрати модуль розпізнавання голосу EasyVR 3 (комплект наведено на рис. 3.8).

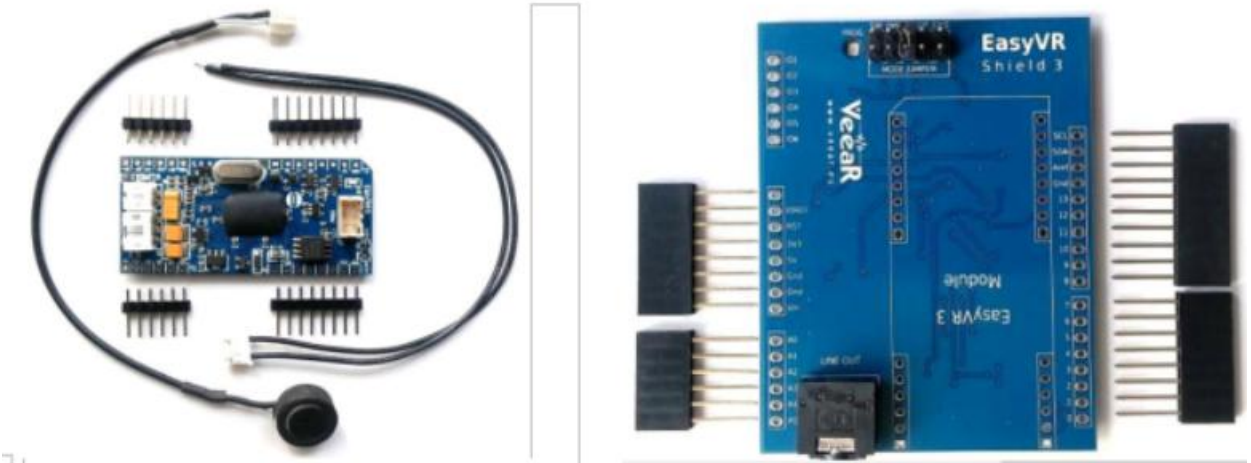


Рисунок 3.8 – Модуль розпізнавання голосу EasyVR 3, плата Shield для Arduino з мікрофоном та кабелем динаміка

Спершу необхідно припаяти піни до модуля розпізнавання голосу EasyVR 3 як це наведено на рисунку 3.9

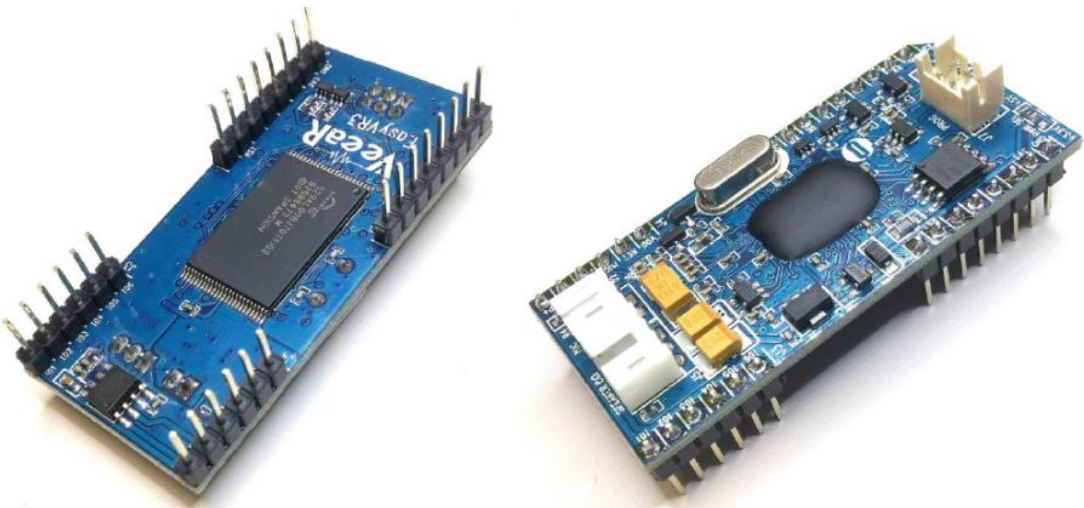


Рисунок 3.9 – Припаяні піни до плати EasyVR 3

Наступний крок це монтаж EasyVR 3 на шилд (рис. 3.10)

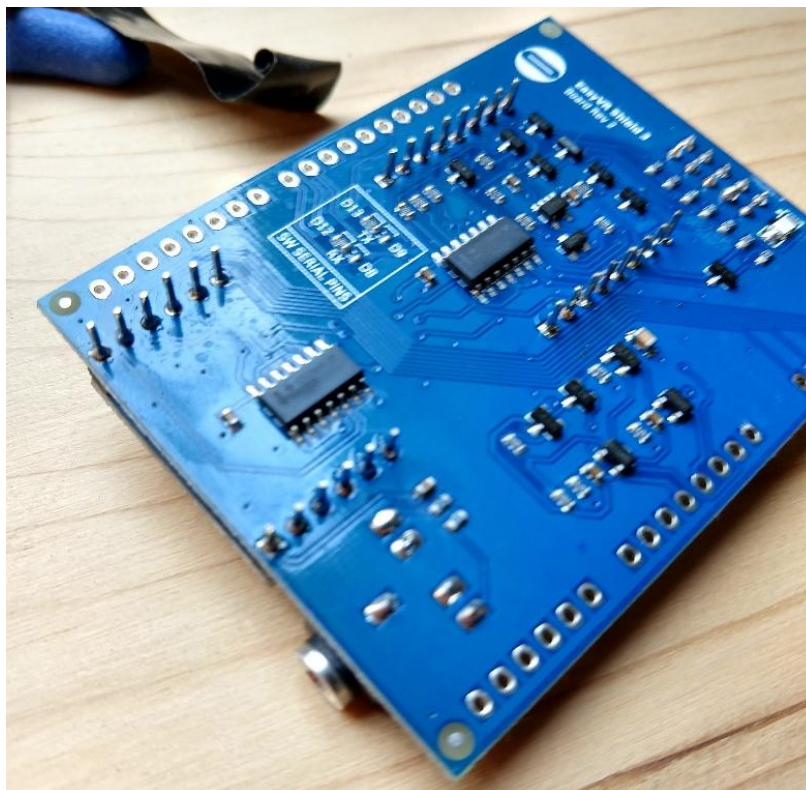


Рисунок 3.10 – Змонтована плати EasyVR 3 на шилд

І припаяти піни які використовуються для кріплення на плату Arduino UNO (рис. 3.11)

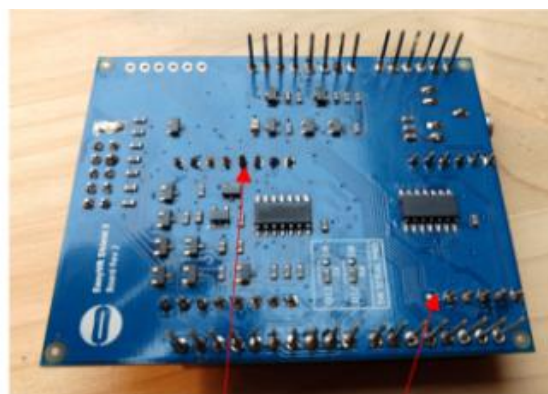
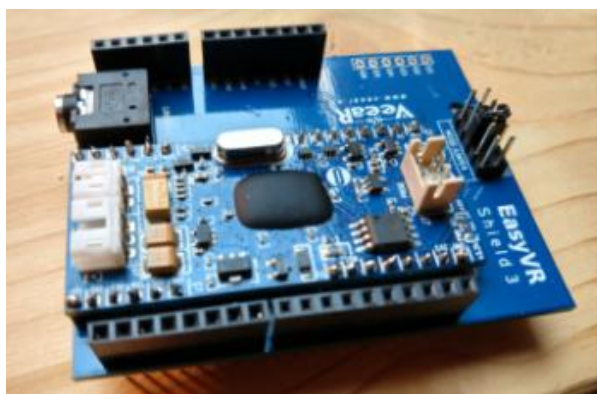


Рисунок 3.11 – Зібраний EasyVR 3 Shield

Тепер можна збирати систему спершу під'єднуємо до Arduino і підключаємо динамік і мікрофон результат наведено на рисунку 3.12.

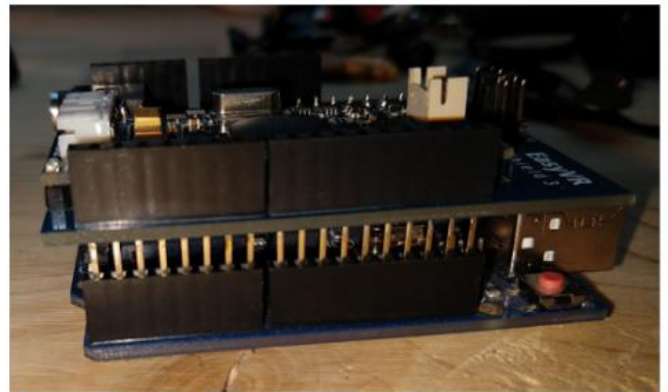
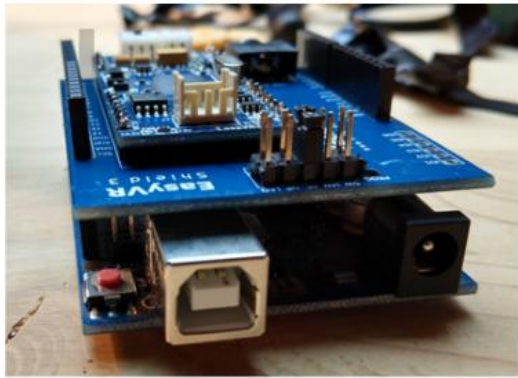


Рисунок 3.12 – EasyVR 3 Shield встановлений на плату Arduino UNO

Спрощений варіант схеми для тестування системи розпізнавання голосових команд і керування замком наведено на рисунку 3.13.

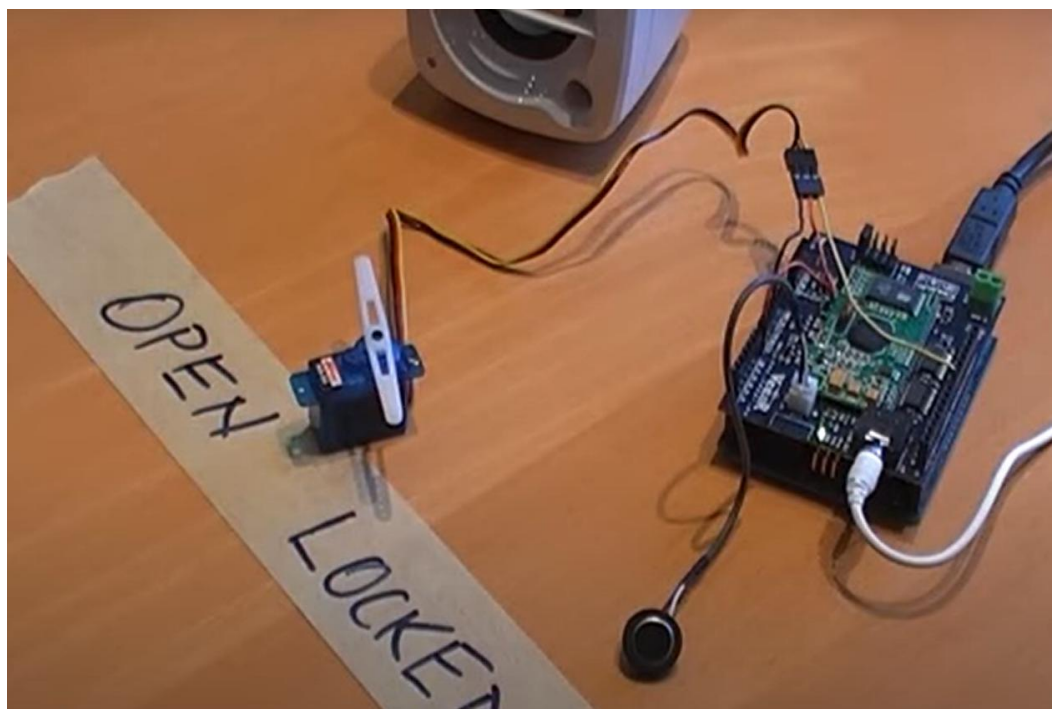


Рисунок 3.3 – Тестова збірка голосового замка

Таким чином було переврено роботу замка, який після розпізнавання голосу користувача здійснює поворот сервоприводу в сторону «Open», якщо голос не розпізнано сервопривід лишається на положенні «Locked».

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності

У сучасному світі велика кількість людей проводить значну частину часу за комп'ютером, що спричиняє низку ергономічних проблем, які негативно впливають на здоров'я. Тривале сидіння, незручне розташування обладнання, неправильна поза, інтенсивна робота з клавіатурою та мишею викликають м'язове напруження, біль у спині, втомлюваність очей і загальний дискомфорт. Для зменшення таких проблем важливо правильно організувати робоче місце. Стіл і стілець мають відповідати зросту людини: лікті повинні вільно лежати на столі, а стопи – стояти на підлозі. Стілець має мати спинку з підтримкою та регульовані підлокітники. Клавіатура має бути на рівні ліктів, миша – поруч із нею, а монітор – на рівні очей. Така організація робочого простору сприяє зменшенню напруги та підвищенню комфорту під час роботи [15].

Важливим аспектом є використання ергономічних пристроїв - підставок для зап'ясть, регульованих підлокітників, мишок та клавіатур спеціальної форми. Вони допомагають зменшити ризик м'язових і суглобових порушень, зокрема синдрому зап'ястного каналу [16]. Крім того, під час роботи важливо контролювати положення тіла: спина має бути прямою, плечі - розслабленими, а голова – не надто нахиленою вперед. Варто уникати тривалого перебування в одній позі. Корисно щогодини робити короткі перерви, під час яких виконувати прості фізичні вправи: розтягування ший, плечей, рук і ніг. Це покращує кровообіг і знижує ризик перенапруження .

Очі під час роботи за комп'ютером також сильно навантажуються. Постійне фокусування погляду на екран спричиняє втому, сухість, подразнення. Щоб знизити негативний вплив, варто використовувати екрани з

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Романюк Н. Р			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
Перевірів		Жаровський					
Консульт.		Пилипець М.І.					
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						54	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41		

антиблисковим покриттям, правильно налаштовувати яскравість і контрастність монітора, а також дотримуватись правила "20-20-20". Також рекомендовано виконувати вправи для очей, які сприяють їх розслабленню.

Неправильно підібрана клавіатура або миша може стати причиною розвитку тунельного синдрому та хронічного болю в руках. Використання ергономічних моделей із додатковою підтримкою зап'ясть значно знижує ризик. Важливо стежити за положенням рук: зап'ястя не повинні бути сильно зігнуті, а рухи – надто напружені. Регулярні перерви, легкий масаж рук і вправи на розтягування допомагають зменшити напруження.

Ергономіка робочого місця безпосередньо впливає на загальний стан здоров'я та продуктивність. Дотримання ергономічних принципів, правильне налаштування меблів і техніки, використання спеціальних пристроїв і регулярна фізична активність сприяють створенню комфортного середовища для роботи. Це дозволяє уникати втоми, запобігати травмам та підтримувати працездатність на високому рівні [15].

Освітлення є одним із ключових чинників організації робочого місця. Воно повинно бути достатнім як від природних, так і від штучних джерел світла. Для уникнення відблисків на екрані, монітор слід розташовувати так, щоб світло не падало прямо на нього. Недостатнє або нерівномірне освітлення може спричинити перевтому очей і головний біль, тому бажано використовувати м'яке, розсіяне світло, бажано з лампами, які наближені до спектру денного освітлення.

Крім фізичного комфорту, важливо враховувати й безпеку самих приміщень компаній. При роботі в офісах необхідно обмежувати доступ до певних приміщень особам які не повинні там знаходитись. Не менш важливою є поінформованість користувачів. Працівники повинні володіти знаннями проможливості доступу до окремих приміщень, правильну організацію робочого місця, методи зменшення навантаження, важливість перерв і фізичних вправ. Організації можуть проводити тренінги й інформаційні кампанії для підвищення рівня обізнаності з питань ергономіки та безпеки [16].

					<i>КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Створення безпечного, комфортного та здорового робочого середовища - це спільна відповідальність працівників і роботодавців. Врахування ергономічних аспектів дозволяє не лише зберегти здоров'я, але й підвищити ефективність роботи та задоволення від неї.

4.2 Проведення інструктажів з охорони праці

Інструктажі з питань охорони праці проводяться на всіх підприємствах, установах і організаціях незалежно від характеру їх трудової діяльності, підлеглості і форми власності. Мета інструктажу - навчити працівника правильно і безпечно для себе і навколишнього середовища виконувати свої трудові обов'язки [17].

Інструктажі за часом і характером проведення поділяють на:

а) вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу (постійну або тимчасову), незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією або посади; працівниками, які знаходяться у відрядженні на підприємстві й беруть безпосередню участь у виробничому процесі; з водіями транспортних засобів, які вперше в'їжджають на територію підприємства; учнями, вихованцями та студентами навчально-виховних закладів перед початком трудового й професійного навчання в лабораторіях, майстернях на полігонах.

Вступний інструктаж проводить спеціаліст відділу охорони праці або особа, що призначена наказом для проведення цієї роботи.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в спеціальному журналі, а також у документі про прийняття працівника на роботу, де розписуються інструктуючий та проінструктований працівники;

б) первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу, студентом, учнем та вихованцем перед роботою в майстернях, лабораторіях, дільницях тощо. Первинний інструктаж

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

проводиться індивідуально або для групи осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці та інших нормативних актів про охорону праці, технічної документації. Програма первинного інструктажу розробляється керівником цеху чи дільниці, узгоджується зі службою охорони праці і затверджується роботодавцем, керівником навчального закладу або відповідного структурного підрозділу.

Усі працівники після первинного інструктажу на робочому місці проходять стажування протягом 2-15 змін під керівництвом досвідчених кваліфікованих робітників або спеціалістів, що призначаються наказом (розпорядженням) по підприємству, цеху, дільниці, виробництву. В окремих випадках стажування може не призначатися, якщо робітник має стаж роботи за своєю професією не менше трьох років, а робота, яку він виконуватиме, для нього знайома з попереднього місця праці;

в) повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою - один раз на квартал; на інших роботах - один раз у півріччя. Мета інструктажу - поновити знання та уміння виконувати працівником роботу правильно і безпечно. Проводиться інструктаж індивідуально або для групи працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі;

г) позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці у таких випадках:

- при введенні в дію нових або змінених нормативних актів про охорону праці;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;

- при порушенні працівником нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії;

- на вимогу працівника органу державного нагляду або вищої за ієрархією державної чи господарської організації при виявленні недостатнього

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;

- при перерві в роботі виконавця робіт більше, ніж 30 календарних днів (для робіт із підвищеною небезпекою), а для решти робіт - більше 60 днів [16].

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально або для групи працівників спільного фаху. Обсяг і зміст інструктажу визначається для кожного окремого випадку залежно від причин і обставин, що викликали необхідність його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться у таких випадках:

- при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника;
- при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха;
- при виконанні робіт, що оформляються нарядом-допуском, письмовим дозволом та іншими документами;
- в разі проведення екскурсій або організації масових заходів з учнями та вихованцями (екскурсії, походи, спортивні заходи).

Цільовий інструктаж фіксується нарядом-допуском або іншим документом, що дозволяє проведення робіт.

Первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт (начальник виробництва, цеху, дільниці, майстер, інструктор виробничого навчання, викладач). Перевірка знань здійснюється усним опитуванням або за допомогою технічних засобів навчання, а також перевіркою навичок виконання робіт відповідно до вимог безпеки.

Первинний, повторний та позаплановий інструктажі, стажування та допуск до роботи реєструються в спеціальних журналах. При цьому обов'язкові підписи як інструктованого, так і інструктуючого. Журнали інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

Працівники, що не пов'язані з обслуговуванням обладнання, використанням інструменту, збереженням сировини, матеріалів, можуть бути

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

звільнені від первинного, повторного та позапланового інструктажу за наказом (розпорядженням) керівника підприємства по узгодженню з державним інспектором Держпраці.

Роботодавець або керівник структурного підрозділу зобов'язаний видати працівнику примірник інструкції з охорони праці за його професією або вивісити її на робочому місці.

В розділі розглянуто питання з безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності є важливим питанням, оскільки особи здійснюють організацію роботи людей на підприємствах мають знати ці вимоги і впроваджувати їх.

Розглянуто питання проведення інструктажів з охорони праці, оскільки це питання є важливим для безпеки персоналу на підприємствах і організаціях.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено акустичний кодовий замок — комп'ютеризовану систему контролю доступу, яка здійснює ідентифікацію користувача на основі голосових команд. Система реалізована з використанням апаратної платформи Arduino Uno та модуля розпізнавання мови EasyVR 3 Shield.

Під час розробки проведено аналіз сучасних методів керування доступом, визначено особливості голосових систем безпеки, а також обґрунтовано вибір апаратного й програмного забезпечення. В середовищі Arduino IDE створено програмне забезпечення, що забезпечує надійне керування доступом, контроль стану дверей, індикацію подій на LCD-дисплеї та аварійне відкривання замка при натисканні кнопки.

Система підтримує голосову авторизацію користувачів, порівняння команд у звукових групах, автоматичне відкриття та блокування замка за допомогою сервоприводу, а також візуальну індикацію стану дверей за допомогою червоного та зеленого світлодіодів.

Розроблена система повністю відповідає поставленому завданню, продемонструвала стабільну роботу під час тестування та може бути використана як основа для подальших досліджень у сфері безконтактного голосового керування доступом до приміщень.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
2. Буров Є.В., Митник М.М. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том перший. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 333 с.
3. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
4. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, ITTAP 2022, Ternopil, Ukraine, Vol. 3309. P. 194-204.
5. Shabliy N., Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Malyshevskaya O. Keystroke dynamics analysis using machine learning methods. Applied Computer Science. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 75-83.
6. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, ITTAP 2023, Vol. 3628. P. 106-115.
7. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovsky R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.
8. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovsky R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.
9. Дячук О.А., Жаровський Р.О. Використання SDN для оптимізації передачі даних в комп'ютерних мережах. Матеріали XI науково-технічної конференції ТНТУ, 2023. С. 149-150.

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

10. Карабан Д., Жаровський Р. Методи забезпечення анонімності в Інтернеті. Матеріали XI науково-технічної конференції ТНТУ, 2023. С. 237.

11. Озарків Т., Жаровський Р. Оптимізація роботи протоколу EIGRP в умовах великих мереж зі складною топологією. Матеріали XII міжнародної конференції, ТНТУ, 2023. С. 442.

12. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій, ТНТУ, 2021. С. 120.

13. Ромашевська Н., Прокопюк О., Жаровський Р. Використання технології віртуалізації у процесі навчання студентів. Матеріали X конференції ТНТУ, 2022. С. 142.

14. Свергун С., Жаровський Р. Тестування програмного забезпечення побудованого на мікросервісній архітектурі. Матеріали X конференції ТНТУ, 2022. С. 92.

15. Національний інститут охорони праці України. Методичні рекомендації щодо організації безпечної роботи за комп'ютером. – 2022.

16. ДСТУ EN ISO 6385:2019. Основні принципи ергономіки.

17. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. (З останніми змінами, внесеними згідно з Наказом від 29.08.2024 № 22778).

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ **Осухівська Г.М.**

“ ____ ” _____ **2025 р**

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЗАМКОМ НА ОСНОВІ
ГОЛОСОВИХ КОМАНД**

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 6 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ **к.т.н., доц. Жаровський Р.О.**

« ____ » _____ **2025 р.**

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІз-41

_____ **Романяк Н. Р**

« ____ » _____ **2025 р.**

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система керування замком на основі голосових команд».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.008.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІз-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Романяк Назарій Русланович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ від 02 травня 2025 року №4/7-412.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 02.05.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 19.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90%, наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система призначена для контролю доступу до приміщення за допомогою голосових команд.

2.2 Мета створення системи

Метою є розробка автономної комп'ютеризованої системи доступу з використанням мікроконтролера Arduino Uno та модуля EasyVR 3, що забезпечує розпізнавання голосових паролів для керування електромеханічним замком..

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна включати Arduino Uno, модуль EasyVR Shield 3, LCD дисплей з інтерфейсом I2C, сервопривід або реле, герконовий датчик

положення дверей, кнопку аварійного відкривання, червоний та зелений світлодіоди.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Комунікація між компонентами повинна здійснюватися через відповідні цифрові та аналогові входи/виходи Arduino Uno. EasyVR використовує програмну UART через порти 12 і 13, LCD підключається через A4 (SDA) та A5 (SCL), кнопка і геркон — до цифрових пінів..

3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Система повинна мати базову індикацію про стан роботи через дисплей та світлодіоди. У разі помилки автентифікації повинно подаватися повідомлення. Наявність серійного моніторингу дозволяє виконати початкове діагностування в режимі відлагодження.

3.1.4 Перспективи розвитку, проектування системи

Система може бути доповнена Wi-Fi або GSM-модулем для віддаленого моніторингу і керування, а також розширена до багатокористувацького режиму з базою даних голосових шаблонів.

3.2 Показники призначення

Система повинна бути масштабованою. Її можливості мають бути розширюваними за рахунок гнучкої структури програмного коду та модульної побудови апаратної частини.

3.2.1 Вимоги до надійності

– Система повинна забезпечувати стабільну роботу при короткочасних збоях живлення, відмовах окремих апаратних компонентів та програмних помилках у межах контролю доступу.

3.3 Вимоги до безпеки

Система електроживлення повинна забезпечувати захист від перерозряду, перегріву.

Загальні вимоги пожежної безпеки повинні відповідати нормам на побутове електрообладнання.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Мікроклімат в приміщеннях повинен відповідати нормам мікроклімату по ДСН 3.3.6.042-99:

- температуру повітря в межах від +10°C до +35°C;
- відносну вологість повітря при 25°C в межах від 30% до 80%;
- атмосферний тиск 760 ± 25 мм рт. ст.

Періодичне технічне обслуговування використовуваних технічних засобів має проводитися відповідно до вимог технічної документації, але не рідше ніж один раз на рік.

Періодичне технічне обслуговування і тестування технічних засобів повинні включати обслуговування і тестування всіх використовуваних засобів.

На підставі результатів тестування технічних засобів повинні проводитися аналіз причин виникнення виявлених дефектів і прийматися заходи по їх ліквідації.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:

Функціональна структура системи (A1)

UML діаграма (A1)

Схема електрична принципова (A1)

Алгоритм роботи програмного забезпечення (A1)

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання	02.05 – 06.05
2	Підбір джерел про акустичні системи доступу	07.05 – 09.05
3	Опрацювання літературних джерел	10.05 – 13.05
4	Виконання дослідження щодо розробки системи акустичного замка	14.05 – 19.05
5	Написання програмного коду	20.05 – 22.05
6	Оформлення розділу «Аналіз технічного завдання»	23.05 – 24.05
7	Оформлення розділу «Проектна частина»	25.05 – 26.05
8	Оформлення розділу «Практична частина»	27.05 – 28.05
9	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	26.05 – 30.05
10	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	01.06 – 02.06
11	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	02.06 – 6.06
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	09.06 – 13.06
13	Захист кваліфікаційної роботи	19.06

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Лістинг програмного забезпечення

```
// Підключення необхідних бібліотек
#include <Arduino.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <EasyVR.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>

// Ініціалізація об'єктів
SoftwareSerial port(12, 13); // Зв'язок із EasyVR
EasyVR easyvr(port);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Адреса LCD може бути
    0x3F
Servo myservo;
// Номери пінів
#define SERVO_PIN 9
#define REED_PIN 4
#define RED_LED 5
#define GREEN_LED 6
#define EMERGENCY_BTN 7
// Ідентифікатори звуків з EasyVR Commander
#define SND_Access_denied          1
#define SND_Access_granted        2
#define SND_Hello                  3
#define SND_Please_repeat          4
#define SND_Please_say_your_password 5
#define SND_Please_talk_louder     6
uint32_t mask = 0;
int8_t group = 0;
uint8_t train = 0;
char name[32];

void setup() {
```

```

// Ініціалізація серійного порту та програмного з'єднання з
    EasyVR
Serial.begin(9600);
port.begin(9600);

// Ініціалізація компонентів
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("System loading...");

myservo.attach(SERVO_PIN);
myservo.write(90); // закритий стан
pinMode(REED_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(RED_LED, OUTPUT);
pinMode(GREEN_LED, OUTPUT);
pinMode(EMERGENCY_BTN, INPUT_PULLUP);
if (!easyvr.detect()) {
    Serial.println("EasyVR not detected!");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("EasyVR error");
    while (1);
}
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("EasyVR ready");
easyvr.setTimeout(5);
easyvr.setLanguage(EasyVR::ENGLISH);
easyvr.setLevel(EasyVR::HARDER);
easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW);
easyvr.playSound(SND_Hello, EasyVR::VOL_FULL);
delay(2000);
}

void updateDoorStatus() {
    // Функція оновлює світлодіоди відповідно до стану геркона
    bool doorClosed = digitalRead(REED_PIN) == LOW;

```

```

    if (doorClosed) {
        digitalWrite(REDA_LED, HIGH);
        digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Door: CLOSED   ");
    } else {
        digitalWrite(REDA_LED, LOW);
        digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Door: OPEN      ");
    }
}

void emergencyOverride() {
    // Обробка аварійного відкриття
    lcd.clear();
    lcd.print("Emergency Open");
    myservo.write(180);
    delay(2500);
    myservo.write(90);
    updateDoorStatus();
    delay(2000);
}

void loop() {
    // Перевірка аварійної кнопки
    if (digitalRead(EMERGENCY_BTN) == LOW) {
        emergencyOverride();
        return;
    }

    lcd.clear();
    lcd.print("Say your name");
    Serial.println("Say your name in Group 1");
    easyvr.recognizeCommand(1);
    while (!easyvr.hasFinished());
    int idx_cmd = easyvr.getCommand();

```

```

if (idx_cmd >= 0) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Say password");
    easyvr.playSound(SND_Please_say_your_password,
    EasyVR::VOL_FULL);
    easyvr.recognizeCommand(EasyVR::PASSWORD);
    while (!easyvr.hasFinished());
    int idx_pwd = easyvr.getCommand();
    if (idx_pwd >= 0 && idx_pwd == idx_cmd) {
        // Успішне розпізнавання
        Serial.println("Access granted");
        lcd.clear();
        lcd.print("Access granted");
        easyvr.playSound(SND_Access_granted, EasyVR::VOL_FULL);
        myservo.write(180);
        delay(2500);
        myservo.write(90);
    } else {
        // Невірний пароль
        Serial.println("Access denied");
        lcd.clear();
        lcd.print("Access denied");
        easyvr.playSound(SND_Access_denied, EasyVR::VOL_FULL);
    }
} else {
    // Не розпізнано ім'я
    Serial.println("Command not recognized");
    lcd.clear();
    lcd.print("Try again");
    easyvr.playSound(SND_Please_repeat, EasyVR::VOL_FULL);
}
updateDoorStatus();
delay(1500);
}

```

Додаток В
Перелік елементів

Позн.		Найменування		К-ть	Примітка
Мікроконтроллер					
U2		Arduino Uno R3		1	
Модулі					
U3		LCD1602 I2C		1	Символьний LCD-дисплей
U1		EasyVR 3		1	Модуль голосового розпізнаванн я
Світлодіоди					
LED1		Світлодіод червоний		1	Індикація «Двері зачинені»
LED2		Світлодіод зелений		1	Індикація «Двері відкриті»
Резистори					
R1, R2		CF -25 220 Ом		2	
SPKR1		Динамік		1	Виведення аудіо з EasyVR
MIC1		Мікрофон		1	Вхід голосових команд
S1		Геркон (магнітний перемикач)		1	Визначення відкриття/за криття дверей
S3		Кнопка аварійного відкриття		1	Відкриття дверей без голосу

					КС КРБ 123.008.00.00 ПЕ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Романяк Н. Р			Комп'ютеризована система керування замком на основі голосових команд Перелік елементів		Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Жаровський							62	
Реценз.							ТНТУ, каф. КС, гр. СІЗ-41			
Н. Контр.		Тиш Є.В.								
Затверд.		Осухівська Г.М.								